



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO
ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y
CLORURO DE SODIO)”**

AUTOR: ISRAEL ISAÍAS GUAMÁN ILER

TUTOR: ING. M.Sc. FRICSON MOREIRA

Ambato – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. M.Sc. Fricson Moreira certifico que el presente Informe Final Experimental **“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)”** realizado por el señor Israel Isaías Guamán Iler Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Ing. M.Sc. Fricson Moreira
TUTOR

AUTORÍA

Yo, Israel Isaías Guamán Iler, con CI. 0503341240 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: **“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)”** es de mi completa autoría.

Egdo. Israel Isaías Guamán Iler

CI. 0503341240

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo, la reproducción de este Trabajo de Titulación dentro de las regularidades de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 08 de noviembre del 2016

Autor

Israel Isaiás Guamán Iler

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)”** del egresado Israel Isaías Guamán Iler, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Por constancia firman,

Ing. Mg. Lorena Pérez

Ing. Mg. Galo Núñez

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este logro a mi madre Zoila María Iler Zapata por haberme apoyado toda la vida, por brindarme su amor y alentarme a seguir adelante sin importar las circunstancias. Quien ha sido mi motor para seguir adelante todos los días y no decaer ante nada.

A mi hermano Omar Guamán quien ha sido mi apoyo en el transcurso de esta Carrera y con quien he podido contar para cualquier necesidad, quien es mi mejor amigo y confidente.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Zoila María Iler Zapata quien me apoyó cuando más lo necesitaba, quien da todo por mí y por ser quien formó mis valores morales. Quien me impulso a seguir adelante y confió en mis capacidades para lograr mis objetivos en la vida.

A mi padre José Miguel Guamán Pallango por formar mi carácter y enseñarme lo que es valorar el esfuerzo del trabajo.

A mi hermano Omar Henry el cual me ha apoyado cuando más lo necesitaba, quien me acompañó en mi formación profesional y la motivación que me daba para seguir adelante.

A mis hermanos Pedro Pablo y José Miguel quienes siempre me brindan su apoyo y los cuales son un ejemplo a seguir.

A mi novia Paulina Altamirano quien siempre me alentó a seguir adelante, quien me apoya, brinda su amor y confía en todas las decisiones que tomo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	V
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICAS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XV

B. TEXTO

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. TEMA	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo General:.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1.1. Suelo	4
2.1.2. Relaciones Volumétricas y Gravimétricas de los suelos.....	6
2.1.2.1. Gravedad Específica	6

2.1.2.2. Peso volumétrico o Densidad de los suelos	7
2.1.2.3. El contenido de humedad (w%).....	7
2.1.2.4. La relación de vacíos (e).....	7
2.1.2.5. La porosidad (n).....	8
2.1.2.6. El grado de saturación de agua (Gw%)	8
2.1.2.7. El grado de saturación del aire (Ga%)	8
2.1.3. Clasificación de los suelos	9
2.1.3.1. Granulometría de los suelos.....	10
2.1.3.2. Límites Atterberg.....	10
2.1.4. Resistencia al corte de los suelos	11
2.1.5. Capacidad de soporte de los suelos	11
2.1.6. Subrasante	12
2.1.7. Estabilización de suelos.....	13
2.1.7.1. Tipo de estabilizaciones.....	13
2.1.7.2. Estabilización de suelo con cloruro de sodio.....	21
2.2. HIPÓTESIS.....	23
2.3. SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	23
2.3.1. Variable Independiente.....	23
2.3.2. Variable Dependiente	23

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	24
3.1.1. Tipos de Investigación.....	24
3.1.1.1. Investigación Bibliográfica.....	24
3.1.1.2. Investigación de laboratorio.....	24
3.1.1.3. Investigación de campo	24
3.1.2. Niveles de Investigación	25
3.1.2.1. Investigación Descriptiva	25
3.1.2.2. Investigación Experimental	25

3.1.2.3. Investigación Explicativa.....	25
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	25
3.2.1. Población.....	25
3.2.2. Muestra.....	25
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	26
3.3.1. Variable Independiente.....	26
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	29
3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	30
3.5.1. Plan de procesamiento de la información.....	30

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	31
4.1.1. Origen de la Muestra.....	31
4.1.2. Granulometría (ASTM D 421-78 / AASHTO T 87-70).....	32
4.1.3 Límites Atterberg (AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691).....	33
4.1.4. Clasificación de suelo.....	34
4.1.5. Gravedad específica (AASHTO T-100-70 / ASTM D 854-58).....	34
4.1.6. Densidad real (ASTM C 188).....	34
4.1.7. Contenido de Humedad (ASTM 2216-71 / AASHTO T 217-76 / INEN 690).....	35
4.1.8. Densidad de campo (ASTM D 2167 / AASHTO T 205).....	35
4.1.9. Resistencia a la compresión no confinada (ASTM D-2166/ AASHTO T-208-70)	36
4.1.10. Resistencia a la compresión simple del suelo estabilizado.....	37
4.1.11. Contenido de humedad óptimo y densidad máxima (AASHTO T-180 B).....	39
4.1.12. Capacidad portante del suelo (ASTM D-1883).....	39
4.1.13. pH del suelo (AOAC 942.15).....	41
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	41
4.2.1. Interpretación de datos de los Límites Atterberg.....	42
4.2.1.1. Límite Líquido.....	42
4.2.1.2. Índice de plasticidad.....	43

4.2.2. Interpretación de datos de la Gravedad Específica.....	44
4.2.3. Interpretación de las propiedades del suelo estabilizado mediante el ensayo de compresión simple.....	44
4.2.3.1. Propiedades Índice	44
4.2.3.2. Esponjamiento	49
4.2.3.3. Resistencia a la compresión Simple.....	50
4.2.4. Capacidad de soporte del suelo	52
4.2.4.1. Densidad Seca máxima.....	52
4.2.4.2. Contenido de Humedad óptimo	53
4.2.4.3. CBR	54
4.2.4.4. Esponjamiento muestra sumergida	54
4.2.5. pH del suelo.....	56
4.2.6. Porcentaje óptimo.....	57
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	58

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	60
5.2. RECOMENDACIONES	67

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA	68
2. ANEXOS	72
2.2. ANEXO A. Tablas de la clasificación de suelos	72
2.2. ANEXO B. Tablas de ensayos de Suelos	75
2.3. ANEXO C: INFORMES DE pH.....	129
2.4. ANEXO D: ANEXO FOTOGRÁFICO	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1. Valores típicos de la gravedad específica de las partículas.....	6
Tabla # 2. Porosidad, relación de vacíos y peso volumétrico de los suelos en estado natural.....	9
Tabla # 3. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de cal.....	18
Tabla # 4. Cuadro variable Independiente	27
Tabla # 5. Cuadro variable Dependiente.....	28
Tabla # 6. Plan de recolección de información	29
Tabla # 7. % acumulado del contenido retenido en cada tamiz	32
Tabla # 8. Límites Atterberg del suelo natural y suelo estabilizado	33
Tabla # 9. Clasificación del suelo según la AASHTO y el SUCS	34
Tabla # 10. Gravedad específica (Gs) y densidad real (Dr).....	35
Tabla # 11. Contenidos de Humedad w%	35
Tabla # 12. Propiedades índice del suelo natural.....	36
Tabla # 13. Resistencia a corte de las muestras inalteradas	36
Tabla # 14. Promedio de propiedades índice y resistencia de los bloques con diferentes porcentajes.....	38
Tabla # 15. Densidades máximas y contenidos de humedad óptimo.....	39
Tabla # 16. CBR para suelo natural y estabilizados con Cal y Cloruro de Sodio.....	40
Tabla # 17. Valores de pH del suelo natural y estabilizado con cal y cloruro de sodio.....	41
Tabla # 18. Resumen de las propiedades de los porcentajes óptimos.....	57
Tabla # 20. Clasificación AASHTO	73
Tabla # 21. Clasificación SUCS.....	74

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica # 1. Estructura laminar de las principales familias de los minerales arcillosos ...	5
Gráfica # 2. Efecto del contenido de cal en la resistencia a la compresión simple.....	19
Gráfica # 3. Efecto de la edad respecto a la resistencia a compresión simple	20
Gráfica # 4. Efecto de la edad respecto a la resistencia a compresión simple	20
Gráfica # 5. Ubicación de la muestra de suelo.....	31
Gráfica # 6. Calicata de 1m ³	32
Gráfica # 7. Curva del Límite Líquido del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	42
Gráfica # 8. Curva del Índice de Plasticidad del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	43
Gráfica # 9. Diagrama de la Gravedad Específica del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio.....	44
Gráfica # 10. Curva del Peso Volumétrico del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	45
Gráfica # 11. Curva de la Densidad Seca del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	45
Gráfica # 12. Curva de la Relación de vacíos del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	46
Gráfica # 13. Curva de la Porosidad del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio .	46
Gráfica # 14. Curva del Grado de Saturación del Agua del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio.....	47
Gráfica # 15. Curva del Grado de Saturación del Aire del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio.....	47
Gráfica # 16. Curva del Contenido de Humedad del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	48
Gráfica # 17. Curva del Esponjamiento del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	49

Gráfica # 18. Esponjamiento de bloques estabilizados con Cal y Cloruro de Sodio a los 21 días de edad.....	50
Gráfica # 19. Curva de la Esfuerzo Ultimo del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	50
Gráfica # 20. Curva de la Esfuerzo Admisible del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	51
Gráfica # 21. Curva del Densidad Seca máxima del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	52
Gráfica # 22. Curva del Contenido de Humedad Máximo del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio.....	53
Gráfica # 23. Curva del CBR del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	54
Gráfica # 24. Curva del Esponjamiento del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	54
Gráfica # 25. Curva del Esponjamiento del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio	56
Gráfica # 26. Límite Líquido del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio.....	63
Gráfica # 27. Índice Plástico del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio	63
Gráfica # 28. Gravedad Específica del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio	63
Gráfica # 29. Contenido de Humedad óptimo del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio.....	64
Gráfica # 30. Densidad seca máx del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio .	64
Gráfica # 31. Esfuerzo Último del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio	64
Gráfica # 32. Esfuerzo Admisible del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio	65
Gráfica # 33. CBR del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio	65
Gráfica # 34. pH del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio	65

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

AUTOR: Israel Isaías Guamán Iler

TUTOR: Ing. M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: Octubre 2016

La presente investigación tiene como objetivo conocer el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con Cal y Cloruro de Sodio con porcentajes de 2,5% - 7,5% y 12,5%. La muestra de suelo se la extrajo de una calicata a 1 m de profundidad en la ciudad del Puyo y se utilizó todo el volumen de la calicata para realizar los ensayos de laboratorio con muestras alteradas e inalteradas.

Para el análisis de las propiedades del suelo en condiciones normales se realizaron los ensayos: Cono y arena de Ottawa, Contenido de humedad y Compresión no confinada.

Para analizar las propiedades del suelo natural y el suelo estabilizado se realizaron los siguientes ensayos: Gravedad específica, Densidad real de los agentes estabilizadores, Límites Atterberg, Resistencia a la compresión simple (q_{ult} y q_{adm}), Próctor modificado Método D y capacidad de soporte del suelo (CBR).

En cuanto al Cloruro de Sodio se utilizó sal granular la cual se pulverizó para una mejor reacción con las partículas de arcilla. Para el ensayo de Resistencia a la compresión simple se realizaron bloques que fueron ensayados a los 7, 14 y 21 días. Con los debidos ensayos se comparó cual es el comportamiento del suelo en condiciones normales con los suelos estabilizados con Cal y Cloruro de Sodio y se llegó a determinar su porcentaje óptimo con cada estabilizador.

ABSTRACT

THEME: STUDY OF THE BEHAVIOR OF A CLAY SOIL STABILIZED BY TWO CHEMICAL METHODS (LIME AND SODIUM CHLORIDE)

AUTHOR: Israel Isaías Guamán Iler

TUTOR: Ing. M.Sc. Fricson Moreira

DATE: October 2016

The present research aims to know the behavior of a clay soil stabilized with Lime and Sodium Chloride with percentages of 2.5% - 7.5% and 12.5%. The soil sample was extracted from a test pit at 1 m depth in the city of Puyo, and used the entire volume of the calicata to perform the laboratory tests with altered and unchanged samples.

For the analysis of the properties of the soil under normal conditions the tests were carried out: Cone and sand of Ottawa, Moisture content and Unconfined Compression.

In order to analyze the properties of the natural soil and stabilized soil, the following tests will be performed: Specific Gravity, Actual Density of Stabilizing Agents, Atterberg Limits, Resistance to Simple Compression (q_{ult} and q_{adm}), Modified Próctor method D and capacity of support of the ground (CBR).

Sodium Chloride was used granular salt which was pulverized for a better reaction with the clay particles. In the Simple Compression Resistance test, blocks were perform and tested at 7, 14 and 21 days. With the right tests, it was compared the behavior of the soil under normal conditions with the soils stabilized with Lime and Sodium Chloride and determined its optimal percentage with each stabilizer.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. TEMA

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

1.2. ANTECEDENTES

En el campo de la ingeniería civil el suelo siempre ha sido un problema para las obras civiles que van a estar situadas sobre éste. En una carretera la subrasante no siempre es adecuada para su diseño por lo que es necesario realizar un mejoramiento del suelo para su utilización. En varios suelos que se encuentran en estado natural no cumplen con los requisitos para su construcción por lo que el ingeniero civil deberá decidir entre aceptar el suelo tal como se encuentra y diseñar según la calidad de esa materia, remover el suelo y sustituirlo por uno de mejor característica o alterar las propiedades del suelo para que cumplan con los requerimientos para su diseño.

Una de las alternativas para mejorar el suelo es a través de una estabilización física que consiste en mezclar dos suelos e incluso tres suelos, otra de las alternativas es la estabilización química que consiste en incorporar algún aditamento químico al suelo. Los aditamentos químicos utilizados para estabilización de suelos son cemento, cal, sales, polímeros y resinas. Dichos métodos son más efectivos en arcillas cohesivas [1]

La cal es el aditivo químico más antiguo para estabilizar un suelo, el ejemplo más claro es la Vía Apia en la antigua Roma (312 a C), [2] pero los estudios con este químico datan entre los años (1950-1960). [3] En el 2003 más de 1.6 millones de toneladas fueron utilizados para la estabilización de suelos en EE.UU. [4]

El cloruro de sodio es un aditivo químico el cual tiene estudios que datan del año 1920 por Strahan, aunque la estabilización por este método fue realizada por los romanos. En Estados Unidos en el condado de Franklin entre los años (1956-1959) se estabilizaron 18 millas de vías. [5] En Chile entre los años de (1994 -2003) se estabilizó un total de 522.3 Km de vías. [6]

1.3. JUSTIFICACIÓN

La estabilización con cal es uno de los métodos químicos más usados para suelos arcillosos, permite reducir sus límites de consistencia lo que mejora el comportamiento plástico del suelo estabilizado y aumentará su capacidad portante. [7] Mientras que la estabilización con cloruro de sodio (Na Cl) es una técnica que se utiliza en Estados Unidos, Canadá y en Sudamérica Chile y México. En Chile existe una compañía que se dedica a la elaboración de un producto con cloruro de sodio (Road Salt - TES) específicamente para estabilizar suelos. El cloruro de sodio de igual manera tiene un mejor comportamiento en suelos arcillosos, mejorando sus propiedades físicas y aumentando la resistencia a los esfuerzos de tracción y compresión lo cual disminuye su permeabilidad. [8]

En Ecuador una gran cantidad de las vías se encuentran sin pavimentar lo cual, sin un buen mantenimiento dichas vías llegan a deteriorarse al transcurso de los años, cuando una vía está en mal estado es necesario realizar una estabilización de suelos para el mejoramiento de la resistencia del suelo de la subrasante. En la región de la Costa y Oriente existe una gran cantidad de suelo arcilloso, y la mejor solución para estabilización de suelos es con cal, con la finalidad de mejorar su capacidad de soporte y disminuir su permeabilidad y plasticidad. [9] Otro método para estabilizar un suelo arcilloso es con cloruro de sodio y

en el país no existe ninguna estabilización realizada al respecto, por lo que sería una alternativa por su gran producción de sal en el país.

La importancia de esta investigación es analizar cuál de los dos métodos para la estabilización proporciona una mayor resistencia y da mejores resultados en sus propiedades índice y técnicas.

La investigación a realizar es factible ya que existen fuentes bibliográficas y herramientas necesarias para el análisis de los métodos de estabilizaciones de suelos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General:

Analizar el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con componentes químicos (cal y cloruro de sodio) en el laboratorio.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar las propiedades índice del suelo natural (contenido de humedad, gravedad específica, peso específico, límites de plasticidad)
- Identificar las propiedades técnicas del suelo natural, con cal y cloruro de sodio (resistencia máxima y resistencia admisible)
- Establecer el porcentaje óptimo de cal y cloruro de sodio para la estabilización de suelos.
- Analizar comparativamente las propiedades del suelo con los dos métodos a estabilizar con la finalidad de determinar cual da mejores resultados para su aplicación.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Suelo

Constituye cualquier tipo de material terroso no consolidado compuesto por distintas partículas sólidas. Su origen es producido por mecanismos que atacan el suelo, los cuales son: La desintegración mecánica y la descomposición química.

La desintegración mecánica es la intemperización de la roca mediante agentes físicos, tales como cambios de temperatura, congelamiento del agua que está entre en las partículas de la roca, efectos de organismos, etc.

La descomposición química son agentes que atacan a las rocas modificando su composición química, donde el agua es el más importante, otros mecanismos que atacan las rocas son la carbonatación, oxidación e hidratación. Cualesquiera de estos ataques son generados por los cambios de temperatura, en zonas cálidas y húmedas se pueden encontrar suelos arcillosos, en zonas más frías se pueden encontrar gravas arenas o limos, en zonas cálidas con falta de agua es más común encontrar arenas debido a que no se desarrollan los agentes de descomposición.

Arcillas

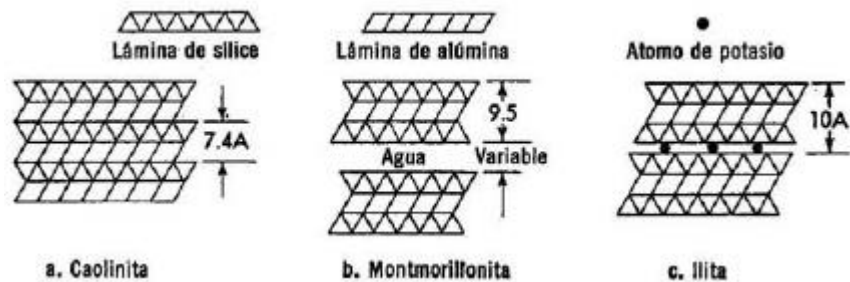
Están constituidas por silicatos de aluminio hidratados, algunas arcillas presentan además silicatos de magnesio, hierro u otros metales hidratados. Cada partícula de arcilla tiene una carga eléctrica negativa, su intensidad de carga depende de la estructuración y composición. [10]

Una arcilla debido a su estructura se clasifica en tres grupos: caolinitas, montmorilonitas e ilitas. Las caolinitas están formadas por una lámina silícica y una de alúmina que forman un mineral arcilloso, la unión de sus partículas son muy firmes lo cual no permite la penetración de moléculas de agua entre ellas. Están equilibradas eléctricamente y son estables en presencia del agua.

Las montmorilonitas están formadas por una lámina de alúmina entre dos de silícica, la unión de sus partículas es débil lo que permite que las moléculas de agua puedan introducirse entre las partículas de arcilla lo que hace que sea un suelo expansivo. Tiene una gran fuerza eléctrica se considera un suelo inestable.

Las ilitas, su estructura es similar a las montmorilonitas, sin embargo, sus partículas están unidas a átomos de potasio de modo que forman paquetes bastante compactos, su expansión es menor que las de montmorilonitas y su comportamiento mecánico es mejor, reduciendo un poco su fuerza eléctrica.

Gráfica # 1. Estructura laminar de las principales familias de los minerales arcillosos



Fuente: Sowers. G, “Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones”

Las partículas atraen a los iones positivos del agua H^+ y los cationes atraen diferentes elementos químicos como: Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Ba^{++} , Al^{+++} , Fe^{+++} , etc. Al unirse las partículas agua por su carga positiva (H^+) el polo de carga negativa queda disponible para atraer otros cationes positivos. Mientras mayor sea la valencia del catión va a ser menor la atracción de la arcilla por el agua. [11]

Según el grado de acidez de los cristales de arcilla crece su capacidad de intercambio de cationes, si el pH del suelo es menor significa que el intercambio de cationes va a ser mayor, es notable si los valores del pH son inferiores a 7. Se utiliza el intercambio de cationes para mejorar las propiedades de plasticidad y resistencia del suelo, es por esta razón que se utiliza para mejorar su comportamiento mecánico. [10]

2.1.2. Relaciones Volumétricas y Gravimétricas de los suelos

Existen tres fases que se pueden distinguir en un suelo: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está formada por partículas del suelo; la líquida es el agua que se encuentra en el suelo y la gaseosa por el aire que se encuentra en los poros del suelo. Estas relaciones son importantes para poder identificar las propiedades índice de los suelos. [12]

2.1.2.1. Gravedad Específica

En la relación entre el peso específico de los suelos y el peso específico del agua. Es una propiedad necesaria para la definición de algunas propiedades físicas de los suelos. Su valor depende de la composición mineralógica de las partículas que está formado el suelo. En la siguiente tabla se muestran algunos valores típicos de los suelos: [13] Ecuador la gravedad específica está entre 2,5 a 2,8 gr/cm³. [14]

Tabla # 1. Valores típicos de la gravedad específica de las partículas.

Tipo de suelo	Gs
Grava, arena y limo	2,65
Arcilla inorgánica	2,70
Arcilla orgánica	2,60
Turba amorfa	2,00
Turba fibrosa	1,50

Fuente: Berry. P, “Mecánica de suelos”

2.1.2.2. Peso volumétrico o Densidad de los suelos

La densidad de un suelo es la relación entre la masa respecto al volumen, la densidad natural de un suelo se lo conoce con el símbolo (γ_m) y en Ecuador para suelos cohesivos sus valores oscilan entre (0,980 – 1,100 gr/cm³). Si el suelo está completamente saturado de agua, el peso volumétrico del suelo se representa con el símbolo (γ_{sat}), si a la muestra de suelo se le coloca en el horno a una temperatura constante se obtendría el peso volumétrico seco cuyo nombre se lo conoce como Densidad Seca y su simbología es (γ) en Ecuador para suelos cohesivos sus valores oscilan entre (0,50 – 0,800 gr/cm³) [15]

2.1.2.3. El contenido de humedad (w%)

Es la relación entre el peso del agua contenida en el suelo respecto al peso del suelo seco y se expresa en porcentaje. Su valor teórico es de 0 a ∞ , en el valle de México las arcillas tienen humedades de 500 - 600%, existen valores de hasta 1000% y en arcillas japonesas el contenido de humedad ha registrado valores de 1200 - 1400%. [10]

En el caso de suelos del Oriente ecuatoriano su humedad puede llegar hasta 250%, y en el caso de la Costa ecuatoriana los suelos limosos pueden alcanzar un valor de 200%. Un suelo con un bajo contenido de humedad significa que es estable con alta capacidad de carga, resistente y poco compresible, mientras que un suelo de alto contenido de humedad significa que está saturado de agua y es inestable, compresible y deformable. [15]

2.1.2.4. La relación de vacíos (e)

Es la relación entre el volumen de los vacíos respecto al volumen de los sólidos del suelo. Teóricamente su valor varía de 0 a ∞ , sus valores bajos son 0.25 para arenas muy compactadas con porcentaje de suelo fino y valores altos de 15 para arcillas altamente compresibles. En Ecuador los valores típicos para suelos cohesivos oscilan entre (12 – 20) [10]

2.1.2.5. La porosidad (n)

Es la relación entre el volumen de vacíos respecto al volumen de su masa y se expresa en porcentaje. Su valor puede variar de 0 a 100%. Un valor muy bajo de porosidad quiere decir que el suelo es muy densificado y consolidado, por lo tanto, es estable, compactado y poco compresible. Un valor muy alto de porosidad significa que el suelo tiene una gran cantidad de vacíos y es altamente compresible, por lo tanto, es inestable y de grandes asentamientos. En Ecuador los valores típicos para suelos cohesivos oscilan entre (40 - 80%) [15]

2.1.2.6. El grado de saturación de agua (Gw%)

Es la relación entre el volumen del agua respecto al volumen de los vacíos del suelo y se expresa en porcentaje. Su valor puede variar de 0 (suelo seco) a 100% (suelo saturado de agua) [10]

2.1.2.7. El grado de saturación del aire (Ga%)

Es la relación entre el volumen del aire con respecto al volumen de los vacíos del suelo y se expresa en porcentaje. Es una magnitud de escasa importancia con respecto a las anteriores mencionadas, su utilización está limitada a los factores de consolidación del suelo. [15]

En la siguiente tabla se representan valores de las porosidades y los pesos volumétricos de los suelos saturados y secos para arenas, estos valores son aproximados.

Tabla # 2. Porosidad, relación de vacíos y peso volumétrico de los suelos en estado natural.

Descripción del suelo:		Porosidad n (%)	Relación de vacíos e	Contenido de humedad w (%)	Peso unitario $\gamma \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$	
					γ	γ
1.	Arena uniforme, suelta	46	0,85	32	1,43	1,89
2.	Arena uniforme, densa	34	0,51	19	1,75	2,09
3.	Arena graduada, suelta	40	0,67	25	1,59	1,99
4.	Arena graduada, densa	30	0,43	16	1,86	2,16
5.	Morena glaciár con partículas de todo tamaño	20	0,25	9	2,12	2,32
6.	Arcilla glaciár blanda	55	1,20	45	...	1,77
7.	Arcilla glaciár resistente	37	0,60	22	...	2,07
8.	Arcilla blanda ligeramente orgánica	66	1,90	70	...	1,58
9.	Arcilla blanda muy orgánica	75	3,00	110	...	1,43
10.	Bentonita blanda	84	5,20	194	...	1,27

Fuente: Terzaghi. K, “Mecánica de suelos en la ingeniería práctica”

2.1.3. Clasificación de los suelos

Es un ordenamiento en grupos de los suelos que tienen propiedades similares, su propósito es estimar las propiedades que tienen el suelo por comparación de suelos de la misma clase las cuales sus propiedades son conocidas. Para la determinación su clasificación se realiza previamente un ensayo de granulometría y límites de atterberg. [16]

El sistema de clasificación AASHTO se usa para evaluar suelos que serán usados en vías como subrasantes o terraplenes. Este sistema divide a los suelos en tres grupos: granulares, limo – arcilla y suelo orgánico. Las simbologías de A-1 hasta A-8 indican que con el aumento de la simbología disminuye la calidad del suelo para su construcción. La información de la tabla es suplementada por el límite líquido y el índice de grupo. En la tabla #20 del anexo A, representa la clasificación según la AASHTO.

EL sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) es un método que sirve para identificar y agrupar los suelos de manera rápida, este sistema divide a los suelos en dos grupos: granos gruesos y granos finos. Los suelos de grado grueso tienen una simbología de G o S, se representa con la letra G a las gravas y con S a las arenas. Los suelos de grado

fino tienen la simbología de C, M y O, se representa con la letra C a las arcillas, con M a los limos y con O a limos y arcillas orgánicas. En la tabla #21 del anexo A, representa la clasificación según el SUCS [11]

2.1.3.1. Granulometría de los suelos

El objetivo del análisis granulométrico es determinar el tamaño de las partículas y separar por porcentajes del peso total en fracciones de distintos tamaños. La importancia de realizar un análisis granulométrico es para identificar cual es la clase de suelo. [15]

2.1.3.2. Límites Atterberg

Cuando a un suelo cohesivo se le reduce lentamente su contenido de humedad el suelo pasa gradualmente del estado líquido a su estado plástico y así hasta llegar a su estado sólido. Los límites que son necesarios para la identificación del suelo son el límite líquido y el límite plástico. [17]

Límite Líquido (LL)

Se produce cuando el suelo pasa del estado semilíquido al estado plástico. Es el contenido de humedad al cual una muestra de suelo húmedo colocada en la copa de Casagrande, es separada en dos por la acción de una herramienta para hacer una ranura y dejada caer desde una altura de 1cm y sufra el cierre de la ranura después de dejarla caer 25 veces. [17]

Límite Plástico (LP)

Se produce cuando el suelo pasa del estado plástico al estado semisólido. Es el contenido de humedad con el cual el suelo empieza a fracturarse por un proceso de amasado en pequeños cilindros de 3mm de diámetro y 50mm de largo, rodándolos en una superficie lisa o entre las manos. [14]

La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico se lo conoce como Índice plástico (Ip), representa la variación de humedad que tiene el suelo para permanecer en estado plástico. [11]

2.1.4. Resistencia al corte de los suelos

Los suelos al ser sometidos a un esfuerzo a tracción o corte presentan un plano de falla. La rotura por corte de un suelo comienza cuando el suelo es sometido a un esfuerzo y alcanza una combinación crítica entre la tensión normal y tangencial o de corte. [16]

La resistencia al esfuerzo cortante no es un valor constante lo cual puede variar según haya modificaciones en el terreno como puede ser el contenido de humedad, procesos de carga y descarga; es por esta razón que la manera más confiable de realizar ensayos en laboratorio para determinar su resistencia a corte es a través de muestras inalteradas. [15]

Ensayo de compresión simple

Son ensayos muy utilizados por lo económico que son, se requiere de una muestra de suelo que no pierda sus propiedades naturales. Para suelos friccionantes se realizan ensayos de compresión confinadas y para suelos cohesivos se realizan ensayos de compresión no confinadas. [15]

2.1.5. Capacidad de soporte de los suelos

Es la máxima deformación que puede resistir un suelo, la subrasante debe diseñarse para que las cargas de tráfico transmitidas al suelo no superen la capacidad de soporte (CBR) o el suelo cedería y tampoco sea inferior o el diseño no sería económico. La resistencia al esfuerzo cortante y la humedad son factores que intervienen a la capacidad de soporte del suelo.

- La resistencia al esfuerzo cortante depende de la densidad del suelo y su humedad, si el suelo tiene un contenido de humedad óptimo y con una correcta compactación el suelo puede llegar a su densidad máxima lo cual tiene mayor resistencia al esfuerzo cortante. [18]
- La humedad en un suelo siempre está presente, los suelos saturados de agua tienen una capacidad de soporte menor a los suelos que no están saturados. Por lo tanto, a mayor humedad hay una menor capacidad de soporte. [18]

Para determinar la capacidad de soporte del suelo se realiza el ensayo de laboratorio CBR (Relación de Soporte California) que es comúnmente utilizado para carreteras y aeropuertos. [19]

2.1.6. Subrasante

Se le considera como fundación de la estructura de pavimento después de terminar el movimiento de tierras, ser compactado y haber dado las pendientes adecuadas para su drenaje. Su función es soportar cargas que transmiten el pavimento y mientras mejor sea la calidad del suelo, el espesor del pavimento se reduce sin disminuir la calidad de la vía.

Mejoramiento de la subrasante

Según las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas el mejoramiento de la subrasante se dará cuando el proyecto así lo establezca. Se mezclará con suelo seleccionado, estabilizado con cal, con cemento, con material pétreo, membranas sintéticas o mezcla de materiales previamente seleccionados.

Para suelos finos, la parte del material que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad no mayor de 9 y el límite líquido hasta 35% siempre que el CBR sea mayor de 20%. [9]

2.1.7. Estabilización de suelos

Es frecuente que el ingeniero civil se encuentre con suelos que no son aptos para su utilización. El suelo es la base en donde se va a encontrar toda obra civil, cuando los suelos son sueltos, altamente compresibles, alta permeabilidad, que sean inapropiados para su utilización en una obra civil, estos suelos deben ser mejorados y estabilizados. [20]

El mejoramiento de suelo consiste en excavar por debajo de la subrasante y su remplazo parcial o total con materiales debidamente analizados para el mejoramiento de sus propiedades, también se lo puede realizar a través de componentes estabilizadores de suelo. [21]

2.1.7.1. Tipo de estabilizaciones

Para determinar qué tipo de estabilización es la más conveniente y da mejores resultados se debe hacer un análisis el componente que se comporte mejor en el suelo y sea económico. Se mencionan las siguientes estabilizaciones:

- Estabilización Física
- Estabilización Química
- Estabilización Mecánica

Estabilización Física

Este tipo de estabilización se lo realiza para aprovechar algunos fenómenos, mejorando el suelo mediante cambios físicos. Se mencionan los siguientes:

- **Estabilización por precarga o presión efectiva**

Se lo realiza en suelos cohesivos y se somete a procesos a compresión para evitar deformaciones o asentamientos no deseados, este método se lo realiza mediante la presión hidrostática del agua colocando con diques o terraplenes periféricos con material de suelo impermeable de aproximadamente 2m de agua. [20]

- **Estabilización por compactación pesada**

Para realizar la compactación se tiene que tener en cuenta el tipo de suelo que se va a compactar, debido a que la maquinaria juega un papel importante para la estabilización. Si se va a compactar un suelo friccionante es mejor utilizar un equipo de carga vibratoria debido a que la vibración ayuda considerablemente al acomodamiento de las partículas, mientras que para un suelo cohesivo es mejor utilizar un equipo de amasado. [20]

- **Estabilización térmica por calentamiento**

Se lo realiza para suelos cohesivos y el proceso consiste en someter al suelo a una temperatura de 900°C en donde el proceso de rehidratación se vuelve irreversible para el suelo y no se pierde su resistencia. Este tipo de estabilizaciones son muy costosas y representa una magnitud muy alta para realizarlo a gran escala. [2]

Estabilización Química

Puede ser de naturaleza orgánica e inorgánica y se subdividen en estabilizaciones de tipo ácido, neutral y alcalino. La estabilización de tipo ácido y alcalino actúan atacando químicamente el suelo, teniendo mayor efecto en arcillas produciendo una reacción que modifica los componentes de naturaleza cementante. La estabilización neutral altera las propiedades índice del suelo. [2]

- **Estabilización con cemento**

Este método es uno de los más utilizados debido a sus ventajas económicas como ingenieriles, mejorando de una manera notable su resistencia y durabilidad. La adición de pequeñas cantidades de cemento como el 2 a 3% puede modificar las propiedades del suelo mientras que la adición del 5 a 6% cambia considerablemente sus propiedades.

- **Estabilización con cal**

Se utiliza especialmente en arcillas, con el objeto de incrementar su resistencia y disminuir su cambio volumétrico debido a cambios de contenido de humedad. Tiene una reacción con las partículas de la arcilla formando un nuevo compuesto de silicato de calcio el cual es resistente e insoluble al agua. [1]

- **Estabilización con sales**

También se los conoce como delicuescentes, son los materiales que tienen la capacidad de absorber humedad y licuarse lentamente con la presencia de agua como puede ser el cloruro de sodio (NaCl), cloruro de calcio (CaCl₂), Cloruro de magnesio (MgCl), cloruro de potasio (KCl). Se utiliza principalmente en arcillas, teniendo menor efecto para arenas y limos. Son impermeabilizantes y disminuyen los polvos en los suelos finos. Por su bajo costo los más utilizados son el cloruro de sodio (sal común) y el cloruro de calcio.

- **Estabilización con ácido fosfórico y fosfato (H₃PO₄)**

La estabilización con este producto es experimental y probablemente no se lleve a la práctica debido a que requieren porcentajes similares a los de la cal o el cemento, sin embargo, sus costos son mucho más elevados. Se utiliza especialmente en suelos ácidos (arcillas) y no tienen ningún efecto en suelos alcalinos (limos o arenas). [2]

- **Estabilización con resinas y polímeros**

Este tipo de estabilizaciones tienen como objetivo realizar una estructura impermeable al agua. Las resinas sintéticas como las del sistema anilina y furfural de origen orgánico aumentan la resistencia de los suelos. La anilina es un derivado líquido del alquitrán del hule y el furfural es producido en refinerías del derivado del maíz, mezclado los dos en dos partes a una, reacciona formando una resina viscosa que se endurece lentamente hasta alcanzar su forma sólida. La cantidad a utilizar es del 1 a 2% en peso como valor óptimo el cual tiene mayor efecto en suelos de naturaleza ácida. Los polímeros pueden ser de tres grupos: catiónicos, aniónicos y no-iónicos.

Los catiónicos tales como armeen y arquad tienen carga positiva que tienen ligaduras muy fuertes con las cargas negativas de las partículas de las arcillas y arenas finas lo cual mejora la resistencia a corte del suelo.

Los aniónicos tales como sulfonatos y lignosulfonatos son utilizados más como agentes que mejoran la compactación del suelo.

Los no-iónicos tales como el alcohol polivinílico y la celulosa carbometflica tienen una carga negativa OH^- que se unen a las cargas positivas de las partículas de la arcilla. [1]

Estabilización Mecánica

Este tipo de estabilización consiste en mezclar dos suelos o tres suelos distintos con la finalidad de mejorar su granulometría para lograr obtener propiedades deseables. También se lo puede realizar con mezcla de escorias pulverizadas producidas por altos hornos, otro método es con basura reciclada como el plástico, el vidrio o papel. [20]

Estabilización de suelo con cal

La cal utilizada para una subrasante o subbase puede estabilizar un suelo fino de forma permanente. Por lo general para una estabilización de subrasante se requiere un porcentaje de 2 a 8% de cal. [21]. La densidad real de la cal hidratada es de 2,25 gr/cm³.

La cal está compuesta de óxido e hidróxidos de calcio y magnesio, también puede contener óxido de silicio, aluminio y hierro. Para la estabilización de suelos se puede utilizar: cal viva (CaO - óxido de calcio), cal hidratada (Ca[OH]₂) o lechada de cal.

Reacción química de tratamiento con cal

Cuando se mezcla el suelo con la cal y se añade agua ocurre una reacción química inmediata. La cal hidratada después de la mezcla inicial los iones de calcio (Ca⁺⁺) de la cal se unen con las partículas de arcillas y desplazan el agua y otros iones del suelo, Esta reacción produce que el suelo se haga un poco granular lo cual lo hace más fácil de compactar. El índice de plasticidad disminuye considerablemente y de la misma manera disminuye la capacidad de esponjarse y contraerse.

Si se añade la cantidad adecuada de cal y agua, el pH del suelo aumenta de manera considerable lo cual le elimina la acidez del suelo y rompen las partículas de arcilla. Se deberá comprobar que el pH del suelo sea mayor a 11. Se libera la sílice y la alúmina y reacciona con el calcio de la cal para formar partículas cementantes como hidratos de calcio-silicatos (CSH) e hidratos de calcio-aluminatos (CAH). [7]

Ventajas y desventajas

Se analizarán las ventajas y desventajas para la aplicación de tres tipos de cal: Cal hidratada, cal viva y lechada de cal. [22]

Tabla # 3. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de cal

	Ventajas	Desventajas
Cal hidratada	<ul style="list-style-type: none"> - Es aplicada dos o tres veces más rápido que la lechada - Sirve para secar arcillas pero no tanto como la cal viva 	<ul style="list-style-type: none"> - En zonas cálidas y secas requiere una gran cantidad de agua para su aplicación - Son partículas muy finas por ende generan mucho polvo y se hace inadecuada su utilización en zonas urbanas
Cal viva	<ul style="list-style-type: none"> - Es más económica y contiene 20 a 24% más de cal que la cal hidratada - Sus partículas son más grandes y tiene mayor densidad y su almacenamiento es de menor tamaño - Tiene acción de secado más rápido en suelos húmedos 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere 32% de su peso en agua para convertirse en cal hidratada - Primero tiene que reaccionar al agua para ser hidratada y poder ser utilizada en la mezcla de suelo - Requiere más agua que la cal hidratada
Lechada de cal	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere menor agua adicional para la mezcla con el suelo - Distribución más uniforme 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación más lenta que la mezcla de la cal viva o hidratada - No es práctico para suelos muy húmedos

Autor: Israel Guamán

Propiedades del suelo que son mejoradas con la cal.

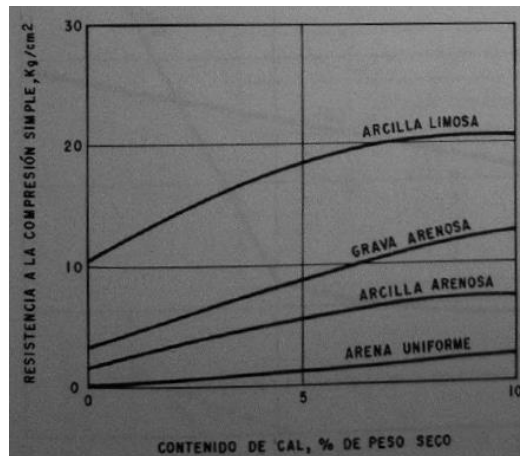
a) Plasticidad

La cal disminuye el índice de plasticidad de los suelos plásticos, tiene poco efecto el índice plástico para suelos de mediana plasticidad y el índice de plasticidad aumenta para suelos finos de baja plasticidad.

b) Resistencia

La resistencia a la compresión simple es una propiedad fundamental para suelos cohesivos, según el % de cal que se añade a un suelo va a tener una mayor resistencia, pero este factor se tiene que moderar según su costo-beneficio. En el siguiente gráfico se muestra el efecto del contenido de cal en la resistencia a la compresión simple.

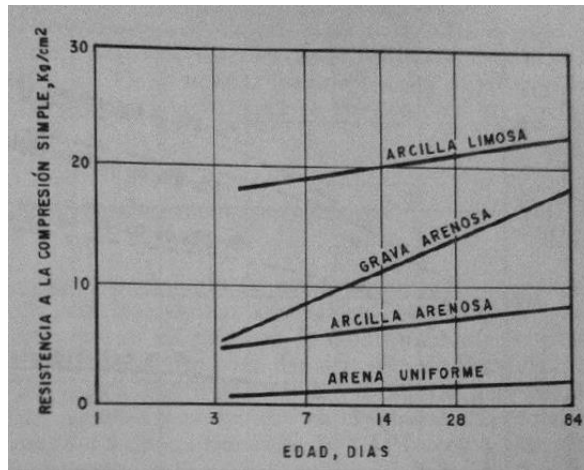
Gráfica # 2. Efecto del contenido de cal en la resistencia a la compresión simple.



Fuente: Rico. A, “La ingeniería de los suelos en vías terrestres”

El gráfico #2 muestra el efecto de la resistencia a compresión simple con la edad de diferentes tipos de suelos mezclados con cal utilizando un porcentaje de 5% del peso del suelo seco.

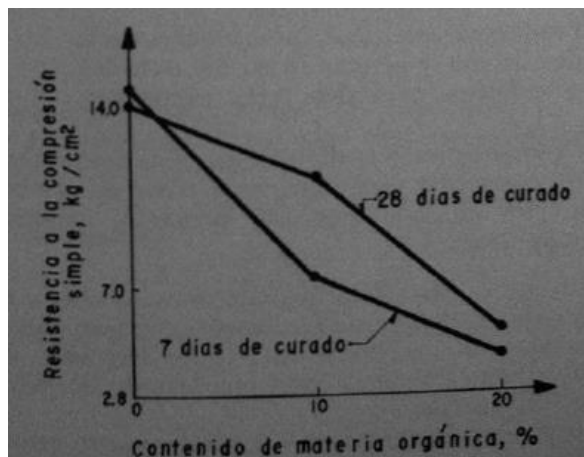
Gráfica # 3. Efecto de la edad respecto a la resistencia a compresión simple



Fuente: Rico, A, “La ingeniería de suelos en las vías terrestres”

En el gráfico #3 se muestra el efecto del contenido de materia orgánica que influye en la resistencia a compresión simple de una arcilla limosa estabilizada con 12% de cal hidratada

Gráfica # 4. Efecto de la edad respecto a la resistencia a compresión simple



Fuente: Rico, A, “La ingeniería de suelos en las vías terrestres”

Se puede ver como la cal tiene mayor efecto en las arcillas dando mejores resultados en dichos suelos. Mientras tanto si tiene mayor contenido de material orgánico el suelo no va a tener buenos resultados para ser estabilizados con cal. [2]

Para suelos con el índice de plasticidad menores a 20% generalmente se utilizan porcentajes de entre 0,5 a 1,5% del peso del suelo seco, mientras tanto para agregados con el índice de plasticidad mayores a 20% se utilizan porcentajes de entre 1 a 3% [22]

2.1.7.2. Estabilización de suelo con cloruro de sodio

Cloruro de sodio

El cloruro de sodio se lo puede obtener de 3 maneras. Una consiste en evaporar el agua salada mediante el calor solar, obteniendo así los residuos de sal. Otro método es mediante la obtención de las minas de sal y el último método es evaporar el agua de mar mediante hornos.

Ecuador es el 5to mayor productor de sal en Sudamérica, y obtiene la sal mediante el secado en horno del agua de mar del Océano Pacífico. En general Ecuador es un país autosuficiente en sal. La sal común tiene una densidad real de 2,16 gr/cm³. [23]

Comportamiento de suelos estabilizados con Cloruro de Sodio

Las siguientes son las propiedades que mejoran añadiendo cloruro de sodio:

- El límite líquido y el índice de plasticidad se reducen
- Las partículas de roca caliza son solubles a soluciones de cloruro de sodio
- Aumenta la capacidad de retención de humedad
- El peso volumétrico y la resistencia a la compresión aumentan
- La cohesión y el ángulo de fricción interna disminuyen en especímenes que no pierden la humedad, mientras que si el espécimen se somete a un proceso de secado el ángulo de fricción y la cohesión aumentan considerablemente.

El cloruro de sodio es más efectivo en suelos expuestos al congelamiento debido a que retiene la humedad y sería más difícil disolverlo por la exposición a las lluvias. Tiene mayores resultados en suelos con material fino ya que en material granular solo serviría para quitar el polvo. [8]

Parámetros de la estabilización con cloruro de sodio

Se recomienda realizar este tipo de estabilizaciones bajo precipitaciones pluviales de hasta 150mm/año y altitudes hasta 500 m.s.n.m. El contenido de humedad que debe tener el cloruro de sodio debe estar entre 2 – 3.6% Si se añade la cantidad adecuada de cloruro de sodio y agua, el pH del suelo reduce gradualmente. Se deberá comprobar que el pH del suelo se encuentre entre 5 al 8. [21]

Para una estabilización de suelos se puede aplicar cualquier tipo de cloruro de sodio, y su aplicación será entre sal refinada, sal en grano o salmuera. Para la aplicación de la sal en forma granular existen dos maneras: Mezclado con el suelo y disuelto con el agua, manera más uniforme de hacerlo es mediante el mezclado con el suelo. [24]

Ventajas y desventajas de la estabilización con cloruro de sodio

Se analizarán las ventajas y desventajas para la aplicación del cloruro de sodio en vías terrestres. [25]

a) Ventajas

- Es un estabilizador natural, existe una gran cantidad en todo el mundo, su bajo costo y facilidad de aplicación.
- Requiere un periodo de curado de 15 días y si está expuesta a lluvias requiere de una capa de imprimación de 0,5g cada m² después de cada lluvia.

- Puede abrirse al tránsito inmediatamente después de ser aplicada y el tránsito no es interrumpido durante su ejecución ni durante su curado.
- Disminuye totalmente el polvo, material suelto en la vía y su mantenimiento es mínimo y económico. No existen riesgos contra la salud en las personas.

b) Desventajas

- Produce corrosión en las carrocerías de los vehículos
- Cuando la humedad ambiental sea alta la superficie se torna resbaladiza.
- Una mala homogeneización de la mezcla puede provocar desgaste a la capa y baches.
- Requiere circular con precaución durante el curado debido a que la superficie se torna resbalosa.
- El cloruro de sodio en grandes concentraciones puede producir impactos ambientales negativos como daños en la vegetación, fauna, aguas superficiales.

2.2. HIPÓTESIS

¿Cuál de los métodos químicos Cal o Cloruro de Sodio mejorarán el comportamiento de un suelo arcilloso?

2.3. SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. Variable Independiente

Métodos químicos Cal o Cloruro de Sodio

2.3.2. Variable Dependiente

Comportamiento de un suelo arcilloso

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipos de Investigación

3.1.1.1. Investigación Bibliográfica

Se aplica la investigación bibliográfica debido a que es importante conocer cuáles son las características de los agentes estabilizadores que se utilizarán para el proyecto por lo cual requiere información de varios autores como libros, artículos técnicos, investigaciones antes realizadas sobre el tema con la finalidad de comprender de una mejor manera las estabilizaciones.

3.1.1.2. Investigación de laboratorio

Para realizar la investigación es necesario realizar ensayos de laboratorio para saber cuál es el comportamiento del suelo natural y también estabilizado con cal o cloruro de sodio que se utilizará.

3.1.1.3. Investigación de campo

La investigación es de campo debido a que se requiere extraer la muestra de suelo de un sector y realizar ensayos in situ que comprendan las propiedades naturales del suelo.

3.1.2. Niveles de Investigación

3.1.2.1. Investigación Descriptiva

Es descriptiva ya que es necesario de un análisis las propiedades del suelo estabilizado por los dos componentes químicos, y analizar comparativamente las dos estabilizaciones con la finalidad de encontrar cual resulta más efectiva para ese tipo de suelo.

3.1.2.2. Investigación Experimental

Es experimental debido a que se realiza un estudio de la estabilización con cloruro de sodio que no se realiza en el país y es necesario conocer el comportamiento del suelo en nuestro medio.

3.1.2.3. Investigación Explicativa

Es explicativa ya que indica las propiedades del suelo natural, así como las propiedades que tiene cada una de las estabilizaciones.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La investigación es de tipo experimental, por cual la población está delimitada por un suelo arcilloso que servirá para analizar los dos tipos de estabilizaciones (con cal y cloruro de sodio).

3.2.2. Muestra

Para obtener mejores resultados se basará según las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del

Ecuador de la sección 402 (Mejoramiento de la subrasante), que especifica parámetros generales. También se basa en la sección 402-3 (Subrasante estabilizada con Cal), que complementa la información para la estabilización con cal.

Para la estabilización con cloruro de sodio debido a que en el país no existe ninguna norma para su realización se basará en el Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” del Ministerio de Obras Públicas de la República del Perú sección 301.D.01 (Suelos estabilizados con Cloruro de Sodio).

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable Independiente

Métodos químicos Cal o Cloruro de Sodio

Tabla # 4. Cuadro variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Las estabilizaciones con productos químicos son muy efectivos en suelos cohesivos debido a la carga eléctrica que posee. Esta carga produce una reacción entre las partículas de la arcilla y los agentes estabilizadores	Cal	Porcentaje óptimo	¿Cuál es el porcentaje necesario para mejorar las propiedades del suelo?	Investigación bibliográfica Ensayos de laboratorio
		Tipos de cal	¿Qué tipo de cal es la más adecuada para la estabilización de suelos?	Investigación bibliográfica
	Cloruro de sodio	Porcentaje óptimo	¿Cuál es el porcentaje necesario para mejorar las propiedades del suelo?	Investigación bibliográfica Ensayos de laboratorio
		Tipos de cloruro de sodio	¿Qué tipo de cal es la más adecuada para la estabilización de suelos?	Investigación bibliográfica

Autor: Israel Guamán

3.3.2. Variable Dependiente

Comportamiento de un suelo arcilloso

Tabla # 5. Cuadro variable Dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>Un suelo en estado natural puede tener diversas características que puede cambiar según su contenido de humedad, una arcilla es un suelo inestable que puede variar su comportamiento con la presencia de agua. Debido a este comportamiento es necesario conocer cuáles son las propiedades del suelo</p>	<p>Suelo arcilloso</p>	<p>Propiedades índice</p>	<p>¿Cuáles son los ensayos necesarios para la determinación de las propiedades índice del suelo?</p>	<p>Ensayos de campo y de laboratorio</p> <p>Normas AASHTO, ASTM</p>
		<p>Propiedades técnicas</p>	<p>¿Cuáles son los ensayos necesarios para la determinación de las propiedades técnicas del suelo?</p>	<p>Ensayos de campo y de laboratorio</p> <p>Normas AASHTO, ASTM</p>

Autor: Israel Guamán

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla # 6. Plan de recolección de información

Preguntas Básicas	Explicación
¿Para qué?	Analizar comparativamente el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con cal y cloruro de sodio
¿De qué persona u objeto?	De un suelo arcilloso de alta plasticidad
¿Sobre qué aspecto?	Influencia de los agentes estabilizadores en las propiedades índice y técnicas del suelo
¿Quién?	Israel Isaías Guamán Iler
¿Dónde?	Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
¿Cómo?	Investigación Bibliográfica Normas AASHTO, ASTM Ensayos de campo y de laboratorio

Autor: Israel Guamán

3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1. Plan de procesamiento de la información

Con la finalidad de establecer una comparación entre el suelo natural y los dos agentes estabilizadores (cal y cloruro de sodio) se encontrará un porcentaje óptimo para estabilizar el suelo y se realiza el siguiente procedimiento:

- Determinar las propiedades índice del suelo natural (contenido de humedad, gravedad específica, peso específico, límites de plasticidad)
- Determinar las propiedades técnicas del suelo natural (resistencia máxima y resistencia admisible, capacidad de soporte del suelo)
- Determinar la densidad real de la cal y cloruro de sodio que se va a utilizar para las estabilizaciones
- Determinar el porcentaje óptimo de la cal y cloruro de sodio que se va a utilizar para las estabilizaciones con porcentajes de 2,5% - 7,5% y 12,5%
- Analizar cuál de los porcentajes es el óptimo de cal y cloruro de sodio para estabilizar el suelo.
- Determinar las propiedades índice del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio (contenido de humedad, gravedad específica, peso específico, límites de plasticidad)
- Determinar las propiedades técnicas del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio (resistencia máxima y resistencia admisible, capacidad de soporte del suelo)
- Tabulación de datos, tablas y diagramas respectivos
- Revisión crítica de la información recolectada
- Analizar e interpretar comparativamente las propiedades del suelo con los dos métodos a estabilizar con la finalidad de determinar cuál da mejores resultados para su aplicación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1. Origen de la Muestra

La muestra en estudio se localiza en el barrio Santo Domingo de la parroquia Puyo en el cantón Pastaza, en la provincia de Pastaza, con un sistema de coordenadas UTM (WSG 84 Zona 18Sur) de 9834378,62m N - 166326,61m E.

Gráfica # 5. Ubicación de la muestra de suelo



Fuente: Google Earth

La muestra en estudio fue tomada de una calicata de 1m³ del cual se tomó todo el volumen de la muestra debido a que en el 1m de profundidad se encontró el mismo estrato de suelo (ver gráfica #6), se trasladó a la muestra a los laboratorios de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por medio de muestras alteradas e inalteradas para su respectivo estudio.

Gráfica # 6. Calicata de 1m³



Autor: Israel Guamán

4.1.2. Granulometría (ASTM D 421-78 / AASHTO T 87-70)

Se toma una muestra entre 500 y 1000 gr, para separar las fracciones del suelo es a través de tamices de diferentes tamaños según las especificaciones de la norma ASTM: #10 = 2mm, #40 = 0,42mm, #100 = 0,149mm, #200 = 0,074mm

El ensayo se realiza mediante el análisis con muestra lavada que consiste en secar una muestra de suelo en el horno a temperatura de 105° a 110°C y luego se pulveriza la muestra con un rodillo. Se vacía el contenido en el tamiz # 200 y con ayuda del agua se lava la muestra lo mejor posible.

Se vuelve a secar la muestra que es retenida por el tamiz #200 en el horno y se pasa con el rodillo. Se le vuelve a pasar por los tamices y se pesa el contenido de cada tamiz.

Tabla # 7. % acumulado del contenido retenido en cada tamiz

	PASA #4	#10	#40	#100	#200	PASA #200
Arcilla	100,00%	0,80%	2,52%	11,25%	48,10%	51,90%
Cloruro de Sodio	100,00%	3,28%	80,85%	94,47%	98,45%	1,55%

Autor: Israel Guamán

4.1.3 Límites Atterberg (AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691)

Para realizar los ensayos de Límite líquido y Límite plástico se pesa una muestra de aproximadamente 50 gr de suelo que pase el tamiz # 40. Para determinar el límite líquido se coloca la muestra de suelo en un mortero, se agrega una pequeña cantidad de agua y se mezcla con una espátula. Se coloca una pequeña cantidad de la muestra sobre la copa de Casagrande que asienta sobre la base y que esté emparejada la superficie. Con el acanalador se divide la muestra en partes iguales.

Se rota la palanca de la copa de Casagrande hasta que la muestra se una en la parte inferior del canal y se registra el número de golpes. Se rebana a la muestra del ancho de la espátula aproximadamente y se divide en la mitad que se unió para colocarlos en dos recipientes y ponerlos al horno a una temperatura constante de 105° a 110°C. Dependiendo del estado de la muestra se aumenta una pequeña cantidad de agua o se aumenta suelo seco para determinar el rango de número de golpes. 0 – 15, 15 – 20, 20 – 30, 30 – 40. El límite líquido se obtiene de la curva de escurrimiento en el golpe # 25.

Para determinar el límite plástico se toma una pequeña muestra de 8 gr aproximadamente y se coloca en una superficie de vidrio, se hace correr la muestra hasta formar un rollo de longitud uniforme de 6 a 9 cm de largo y 3 mm de diámetro.

Tabla # 8. Límites Atterberg del suelo natural y suelo estabilizado

	% Agente estabilizante	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
Suelo natural	0	86,00	66,67	19,33
Cal	2,5	58,10	42,14	15,96
	7,5	46,20	35,42	10,78
	12,5	37,40	28,57	8,83
Cloruro de Sodio	2,5	45,50	31,75	13,75
	7,5	39,70	29,52	10,18
	12,5	36,70	30,16	6,54

Autor: Israel Guamán

4.1.4. Clasificación de suelo

Para determinar el tipo de suelo es necesario realizar los ensayos de granulometría y límites Atterberg. El tipo de suelo se da según el sistema de clasificación de la AASHTO y del SUCS con su respectiva carta de plasticidad.

Tabla # 9. Clasificación del suelo según la AASHTO y el SUCS

	AASHTO	SUCS
Clasificación	A-7	CH
Descripción	Arcilla de alta compresibilidad	Arcilla de alta plasticidad

Autor: Israel Guamán

4.1.5. Gravedad específica (AASHTO T-100-70 / ASTM D 854-58)

Para determinar la gravedad específica del suelo se coloca una muestra que pase el tamiz #4 de 200 gr en el horno a temperatura de 105° a 110°C. Se pesa 50gr y se vacía en un picnómetro, se llena de agua hasta la marca de aforo. Se gira el picnómetro por unos 5 min hasta quitar el aire que se encuentra en las partículas del suelo, se toma la temperatura y se pesa el picnómetro más el suelo y el agua.

4.1.6. Densidad real (ASTM C 188)

Para determina la densidad real de la Cal y del Cloruro de Sodio se coloca una muestra de 60 a 70gr y se vacía en un picnómetro, se llena de gasolina hasta la marca de aforo. Se gira el picnómetro por unos 5 min hasta quitar el aire que se encuentra en las partículas del material, se toma la temperatura y se pesa el picnómetro más la muestra y el agua.

Tabla # 10. Gravedad específica (Gs) y densidad real (Dr)

	% Agente estabilizador	Valor	Unidad
Gs del Suelo natural	0	2,709	
Dr de la cal	0	2,227	gr/cm3
Dr del Cloruro de Sodio	0	2,119	gr/cm3
Gs del Suelo estabilizado con Cal	2,5	2,697	
	7,5	2,675	
	12,5	2,655	
Gs del Suelo estabilizado con Cloruro de Sodio	2,5	2,694	
	7,5	2,667	
	12,5	2,643	

Autor: Israel Guamán

4.1.7. Contenido de Humedad (ASTM 2216-71 / AASHTO T 217-76 / INEN 690)

Para determinar el contenido de humedad se pesa la muestra y el recipiente, se coloca una muestra húmeda al horno a una temperatura de 105° -110°C y se la deja durante unas 18 a 24 horas. Se deja enfriar hasta que la muestra esté a temperatura ambiente y se pesa.

Tabla # 11. Contenidos de Humedad w%

	Suelo in situ	Cloruro de Sodio
Contenido de humedad w%	172,86%	3,43%

Autor: Israel Guamán

Según el Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para la construcción” del Ministerio de Obras Públicas de la República del Perú sección 301.D.01 (Suelos estabilizados con Cloruro de Sodio), el contenido de humedad que debe tener el cloruro de sodio debe estar entre 2 – 3.6%, lo cual cumple con ese requerimiento.

4.1.8. Densidad de campo (ASTM D 2167 / AASHTO T 205)

Para determinar la densidad del suelo en el terreno (γ_m) se realizarán ensayos in situ con el Método de cono y arena de Ottawa con el cual se obtiene el peso del suelo húmedo de

una pequeña muestra excavada y permite encontrar las propiedades índice del suelo natural.

Se limpia la superficie y se enrasa para dejar la superficie plana, se coloca una placa sobre la superficie y se excava a una profundidad de 6" a 8". Se coloca en una funda todo el suelo extraído y poner sobre la placa el cono y arena de Ottawa el cual debe ser pesado antes de realizar el ensayo. Se abre la válvula y se deja caer la arena de Ottawa hasta que esté completamente lleno, pesar el frasco y la funda de arena después de realizar el ensayo.

Tabla # 12. Propiedades índice del suelo natural

Peso Volumétrico del suelo γ_m	1,226	gr/cm ³
Densidad seca γ_d	0,449	gr/cm ³
Contenido de humedad $w\%$	172,862	%
Relación de vacíos e	5,027	
Porosidad $n\%$	83,408	%
Grado de Saturación de agua $G_w\%$	93,152	%
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	6,848	%

Autor: Israel Guamán

4.1.9. Resistencia a la compresión no confinada (ASTM D-2166/ AASHTO T-208-70)

Se extrae una muestra de suelo inalterada del sitio en estudio, se debe tallar en laboratorio de tal forma que la longitud sea 2 a 3 veces el diámetro del cilindro. La muestra estará sometida a una carga axial sin confinamiento hasta que el cilindro falle.

Tabla # 13. Resistencia a corte de las muestras inalteradas

Muestra	w%	γ_m (gr/cm³)	γ_d (gr/cm³)	q_u (T/m²)	q_{adm} (T/m²)	c (T/m²)
1	172,86	1,271	0,466	1,46	0,49	0,73
2	172,86	1,247	0,457	1,74	0,58	0,87
Promedio	172,86	1,259	0,461	1,60	0,53	0,80

Autor: Israel Guamán

4.1.10. Resistencia a la compresión simple del suelo estabilizado

El suelo debe pasar el tamiz #4, para cada bloque se toma una muestra de suelo de 6000 gr y se añade el respectivo porcentaje del Cal o Cloruro de Sodio. Por cada porcentaje se tomarán dos muestras y se ensayarán a los 7, 14 y 21 días. Los porcentajes para estabilizar con Cal y Cloruro de Sodio serán del 0%, 2,5%, 7,5% y 12,5%. Se mezcla uniformemente cada porcentaje y se le añade agua hasta su contenido de humedad óptimo. Colocar una tabla trípex en la máquina CYMBA RAM, colocar el suelo en dos capas y en cada capa nivelar. Prensar el bloque y dejarlo en un lugar seguro para ensayarlo después de 7, 14 y 21 días en la máquina de compresión simple.

Tabla # 14. Promedio de propiedades índice y resistencia de los bloques con diferentes porcentajes

	% Agente Estabilizador	Curado	w%	% de Esponjamiento	% Humedad perdida	ym gr/cm ³	yd gr/cm ³	e	n%	Ga%	Gw%	Gs gr/cm ³	q _{ult} Kg/cm ²	q _{adm} Kg/cm ²	c Kg/cm ²
Cal	0	7	50,90	2,85	18,35	1,378	0,913	1,966	66,28	70,12	29,88	2,71	2,00	0,67	1,00
		14	50,90	4,46	26,31	1,383	0,917	1,956	66,17	70,49	29,51	2,71	2,75	0,92	1,38
		21	50,90	5,12	33,06	1,378	0,913	1,967	66,30	70,08	29,92	2,71	3,30	1,10	1,65
	2,5	7	54,91	1,35	5,72	1,350	0,871	2,109	67,83	70,55	29,45	2,71	3,50	1,17	1,75
		14	54,91	3,78	9,11	1,347	0,870	2,115	67,89	70,35	29,65	2,71	3,90	1,30	1,95
		21	54,91	4,97	21,44	1,358	0,877	2,090	67,64	71,18	28,82	2,71	4,30	1,43	2,15
	7,5	7	60,09	1,27	5,95	1,331	0,832	2,207	68,82	72,61	27,39	2,67	4,60	1,53	2,30
		14	60,09	2,55	11,02	1,329	0,830	2,213	68,87	72,42	27,58	2,67	5,90	1,97	2,95
		21	60,09	4,09	23,03	1,344	0,840	2,177	68,52	73,61	26,39	2,67	6,20	2,07	3,10
	12,5	7	65,73	0,83	7,42	1,311	0,791	2,341	70,07	74,20	25,80	2,64	6,05	2,02	3,03
		14	65,73	2,09	12,95	1,314	0,793	2,334	70,00	74,44	25,56	2,64	7,70	2,57	3,85
		21	65,73	3,22	24,65	1,308	0,789	2,349	70,14	73,95	26,05	2,64	8,05	2,68	4,03
Cloruro de Sodio	0	7	50,90	2,85	18,35	1,378	0,913	1,966	66,28	70,12	29,88	2,71	2,00	0,67	1,00
		14	50,90	4,46	26,31	1,383	0,917	1,956	66,17	70,49	29,51	2,71	2,75	0,92	1,38
		21	50,90	5,12	33,06	1,378	0,913	1,967	66,30	70,08	29,92	2,71	3,30	1,10	1,65
	2,5	7	47,05	1,98	6,82	1,444	0,982	1,743	63,55	72,71	27,29	2,69	3,80	1,27	1,90
		14	47,05	3,44	12,82	1,437	0,977	1,757	63,73	72,13	27,87	2,69	6,00	2,00	3,00
		21	47,05	4,02	18,12	1,448	0,985	1,736	63,44	73,04	26,96	2,69	6,55	2,18	3,28
	7,5	7	44,00	3,53	4,48	1,482	1,029	1,591	61,41	73,75	26,25	2,67	2,15	0,72	1,08
		14	44,00	5,66	7,97	1,475	1,024	1,604	61,60	73,16	26,84	2,67	4,10	1,37	2,05
		21	44,00	11,17	13,33	1,481	1,028	1,594	61,45	73,64	26,36	2,67	4,00	1,33	2,00
	12,5	7	41,33	4,70	2,22	1,504	1,064	1,484	59,73	73,64	26,36	2,64	1,25	0,42	0,63
		14	41,33	8,95	4,74	1,503	1,063	1,486	59,77	73,51	26,49	2,64	1,52	0,51	0,76
		21	41,33	18,70	7,70	1,507	1,066	1,479	59,65	73,88	26,12	2,64	2,90	0,97	1,45

Autor: Israel Guamán

4.1.11. Contenido de humedad óptimo y densidad máxima (AASHTO T-180 B)

El contenido de humedad óptimo y la densidad máxima se obtiene mediante el ensayo Próctor modificado método B, el cual se utiliza para suelos finos, el peso del martillo es de 10 lb, con un molde de 6" y una energía de compactación de 12317 Kg ft/ft³.

La muestra tiene que estar secada al ambiente, se pesan 4 muestras de 6000 gr y en cada una se aumenta un porcentaje de agua con la finalidad de llegar a la densidad máxima y humedad óptima, pasando ese punto la densidad disminuirá.

En cada muestra se divide en 5 partes iguales lo cual se colocará en el molde cada parte y se compactará con el martillo dando 56 golpes por cada capa. Se extrae el collarín del molde y se enraza la muestra con la finalidad de pesar y determinar la densidad del suelo en el molde.

Tabla # 15. Densidades máximas y contenidos de humedad óptimo

	% Agente estabilizador	$\gamma_{dm\acute{a}x}$ gr/cm ³	w% opt %	diferencia en % del γ	diferencia W%
Suelo natural	0	1,531	35,3	0,00	0,00
Suelo - Cal	2,5	1,501	36,4	-1,96	1,10
	7,5	1,464	38,2	-4,38	2,90
	12,5	1,418	39,5	-7,38	4,20
Suelo - Cloruro de Sodio	2,5	1,549	32,5	1,18	-2,80
	7,5	1,589	31,4	3,79	-3,90
	12,5	1,602	30,5	4,64	-4,80

Autor: Israel Guamán

4.1.12. Capacidad portante del suelo (ASTM D-1883)

Para determinar la capacidad portante del suelo es necesario realizar un ensayo de CBR con el suelo natural y el suelo estabilizado con el porcentaje óptimo de Cal y Cloruro de Sodio. Para el ensayo se tiene que tener el valor del contenido de humedad óptimo.

Se preparan 3 muestras de 6000 gr que pase el tamiz #4, para el suelo natural se mezcla colocando el contenido de humedad óptimo y para los suelos estabilizados con Cal y Cloruro de Sodio primero se mezcla el porcentaje óptimo del agente estabilizador y luego se mezcla con el porcentaje óptimo de contenido de humedad. Para cada molde se separa la muestra en 5 partes iguales.

El peso del martillo es de 10 lb, con un molde de 6", para el primer molde se da 11 golpes con el martillo en 5 capas, para el segundo molde se da 27 golpes con el martillo en 5 capas y el tercer molde se da 56 golpes con el martillo en 5 capas. Una vez compactadas las muestras de suelo se dejan sumergidas en el agua durante 3 días y se coloca un deformímetro el cual debe tomar una lectura al colocar el deformímetro y durante cada día a la misma hora. Cuando haya pasado los tres días se deja escurrir el agua durante 15 min antes de ensayar las muestras.

Tabla # 16. CBR para suelo natural y estabilizados con Cal y Cloruro de Sodio

	% Agente estabilizador	# golpes	$\gamma_{m\acute{a}x}$ gr/cm ³	Esponjamiento %	W% absorbida	95% $\gamma_{m\acute{a}x}$ gr/cm ³	CBR %
Suelo Natural	0	56	1,499	0,43	10,80	1,424	4,85
		27	1,448	0,52	14,12		
		11	1,380	0,58	17,16		
Suelo - Cal	2,5	56	1,467	0,27	9,17	1,394	13,45
		27	1,425	0,31	12,50		
		11	1,354	0,36	14,36		
	7,5	56	1,442	0,22	7,44	1,369	20,8
		27	1,404	0,28	9,45		
		11	1,351	0,31	12,22		
	12,5	56	1,406	0,18	6,52	1,335	26,00
		27	1,346	0,24	8,21		
		11	1,306	0,27	10,65		
Suelo - Cloruro de Sodio	2,5	56	1,521	0,29	9,59	1,445	9,3
		27	1,478	0,39	13,71		
		11	1,421	0,46	15,58		
	7,5	56	1,562	0,31	8,73	1,484	7,55
		27	1,491	0,41	12,42		
		11	1,428	0,52	14,68		
	12,5	56	1,573	0,47	7,36	1,495	5,80
		27	1,518	0,47	10,26		
		11	1,454	0,56	13,09		

Autor: Israel Guamán

4.1.13. pH del suelo (AOAC 942.15)

Tabla # 17. Valores de pH del suelo natural y estabilizado con cal y cloruro de sodio

	% Agente estabilizador	pH
Suelo natural	0	5,95
suelo - cal	2,5	9,61
	7,5	10,9
	12,5	10,83
suelo - cloruro de sodio	2,5	5,57
	7,5	5,7
	12,5	5,72

Autor: Israel Guamán

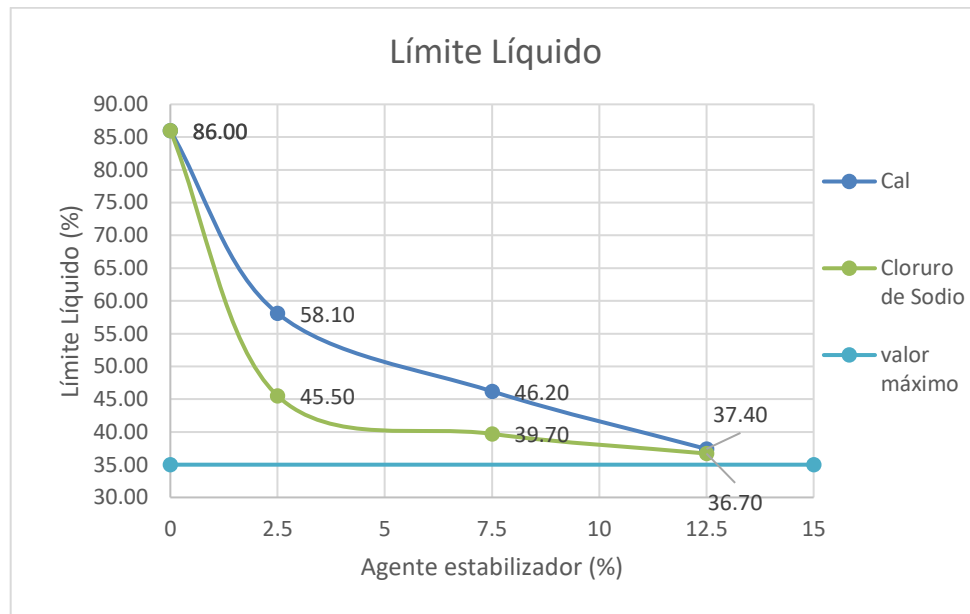
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizados los ensayos correspondientes se realizará la comparación de los resultados permitiendo analizar el comportamiento con los dos estabilizadores (cal y cloruro de sodio) y los diversos porcentajes (2,5% – 7,5% – 12,5%). Se mencionarán las propiedades que tuvieron relevancia en la presente investigación.

4.2.1. Interpretación de datos de los Límites Atterberg

4.2.1.1. Límite Líquido

Gráfica # 7. Curva del Límite Líquido del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



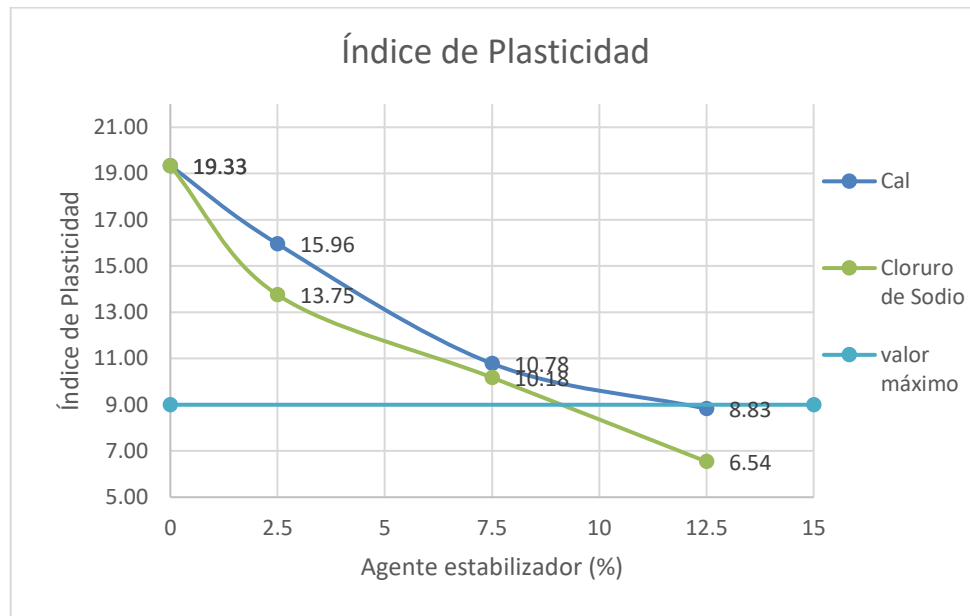
Autor: Israel Guamán

Interpretación: El ensayo de límite líquido muestra que el suelo no es apto para una estabilización de suelo de una subrasante debido a que su contenido de humedad supera al máximo establecido por las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la república del Ecuador de la sección 402 (Mejoramiento de la subrasante), el cual el máximo valor es de 35%.

Se observa que la curva del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio está más baja que la estabilizada con la Cal por lo que su contenido de humedad es menor hasta el porcentaje de 12.5% lo cual su resultado es muy similar. Por lo tanto, el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con porcentajes de 2,5% y 7,5% se comporta de mejor manera que el suelo estabilizado con Cal.

4.2.1.2. Índice de plasticidad

Gráfica # 8. Curva del Índice de Plasticidad del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



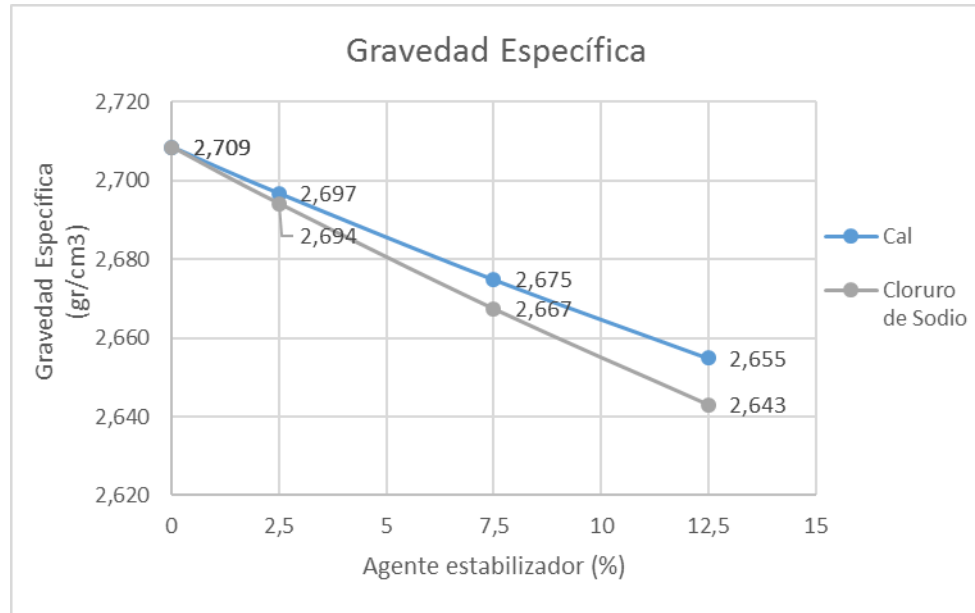
Autor: Israel Guamán

Interpretación: El Índice de Plasticidad muestra que el suelo no cumple con los porcentajes de 2,5% y 7,5% en ambas estabilizaciones, mientras que con 12,5% el suelo estabilizado con Cal y Cloruro de Sodio cumple con lo establecido por las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del Ecuador de la sección 402 (Mejoramiento de la subrasante), el cual dice que el Índice de plasticidad tiene que ser máximo 9.

Se observa que la curva del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio está más baja que la estabilizada con la Cal por lo que se comportaría de mejor manera el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio que con Cal utilizando todos los porcentajes.

4.2.2. Interpretación de datos de la Gravedad Específica

Gráfica # 9. Diagrama de la Gravedad Específica del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

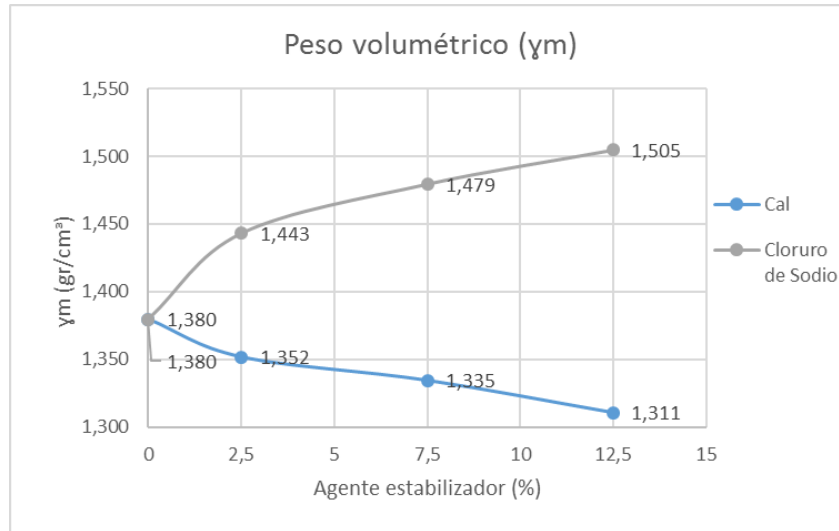
Interpretación: Se observa que mientras mayor sea el porcentaje del estabilizador la gravedad específica disminuye, lo cual mejora sus propiedades índice, la gráfica del Cloruro de Sodio tiene valores más bajos que la gráfica de la Cal.

4.2.3. Interpretación de las propiedades del suelo estabilizado mediante el ensayo de compresión simple

4.2.3.1. Propiedades Índice

Peso volumétrico

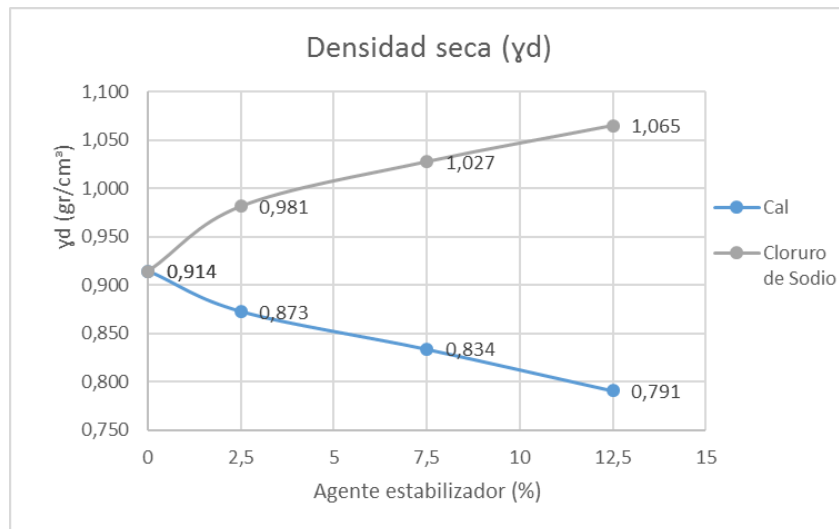
Gráfica # 10. Curva del Peso Volumétrico del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Densidad Seca

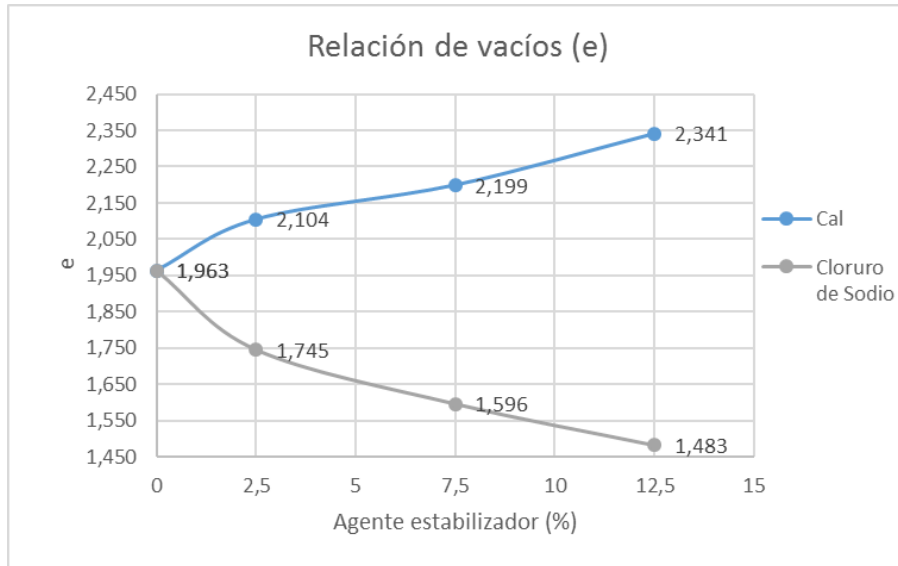
Gráfica # 11. Curva de la Densidad Seca del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Relación de vacíos

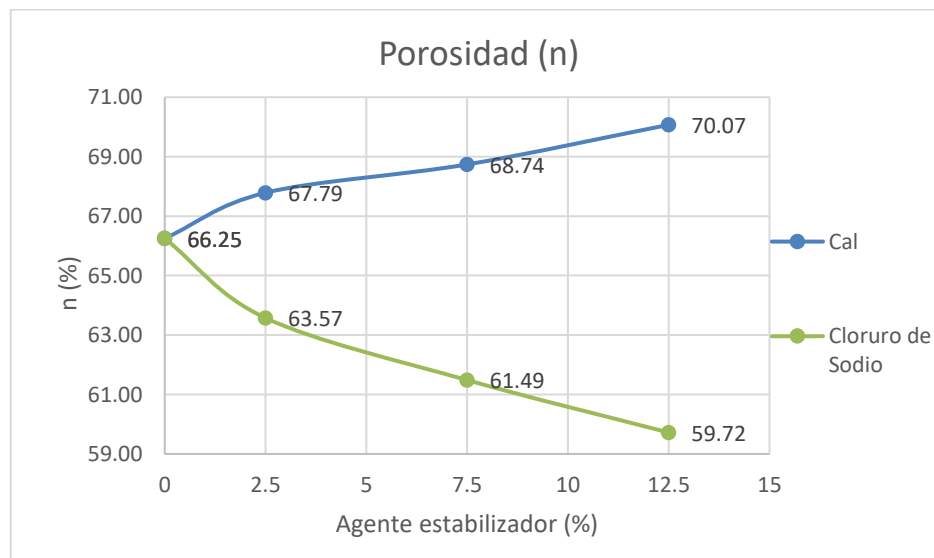
Gráfica # 12. Curva de la Relación de vacíos del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Porosidad

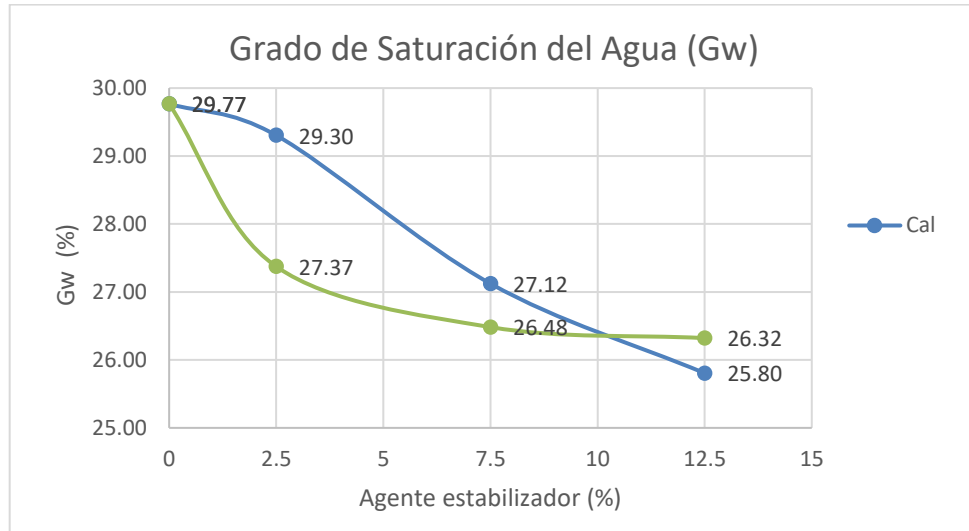
Gráfica # 13. Curva de la Porosidad del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Grado de Saturación del Agua

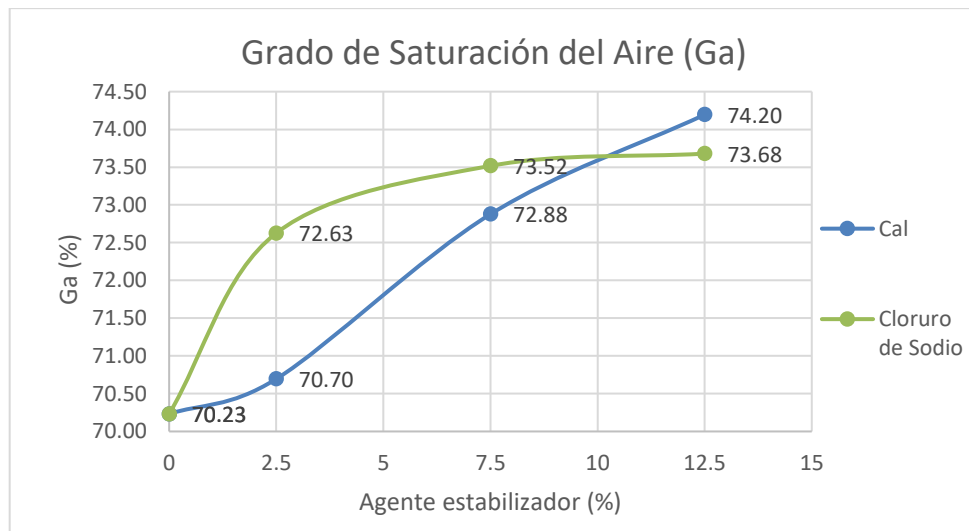
Gráfica # 14. Curva del Grado de Saturación del Agua del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Grado de Saturación del Aire

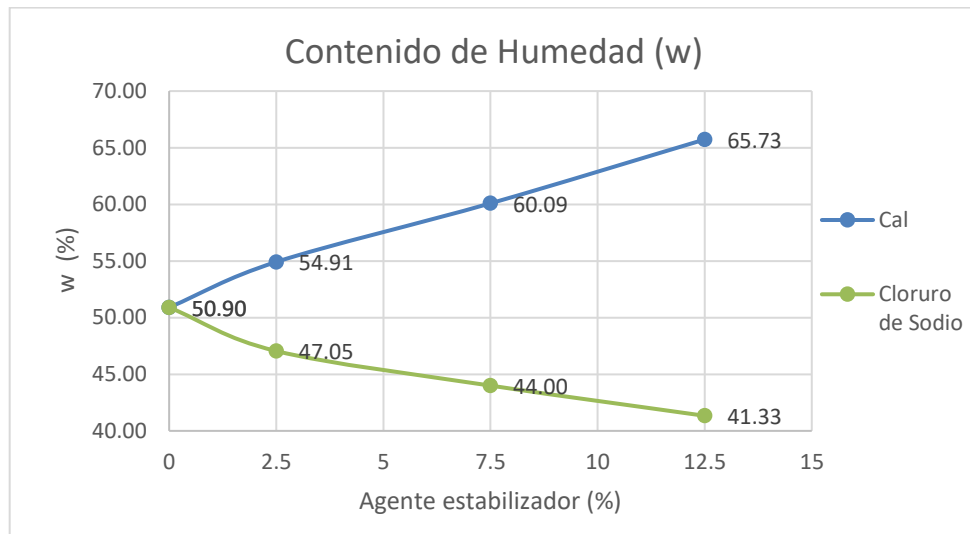
Gráfica # 15. Curva del Grado de Saturación del Aire del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Contenido de Humedad

Gráfica # 16. Curva del Contenido de Humedad del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Interpretación: Se visualiza que las propiedades del Peso Volumétrico y la Densidad Seca la curva del Cloruro de Sodio va de forma ascendente mientras mayor sea la cantidad empleada en el suelo en estudio, mientras que la curva de la Cal va en forma descendente mientras mayor sea la cantidad que se emplea en el suelo de estudio.

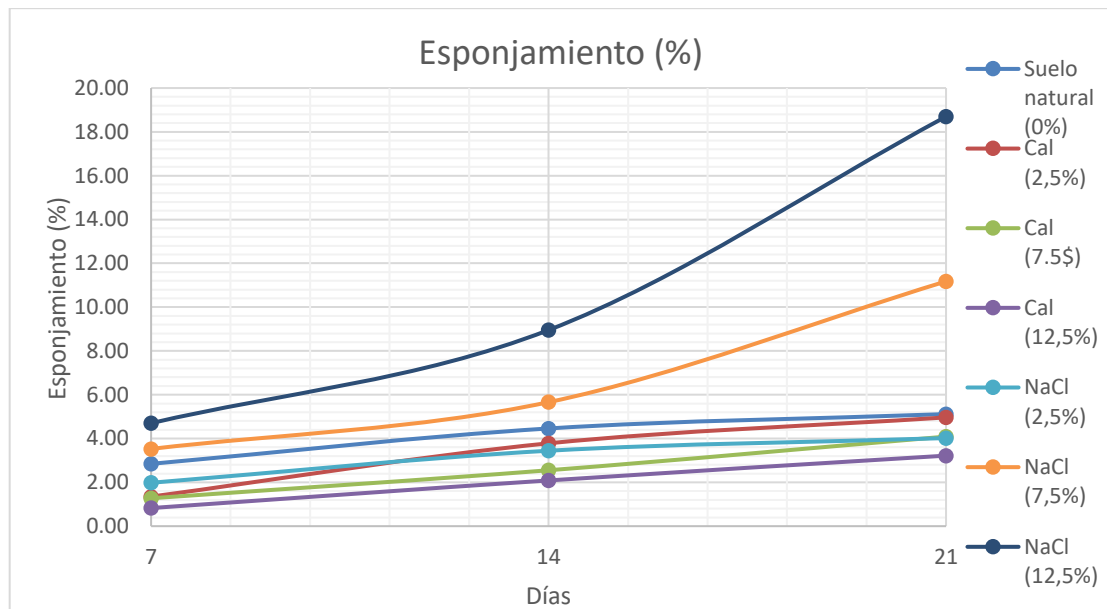
Se visualiza que la Relación de vacíos, la porosidad y el Contenido de Humedad sus curvas son muy similares y su comportamiento es el opuesto a las curvas del Peso Volumétrico y la Densidad Seca ya que mientras mayor es el porcentaje del Cloruro de Sodio la curva va de forma descendente y mientras mayor sea el porcentaje de Cal la curva va de forma ascendente.

Para las propiedades mencionadas el suelo estabilizado muestra un mejor comportamiento con el Cloruro de Sodio mejorando progresivamente mientras que con la Cal sucede lo contrario lo cual disminuye sus propiedades índice. Para el Grado de Saturación del Agua y el Grado de Saturación del Aire en ambas curvas mejora sus propiedades mientras mayor

sea el porcentaje, pero las curvas hasta el porcentaje de 7,5% muestra un mejor comportamiento en el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio mientras que en el 12,5% muestra un mejor comportamiento en el suelo estabilizado con Cal.

4.2.3.2. Esponjamiento

Gráfica # 17. Curva del Esponjamiento del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



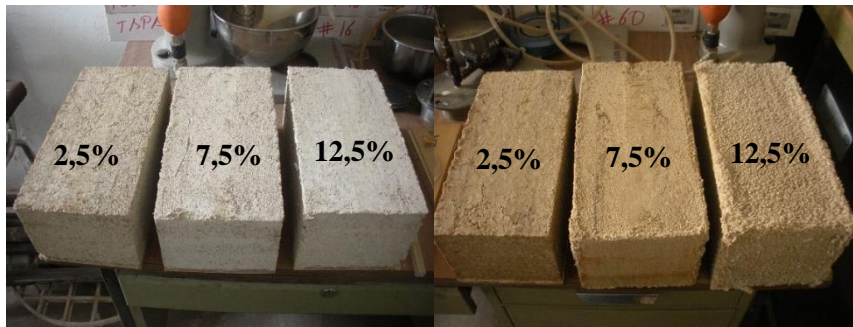
Autor: Israel Guamán

Interpretación: El Esponjamiento muestra un mejor comportamiento con las curvas del suelo estabilizado con Cal que en el suelo natural, mientras mayor sea el porcentaje de Cal menor va a ser el esponjamiento del suelo.

Mientras que con la curva del Cloruro de Sodio para el porcentaje del 2,5% el esponjamiento es menor que el suelo natural y mayor que el suelo estabilizado con Cal con 2,5%. Para el porcentaje de 7,5% y 12,5% las curvas del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio van de forma ascendente alejándose de las otras curvas lo cual el esponjamiento es mucho mayor que los anteriores mencionados y este comportamiento se debe a que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con 7,5% y 12,5% es expulsado del

suelo dándole un mayor esponjamiento a partir del día 14 lo cual se deduce que no se puede estabilizar con un alto contenido de Cloruro de Sodio.

Gráfica # 18. Esponjamiento de bloques estabilizados con Cal y Cloruro de Sodio a los 21 días de edad.

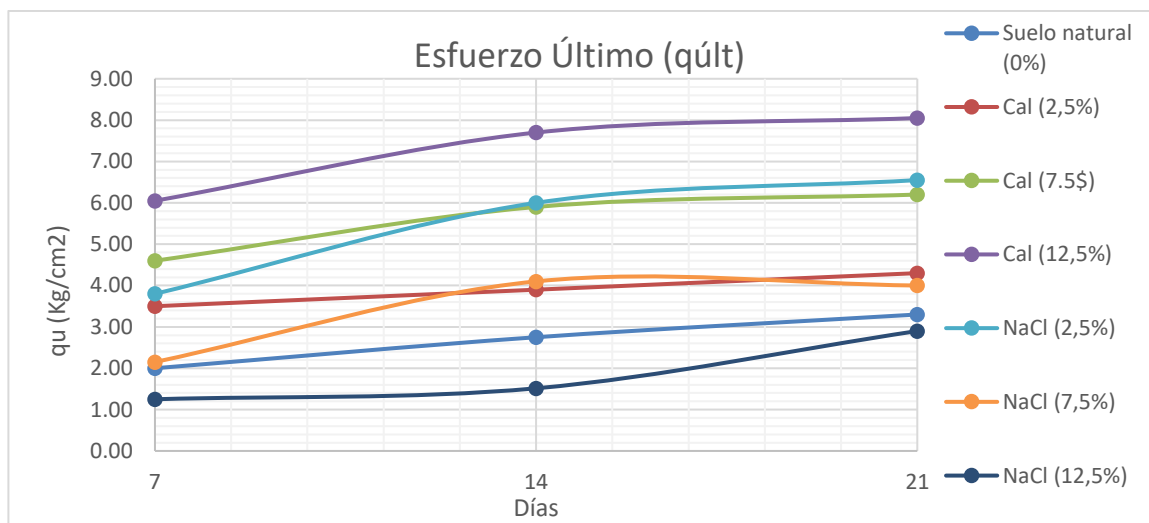


Autor: Israel Guamán

4.2.3.3. Resistencia a la compresión Simple

Esfuerzo Último

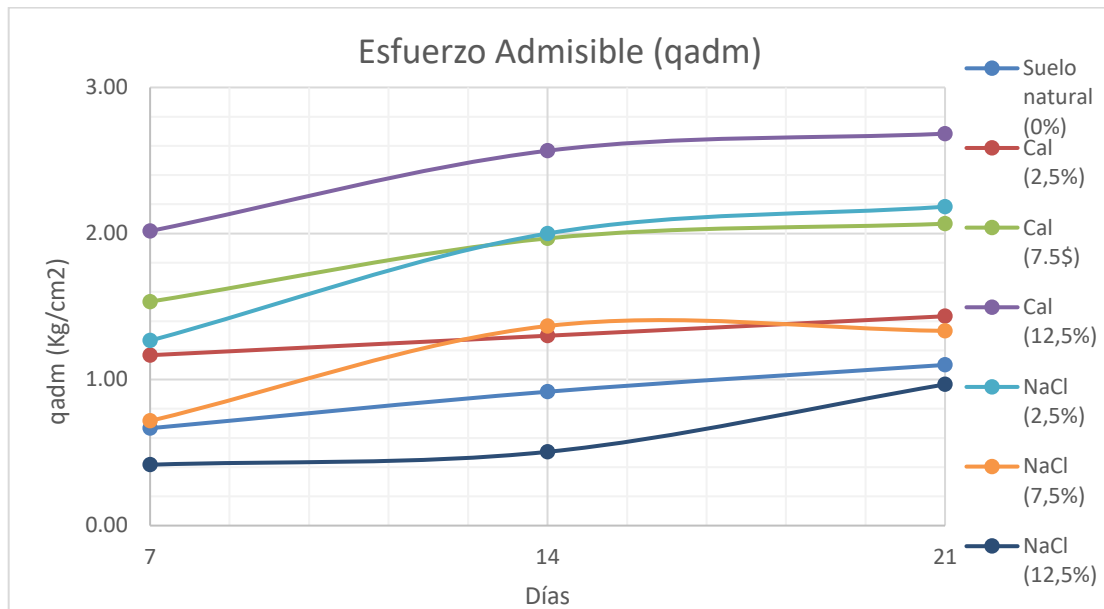
Gráfica # 19. Curva de la Esfuerzo último del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Esfuerzo Admisible

Gráfica # 20. Curva de la Esfuerzo Admisible del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Interpretación: Se determinó que la resistencia a la compresión del suelo in situ tiene un $q_u = 0,173 \text{ Kg/cm}^2$ y un $q_{adm} = 0,058 \text{ Kg/cm}^2$ lo cual se observa que son valores muy bajos a los de las gráficas # 19 y 20 por lo que el suelo natural a los 7 días tiene una mayor resistencia $q_u = 2,00 \text{ Kg/cm}^2$ y un $q_{adm} = 0,67 \text{ Kg/cm}^2$. Teniendo en cuenta que el q_{adm} se determina con un factor de seguridad de 3.

Se observa que las curvas del suelo estabilizado con Cal tienen una mayor resistencia que el suelo natural. Y con cada porcentaje va aumentando su resistencia hasta llegar al 12,5% que es la curva con mayor resistencia. Mientras que las curvas del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con un porcentaje de 2,5% tiene una resistencia mejor que con el suelo estabilizado con Cal con porcentajes del 2,5% y 7,5%.

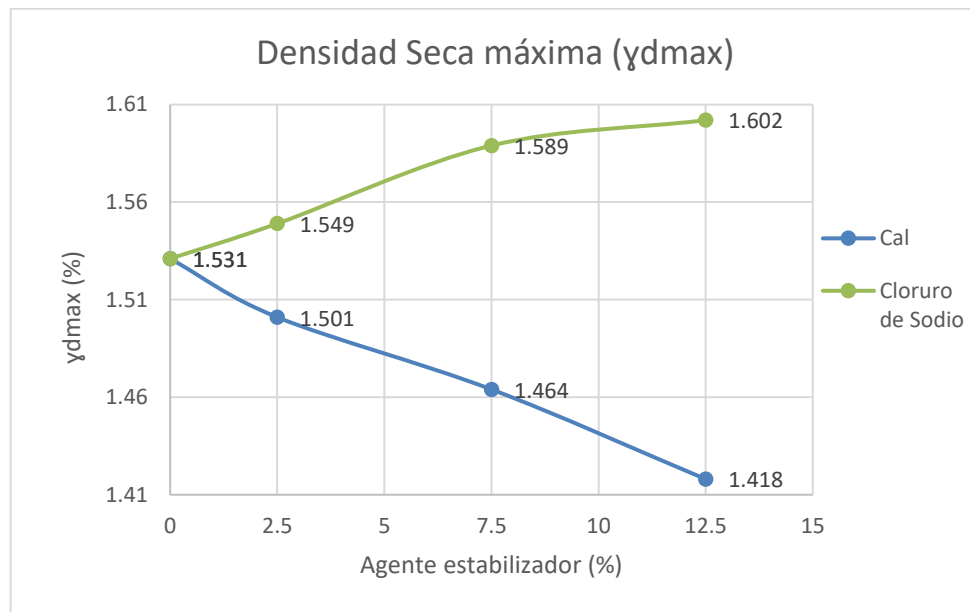
Para suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con un porcentaje de 7,5% disminuye su resistencia que con el suelo estabilizado con Cal con 2,5% hasta el día 14 gana resistencia y es mayor que el suelo estabilizado con Cal con 2,5% y es debido a que el Cloruro de Sodio retiene la humedad del bloque, pero a partir del día 21 pierde su resistencia y se debe a que el suelo empieza a secarse y rechaza una parte del Cloruro de Sodio.

Para suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con un porcentaje de 12,5% disminuye su resistencia más que todas sus curvas y se debe por el exceso del Cloruro de Sodio.

4.2.4. Capacidad de soporte del suelo

4.2.4.1. Densidad Seca máxima

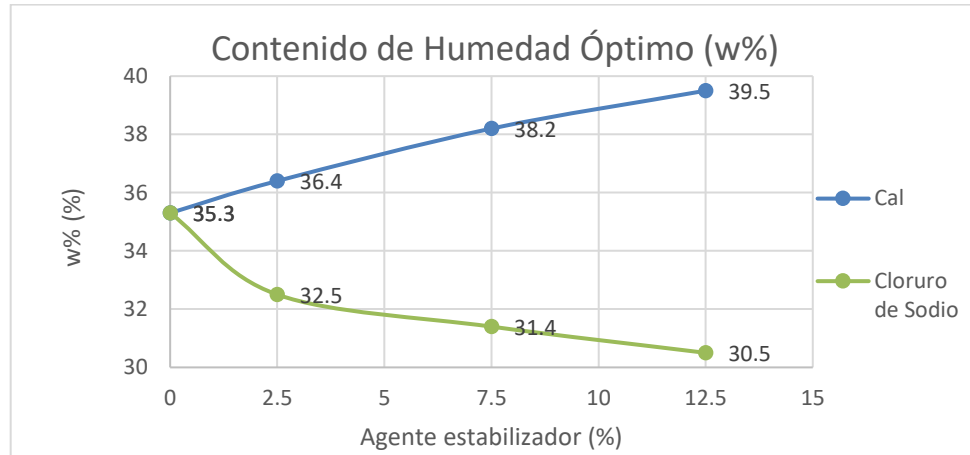
Gráfica # 21. Curva del Densidad Seca máxima del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

4.2.4.2. Contenido de Humedad óptimo

Gráfica # 22. Curva del Contenido de Humedad Máximo del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

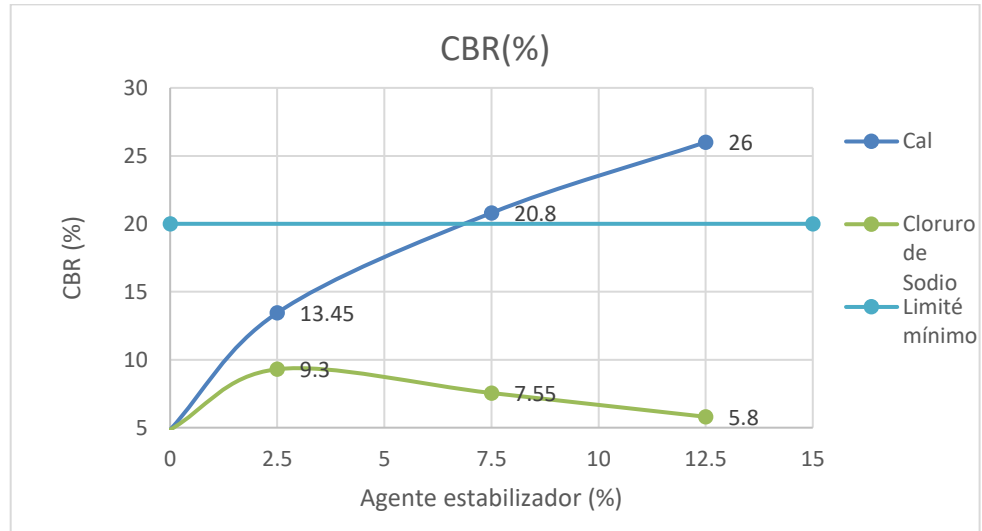
Interpretación: Se puede observar en las curvas un comportamiento similar que la de los bloques, las densidades son más altas y los contenidos de humedad son más bajos. Las densidades del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio van de manera ascendente mientras más sea el porcentaje que se añade a la estabilización, las densidades del suelo estabilizado con Cal van de manera descendente mientras mayor sea el porcentaje que se utilice para la estabilización.

Los contenidos de humedad máximos del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio van de manera descendente mientras más sea el porcentaje que se añade a la estabilización, las densidades del suelo estabilizado con Cal van de manera ascendente mientras mayor sea el porcentaje que se utilice para la estabilización.

La relación de la densidad y el contenido de humedad de la muestra indica que mientras más se utilice el Cloruro de Sodio en la estabilización se aumenta su densidad y requiere menor agua para su compactación, por lo tanto, mientras más se utilice la Cal en la estabilización se disminuye su densidad y requiere mayor agua para su compactación.

4.2.4.3. CBR

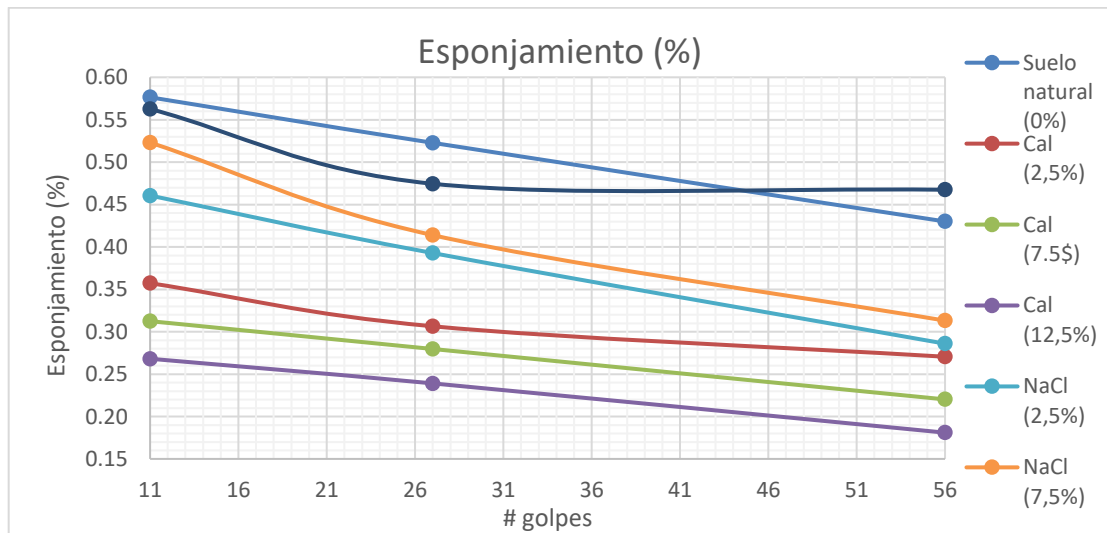
Gráfica # 23. Curva del CBR del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

4.2.4.4. Esponjamiento muestra sumergida

Gráfica # 24. Curva del Esponjamiento del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Interpretación: Se observa que en las curvas de los suelos estabilizados con Cal y Cloruro de Sodio los valores de esponjamiento son menor que el suelo natural, solo en el caso del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con 12,5% el cual el esponjamiento es mayor que el suelo natural.

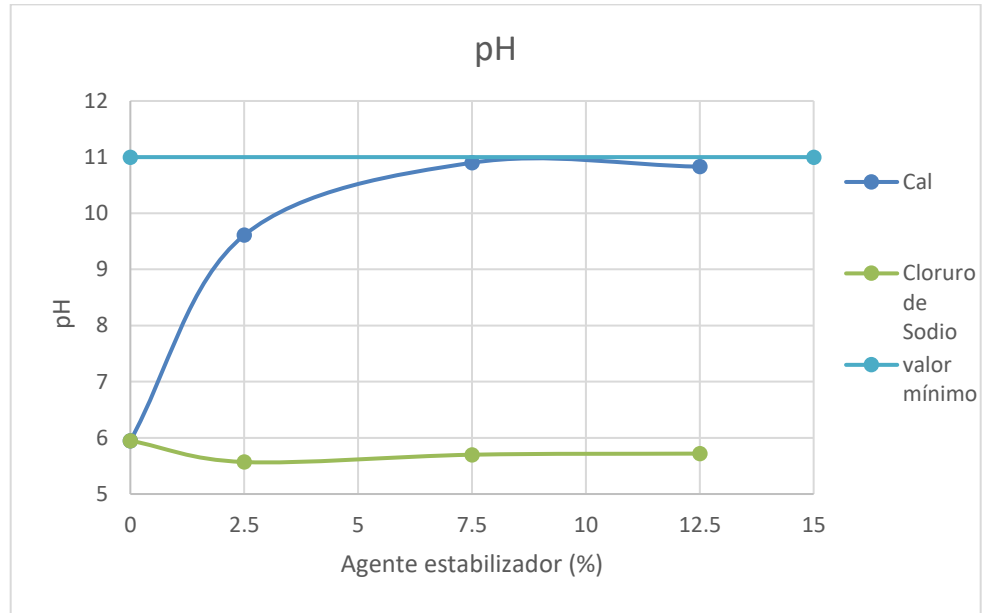
Para el suelo estabilizado con Cal mientras mayor sea el porcentaje del estabilizador, menor es el esponjamiento sumergido, para el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con el 2,5% el esponjamiento es menor que el suelo natural, para el 7,5% el esponjamiento es mayor que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio 2,5% y para el porcentaje de 12,5% el esponjamiento para 56 golpes es mayor que el suelo natural.

Se visualiza en la curva del suelo estabilizado con Cal que el porcentaje de 7,5% y 12,5% cumplen con lo establecido por las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la república del Ecuador de la sección 402 (Mejoramiento de la subrasante), el cual dice que el CBR mínimo es de 20%. Mientras que el porcentaje de 2,5% no cumple con lo establecido en las especificaciones técnicas. Para el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con todos los porcentajes no cumplen con las especificaciones técnicas.

La curva del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio tiende a ganar resistencia hasta un porcentaje bajo y luego disminuye el porcentaje de penetración.

4.2.5. pH del suelo

Gráfica # 25. Curva del pH del suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio



Autor: Israel Guamán

Interpretación: Se visualiza en la curva del suelo estabilizado con Cal que el porcentaje de 7,5% el pH= 10,9 y el de 12,5% el pH=10,83 lo cual se aproxima con lo establecido por las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la república del Ecuador de la sección 402-3 (Subrasante estabilizada con Cal), el cual dice que el pH del suelo mínimo es de 11. Para el pH del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio no dispone de una normativa para su control.

En la curva del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio se observa que tiene una pequeña disminución lo cual el suelo se vuelva un poco más ácido, pero mientras más Cloruro de Sodio se utilice en el suelo no existe incremento en la acidez. Mientras que el suelo estabilizado con Cal muestra una curva que incrementa su valor hasta el 7.5% y en el 12.5% su valor vuelve a descender.

4.2.6. Porcentaje óptimo

Tabla # 18. Resumen de las propiedades de los porcentajes óptimos

Propiedades	Descripción	Simbolo	Cal 12,5%	Cloruro de Sodio 2.5%
Índice	Límite Líquido	LL (%)	37,40	45,50
	Índice Plástico	IP (%)	8,83	13,75
	Gravedad Específica	Gs	2,655	2,694
	Contenido de Humedad óptimo	W% opt (%)	39,5	32,5
	Densidad seca Máxima	γ_{dmax} (gr/cm ³)	1,418	1,602
Técnicas	Esfuerzo Último 7 días	qult (kg/cm ²)	6,05	3,80
	Esfuerzo Último 14 días	qult (kg/cm ²)	7,70	6,00
	Esfuerzo Último 21 días	qult (kg/cm ²)	8,05	6,55
	Esfuerzo Admisible 7 días	qadm (kg/cm ²)	2,02	1,27
	Esfuerzo Admisible 14 días	qadm (kg/cm ²)	2,57	2,00
	Esfuerzo Admisible 21 días	qadm (kg/cm ²)	2,68	2,18
	Capacidad de Soporte	CBR (%)	26,00	9,3
Químicas	Acidez del suelo	pH	10,83	5,57

Autor: Israel Guamán

Interpretación: El porcentaje óptimo del Cloruro de Sodio demuestra un mejor comportamiento en el Contenido de Humedad óptimo y la Densidad seca máxima lo cual es favorable para la compactación, pero en su resistencia no es favorable. Lo contrario sucede con la Cal ya que el porcentaje de 12,5 demuestra ser el más adecuado para estabilizar un suelo arcilloso, debido a que mejora sus propiedades técnicas como el qadm y el CBR, pero para su aplicación requiere de mayor cantidad de agua y del agente estabilizador.

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Una vez realizado los ensayos de laboratorio e in situ se determinó el porcentaje óptimo de cal y cloruro de sodio para un suelo arcilloso de alta plasticidad, donde se propone las siguientes hipótesis:

Ho: ¿Cuál de los métodos químicos Cal o Cloruro de Sodio no mejorarán el comportamiento de un suelo arcilloso?

Hi: ¿Cuál de los métodos químicos Cal o Cloruro de Sodio mejorarán el comportamiento de un suelo arcilloso?

Para verificar la hipótesis se utilizará los valores máximos y mínimos de las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del Ecuador de la sección 402 (Mejoramiento de la subrasante) y sección 402-3 (Subrasante estabilizada con Cal), en donde se obtendrá valores aceptables para la estabilización de un suelo arcilloso.

- Hipótesis Nula:
 - Límite líquido $LL > 35\%$
 - Índice plástico $IP > 9$
 - CBR $CBR < 20\%$
 - pH $pH > 11$ (Cal)
 $5 > pH > 8$ (Cloruro de Sodio)
- Hipótesis Afirmativa:
 - Límite líquido $LL \leq 35\%$
 - Índice plástico $IP \leq 9$
 - CBR $CBR \geq 20\%$
 - pH $pH \leq 11$ (Cal)
 $5 \leq pH \leq 8$ (Cloruro de Sodio)

Porcentaje óptimo:	Cal	12,5%
	Cloruro de Sodio	2,5%

Hipótesis Nula

		12,5% Cal	2,5% Cloruro de Sodio
Límite líquido	LL > 35%	37% > 35%	45,5% > 35%
Índice plástico	IP > 9	8,83 < 9	13,75 > 9
CBR	CBR < 20%	26% > 20%	9,3% < 20%
pH	pH < 11 - 5 > pH > 8	10,83 < 11	5 < 5,57 < 8

Se comprueba que los valores de la estabilización con cloruro de sodio cumplen con los valores establecidos, de esta manera se acepta la hipótesis nula (**H₀**) y el porcentaje óptimo de cloruro de sodio no es apto para estabilizar un suelo arcilloso, mientras que los valores de la estabilización con cal no cumplen con los valores establecidos, excepto con el límite líquido y pH, pero sus valores son aproximados a los establecidos por lo que se rechaza la Hipótesis nula (**H₀**).

Hipótesis Afirmativa

		12,5% Cal	2,5% Cloruro de Sodio
Límite líquido	LL ≤ 35%	37% > 35%	45,5% > 35%
Índice plástico	IP ≤ 9	8,83 < 9	13,75 > 9
CBR	CBR ≥ 20%	26% > 20%	9,3% < 20%
pH	pH ≥ 11 - 5 ≤ pH ≤ 8	10,83 < 11	5 < 5,57 < 8

Se comprueba que los valores de la estabilización con cloruro de sodio no cumplen con los valores a los establecidos, de esta manera se rechaza la Hipótesis Afirmativa (**H₁**), mientras que los valores de la estabilización con cal cumplen con los valores establecidos, excepto el límite líquido y el índice plástico, pero sus valores son aproximados a los establecidos por lo que se acepta la Hipótesis Afirmativa (**H₁**) por lo tanto el porcentaje óptimo de cal es apto para estabilizar un suelo arcilloso.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

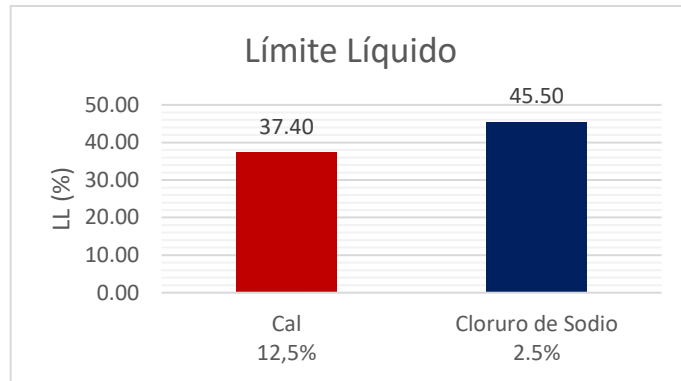
- Se observó que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio mientras mayor sea el porcentaje que se utilice mejora su trabajabilidad y su compactación es más rápida al momento de realizar los bloques para el ensayo de compresión simple. Con el suelo estabilizado con Cal se observó que también mejoró su trabajabilidad pero no tanto como el Cloruro de Sodio.
- En el ensayo de límites Atterberg los resultados del límite líquido de las dos estabilizaciones con Cal y Cloruro de Sodio utilizando todos los porcentajes se determinó que el suelo no cumple con lo establecido por las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del Ecuador de la sección 402 (Mejoramiento de la subrasante) por lo cual el suelo en estudio no puede ser utilizado para una estabilización de una subrasante, pero con el último porcentaje de 12,5% con la estabilización de Cal y Cloruro de Sodio con valores de 37,4% y 36,7% respectivamente se acercan al valor mínimo de 35 por lo que se podría considerar para estabilizar el suelo.
- Se determinó que el Índice de Plasticidad con la estabilización de Cal y Cloruro de Sodio utilizando 12,5% tiene valores de 8,83 y 6,54 respectivamente por lo que cumple con lo establecido por las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del Ecuador de la sección 402 (Mejoramiento de la subrasante) y sus valores son menores a 9.

- Se observó que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio tiene valores más bajos en los Límites Atterberg que el suelo estabilizado con Cal. Por lo tanto, el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio se comporta de mejor manera que el suelo estabilizado con Cal.
- Se observó que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio muestra un mejor comportamiento en las propiedades índice que el suelo natural, mientras tanto con el suelo estabilizado con Cal sus propiedades índice disminuyen con respecto al suelo natural.
- En el tiempo de curado de los bloques de suelo estabilizado se observó que el Esponjamiento en el suelo estabilizado con Cal, que mientras mayor sea el porcentaje que se utilice menor es el esponjamiento. Mientras que en el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio el comportamiento es lo contrario, mientras mayor sea el porcentaje del Cloruro de Sodio, mayor es el esponjamiento.
- Se observó que los bloques de suelo estabilizado con Cloruro de Sodio retienen la humedad, al ensayar los bloques al día 7 los bloques perdían muy poca humedad, al día 14 se mostraban los bloques húmedos.
- Se estableció que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con un porcentaje de 2,5% presentó una resistencia mayor que con un suelo estabilizado con Cal con porcentajes del 2,5% y 7,5%. Mientras que el suelo estabilizado con Cal con porcentaje de 12,5% presentó la mejor resistencia de los suelos estabilizados.
- Para realizar una estabilización con Cloruro de Sodio se requiere menor cantidad de agua para llegar a su contenido de humedad óptimo, mientras que ocurre lo contrario para una estabilización con Cal, ya que requiere mayor cantidad de agua para llegar a su contenido de humedad óptimo.
- Las densidades del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio son más altas con las densidades del suelo estabilizado con Cal. Mientras mayor sea el porcentaje de Cloruro de Sodio que se utilice la densidad aumenta progresivamente, lo contrario sucede con la Cal, mientras mayor sea el porcentaje de Cal que se utilice la densidad va disminuyendo.

- Se estableció que el CBR del suelo estabilizado con Cal para los porcentajes de 7,5% y 12,5% con valores de 20,8% y 26% cumplen con lo establecido por las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del Ecuador de la sección 402 (Mejoramiento de la subrasante) y son mayores que el CBR mínimo que es de 20%. Mientras que para el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio no cumple con la especificación.
- El pH del suelo estabilizado con Cal con el porcentaje de 7,5% y 12,5 es de 10,9 y 10,83 lo cual se aproxima al valor mínimo de 11 que lo establece las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del Ecuador de la sección 402-3 (Subrasante estabilizada con Cal). Para el Cloruro de Sodio no existe un parámetro mínimo.
- El suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con todos los porcentajes se observó que tiene una pequeña disminución en el pH por lo que aumenta su acidez por lo que el pH del suelo no se ve afectado por la cantidad que se utilice para su estabilización.
- El contenido de humedad natural del suelo es de 172,86% lo cual es muy alto a los contenidos de humedad óptima del suelo para estabilizar, por lo tanto, la presente investigación se considera solo teórica y no se puede realizar su aplicación práctica.

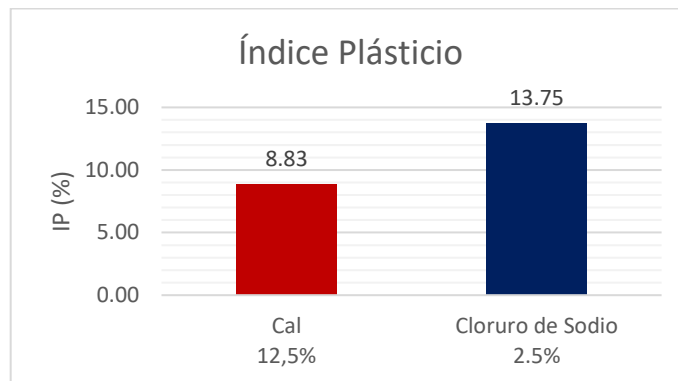
Porcentaje Óptimo del suelo estabilizado con Cal y Cloruro de Sodio

Gráfica # 26. Límite Líquido del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



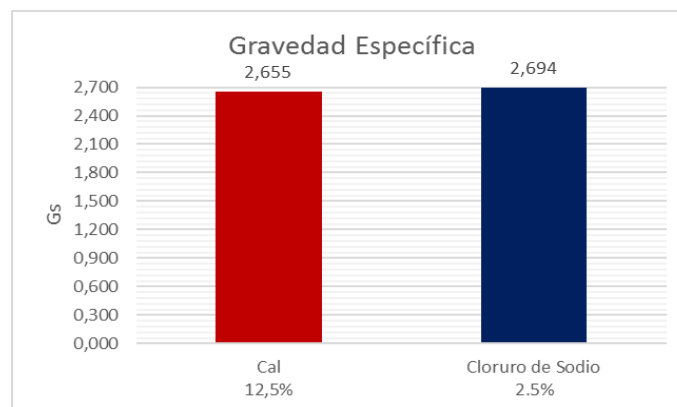
Autor: Israel Guamán

Gráfica # 27. Índice Plástico del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



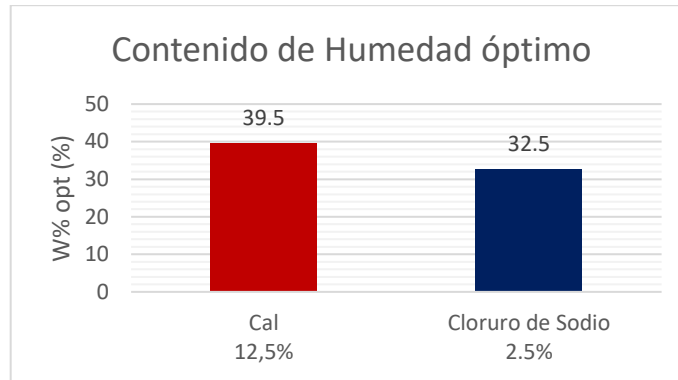
Autor: Israel Guamán

Gráfica # 28. Gravedad Específica del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



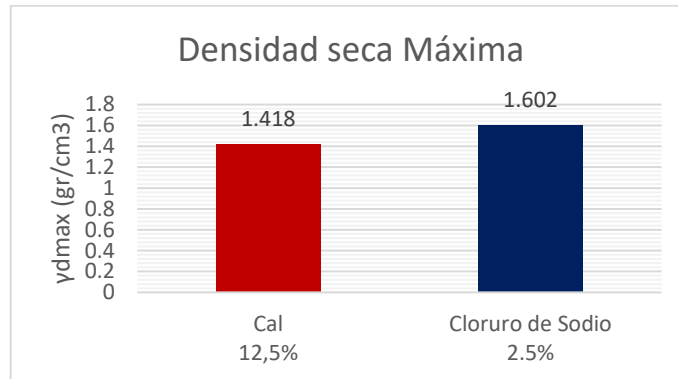
Autor: Israel Guamán

Gráfica # 29. Contenido de Humedad óptimo del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



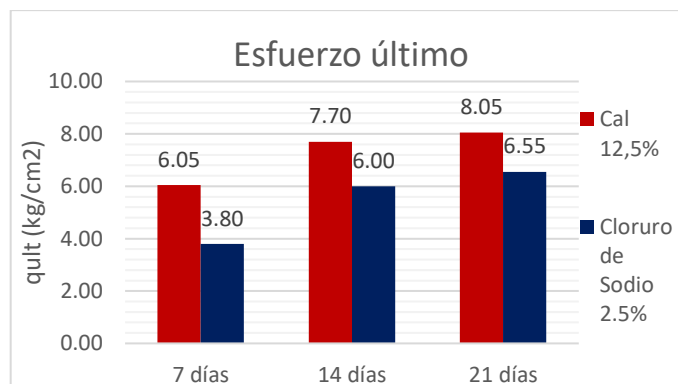
Autor: Israel Guamán

Gráfica # 30. Densidad seca máx del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



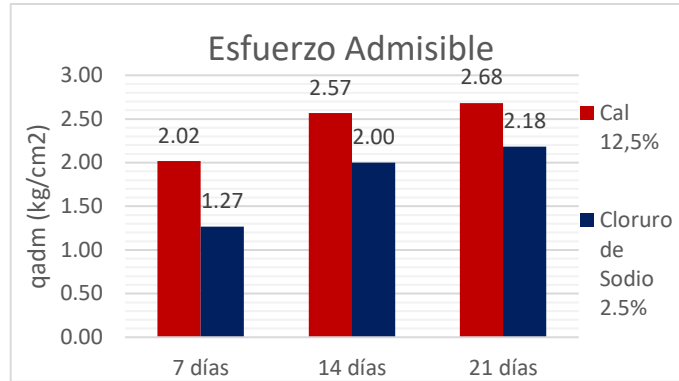
Autor: Israel Guamán

Gráfica # 31. Esfuerzo último del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



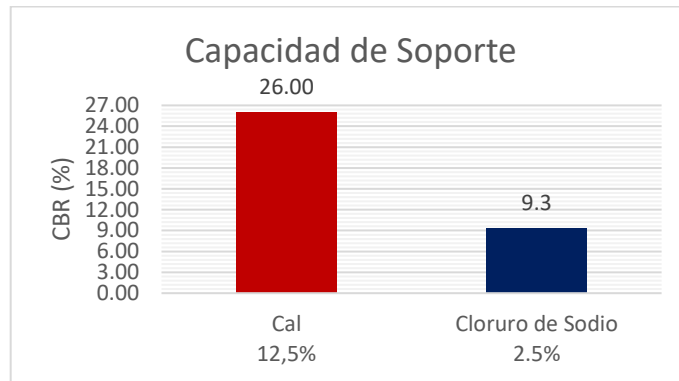
Autor: Israel Guamán

Gráfica # 32. Esfuerzo Admisible del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



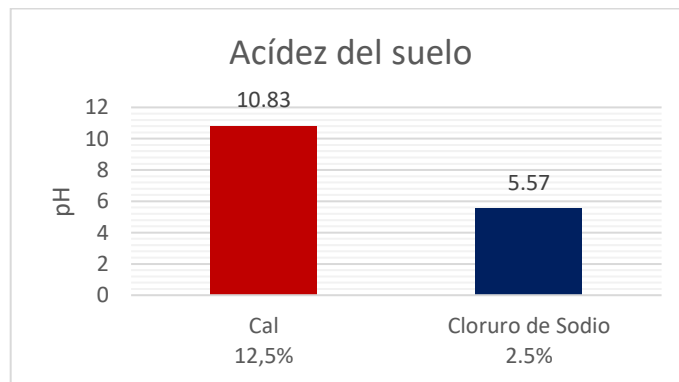
Autor: Israel Guamán

Gráfica # 33. CBR del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



Autor: Israel Guamán

Gráfica # 34. pH del porcentaje óptimo de la Cal y Cloruro de Sodio



Autor: Israel Guamán

- Se determinó que el suelo estabilizado con Cal da un mejor comportamiento con 12,5% y es el único porcentaje que cumple o se aproxima a los valores mínimos por lo que se considera que es el porcentaje óptimo.
- Se determinó que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio da un mejor comportamiento con 2,5% el cual da un mejor comportamiento que el resto de porcentajes y se consideraría que es el porcentaje óptimo, pero su aplicación no se puede llevar para una subrasante porque no cumple los parámetros de las especificaciones mencionadas
- El porcentaje óptimo de Cal demostró tener mejor comportamiento que el porcentaje óptimo de Cloruro de Sodio, en todo su análisis la Cal demostró cumplir casi con todos los parámetros para su aplicación de una subrasante, sin embargo, otros parámetros como el Límite líquido y el pH se aproximaron a sus valores máximos y mínimos respectivamente, mientras que el porcentaje de Cloruro de Sodio no demostró ser aplicado para una subrasante debido a que no cumplió con los parámetros necesarios.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar los ensayos en laboratorio con guantes debido a que las manipulaciones del suelo con los agentes estabilizadores producen una resequedad en las manos y lleva a presentar pequeñas cortaduras de piel en todas las manos.
- Realizar la pulverización del suelo cuando se encuentre en el proceso de secado para realizar los ensayos, debido a que si el suelo ya se encuentra seco se vuelve más difícil realizar la pulverización ya que el suelo para ser utilizado en los ensayos tiene que pasar el tamiz #4.
- Para realizar los CBR se tiene que tener en cuenta que el suelo arcilloso no se encuentra en estado completamente seco, por lo tanto, para que el contenido de humedad óptimo no se vea alterado se puede sacar un contenido de humedad 1 día antes del suelo con el que se va a realizar el ensayo y colocar el contenido de humedad faltante para llegar el óptimo y que no se alteren los resultados.
- Para su aplicación real del Cloruro de Sodio se puede realizar una investigación con un suelo arenoso con un alto contenido de partículas finas y que no contenga un alto contenido de humedad natural, debido a que el Cloruro de Sodio solo funciona con partículas finas, pero al tener partículas gruesas como la arena el suelo mejoraría su capacidad de soporte (CBR).

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. FERNÁNDEZ LOAIZA , MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS, PRIMERA ed., MÉXICO D.F: LIMUSA S.A, 1982, pp. 109-148; 273-298.
- [2] A. RICO y H. DEL CASTILLO, LA INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES, vol. 2, MÉXICO D.F: LIMUSA S.A, 1977, p. 528.
- [3] THE NATIONAL LIME ASSOCIATION, «MIXTURE DESIGN AND TESTING PROCEDURES FOR LIME STABILIZED SOIL OR LIME STABILIZED SOIL,» 14 OCTUBRE 2006. [En línea]. Available: http://lime.org/documents/publications/free_downloads/tech-brief-2006-v2.pdf. [Último acceso: 7 JUNIO 2016].
- [4] THE NATIONAL LIME ASSOCIATION, «CONSIDERATION OF LIME-STABILIZED LAYERS IN MECHANISTIC-EMPIRICAL PAVEMENT DESIGN,» 10 JUNIO 2004. [En línea]. Available: http://lime.org/documents/publications/free_downloads/mech-emp-pavement.pdf. [Último acceso: 7 JUNIO 2016].
- [5] J. J. MARLEY y J. B. SHEELER, «PUBLICATIONS.IOWA.ORG,» 16 JUNIO 2014. [En línea]. Available: http://publications.iowa.gov/17230/1/IADOT_hr33_Soil_Aggregate_Sodium_Chloride_Stabilized_Rds_Franklin_Cnty_IA.pdf. [Último acceso: 5 JUNIO 2016].
- [6] MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS GOBIERNO DE CHILE, «PROGRAMA CAMINOS BÁSICOS 5000,» 22 ABRIL 2010. [En línea]. Available: http://www.mop.cl/CentrodeDocumentacion/Documents/Informacion%20Vial,%20carreteras%20y%20pasos%20fronterizos/DV_Programa_Caminos_Basicos_5000.pdf. [Último acceso: 7 JUNIO 2016].

- [7] THE NATIONAL LIME ASSOCIATION, MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE SUELO TRATADO CON CAL, ARLINGTON, VIRGINIA: THE VERSATILE CHEMICAL, 2004.
- [8] P. GOMEZ, S. PÉREZ y J. GOMÉZ, «ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CLORURO DE SODIO PARA SU USO EN LAS VÍAS TERRESTRES,» ISSN, SANFANDILA, 2002.
- [9] M. D. O. P. Y. COMUNICACIONES, «ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES». ECUADOR 1 FEBRERO 2002.
- [10] E. JUÁREZ y A. RICO, MECÁNICA DE SUELOS: FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS, vol. TOMO I, MEXICO D.F: LIMUSA .S.A, 1973, pp. 7-8.
- [11] G. SOWERS, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES, MÉXICO D.F: LIMUSA-WILEY S.A, 1972, pp. 48-51; 102-104.
- [12] G. D. ESCOBAR y C. E. ESCOBAR POTES, MECÁNICA DE LOS SUELOS, MANIZALES: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2002, pp. 8-12.
- [13] P. BERRY y D. REID, MECÁNICA DE SUELOS, BOGOTÁ: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A, 1993, pp. 20-32.
- [14] F. MANTILLA, MANUAL DIDÁCTICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA CIVIL, AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2008, pp. 7-10; 33-42.
- [15] F. MANTILLA, MECÁNICA DE SUELOS ELEMENTAL EN LA INGENIERIA CIVIL, AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2012, pp. 11-20.
- [16] K. TERZAGHI y R. B. PECK, MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA, SEGUNDA ed., BARCELONA: EL ATENEO, S.A, 1973, pp. 35-41.

- [17] J. BOWLES, MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERÍA CIVIL, BOGOTÁ: MCGRAW-HILL LATINOAMERICANA, S.A., 1978, pp. 15-25; 89-92.
- [18] C. KRAEMER, J. M. PARDILLO, S. ROCCI, M. ROMANA, V. SÁNCHEZ BLANCO y M. Á. DEL VAL, INGENIERÍA DE CARRETERAS, vol. II, MADRID: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U, 2004, pp. 67-77.
- [19] R. VALLE RODAS, CARRETERAS, CALLES Y AEROPISTAS, CARACAS: EL ATENEO, 1963, pp. 197-204.
- [20] F. MANTILLA , MECÁNICA DE SUELOS TÉCNICA PARA EL INGENIERO CIVIL, AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2011, pp. 36-45.
- [21] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, MANUAL DE CARRETERAS: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN, LIMA: MACRO EIRL, 2013, pp. 114-170.
- [22] ANFACAL, «MANUAL PRÁCTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL,» 23 MAYO 2015. [En línea]. Available: http://anfocal.org/media/CONSTRUCCION/MANUALES_DE_ESTABILIZACION_Y_ASFALTOS_-_PABLO_ANAYA/SCT_Manual_Estabilizacion_de_Suelos_-May_2015.pdf. [Último acceso: 7 ABRIL 2016].
- [23] UNIDAD DE PLANEACIÓN MINER ENERGÉTICO -UPME REPÚBLICA DE COLOMBIA, «PRODUCCIÓN Y COMERCIO DE LA SAL EN COLOMBIA,» 15 OCTUBRE 2008. [En línea]. Available: http://www.simco.gov.co/simco/portals/0/Guia_Inv_2008/fscommand/mipdf45.pdf. [Último acceso: 7 JUNIO 2016].
- [24] N. N. HINRICHSSEN, ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DE SUELO ESTABILIZADO CON SAL: FRENTE A LA ACCIÓN DEL AGUA, PARA DISTINTAS MEZCLAS, VALDIVIA: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2005, pp. 16-18.

- [25] K+S Chile, «K+S,» Grupo Alemán K+S , 10 Febrero 2005. [En línea]. Available: http://www.ks-chile.com/index-page_id=8.html. [Último acceso: 7 Junio 2016].
- [26] S. BENJAMIN y C. FERNANDEZ, GEODESIA PARA INGENIEROS, BOGOTÁ: CARGRAPHICS S.A, 2002, pp. 111-118.

ANEXO A

Tablas de la clasificación de suelos

Tabla # 19. Clasificación AASHTO

GRUPO	SUBGRUPO	PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ U. S. No.			Carácter de la fracción que pasa el tamiz No. 40		Índice de grupo No.	Descripción del suelo	Calidad como subrasante
		10	40	200	Límite líquido	Índice de plasticidad			
A-1	A-1-a A-1-b	50 máx	50 máx	25 máx		6 máx	0	Grava o arena de buena graduación puede incluir finos	
			50 máx	15 máx		6 máx	0	Mayormente gravas, pero puede incluir arena y finos	
			50 máx	25 máx		6 máx	0	Arena gravosa o arena graduada; puede incluir finos	
A-2*	A-2-4 A-2-5 A-2-6 A-2-7			35 máx	40 máx 41 máx 40 máx 41 máx	10 máx	0 a 4	Arena y gravas con exceso de finos	Excelente a buena
				35 máx		10 máx	0	Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad	
				35 máx		11 mín	0	Arenas, gravas con finos de limo elásticos	
				35 máx		11 mín	4 máx	Arenas, gravas con finos de arcilla	
				35 máx		11 mín	4 máx	Arenas, gravas con finos de alta plasticidad	
A-3			51 mín	10 máx		No plástico	0	Arenas finas	
A-4				36 mín	40 máx	10 máx	8 máx	Limos de baja compresibilidad	
A-5				36 mín	42 mín	10 máx	12 máx	Limos muy compresibles, limos micáceos	
A-6				36 mín	40 máx	11 mín	16 máx	Arcilla de compresibilidad baja a media	Regular a pobre
A-7	A-7-5 A-7-6			36 mín	41 mín	11 mín	20 máx	Arcilla de alta compresibilidad	
				36 mín	41 mín	11 mín+	20 máx	Arcillas limosas de alta compresibilidad	
				36 mín	41 mín	11 mín+	20 máx	Arcillas de alta compresibilidad y alto cambio de volumen	
A-8								Turba, suelos muy orgánicos	No satisfactoria

Fuente: Juárez. E, “Mecánica de suelos Tomo I”

Tabla # 20. Clasificación SUCS

División principal		Símbolo del grupo	Criterios para la clasificación del laboratorio		Descripción del suelo
			Más fino que el tamiz No. 200%	Requisitos suplementarios	
Grano grueso (más del 50%, en peso, más grueso que el tamiz No. 200)	Suelo gravoso (más de la mitad de la fracción gruesa mayor que el tamiz No. 4)	GW GP GM GC	0-5* 0-5* 12 o más* 12 o más*	D60/D10 mayor que 4, $D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$ entre 1 y 3. Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para GW IP menor que 4 o por debajo de la línea A IP mayor que 7 y arriba de la línea A	Gravas de buena graduación, gravas arenosas. Gravas uniformes o con graduación discontinua, gravas arenosas. Gravas limosas, gravas limo-arenosas. Gravas arcillosas, gravas arcillo-arenosas.
	Suelos arenosos (más de la mitad de la fracción gruesa más fina que el tamiz No. 4)	SW SP SM SC	0-5* 0-5* 12 o más* 12 o más*	D60/D10 mayor que 4, $D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$ entre 1 y 3. Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para GW IP menor que 4 o por debajo de la línea A IP mayor que 7 y arriba de la línea A	Arenas de buena graduación, arenas gravosas. Arenas uniformes o con graduación discontinua, arena gravosa. Arenas limosas, arenas limosas gravosas. Arenas arcillosas, arenas arcillosas gravosas.
Grano fino (más del 50%, en peso, más fino que el tamiz No. 200)	Baja compresibilidad (LL menor que 50)	ML CL OL	Gráfico de plasticidad Gráfico de plasticidad Gráfico de plasticidad, olor o color orgánicos		Limos, arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas, limos micáceos. Arcillas de baja plasticidad, arcillas arenosas o limosas. Limos orgánicos y arcillas de baja plasticidad
	Alta compresibilidad (LL mayor que 50)	MH CH OH	Gráfico de plasticidad Gráfico de plasticidad Gráfico de plasticidad, olor o color orgánicos		Limos, arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas, limos micáceos. Arcillas de baja plasticidad, arcillas arenosas o limosas. Limos orgánicos y arcillas de baja plasticidad
Suelos con materia orgánica fibrosa		Pt	Materia orgánica fibrosa. se carboniza. quema o se pone incandecente		Turba. turbas arenosas y turbas arcillosas

Fuente: Juárez. E, “Mecánica de suelos Tomo I”

ANEXO B

Tablas de ensayos de Suelos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

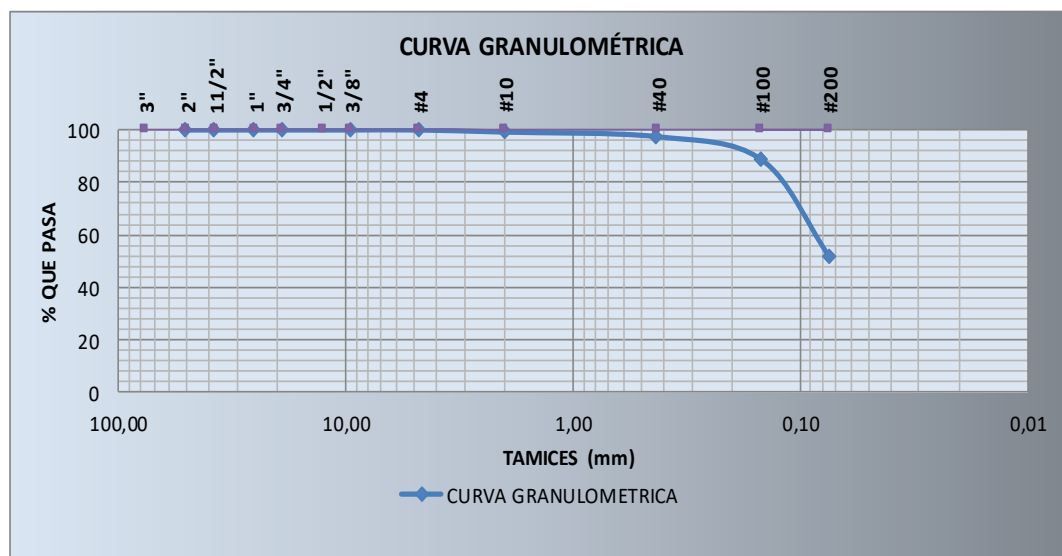


GRANULOMETRÍA DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Isaías Guamán Iler
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
FECHA: 25 de Julio del 2016
NORMAS: ASTM D421-78 / AASHTO T 87-70

ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRIA DE LOS SUELOS

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50,80	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	0,00	0,00	100,00
#4	4,76	0,00	0,00	100,00
PASA #4		600,00	100,00	
#10	2,00	4,80	0,80	99,20
#40	0,43	15,10	2,52	97,48
#100	0,149	67,50	11,25	88,75
#200	0,075	288,60	48,10	51,90
PASA #200		311,40	51,90	
TOTAL		600,00		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)			600,00	
Peso cuarteo después del lavado (gr)			288,60	
Total - Diferencia (gr)			311,40	





GRANULOMETRÍA

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Isaías Guamán Iler

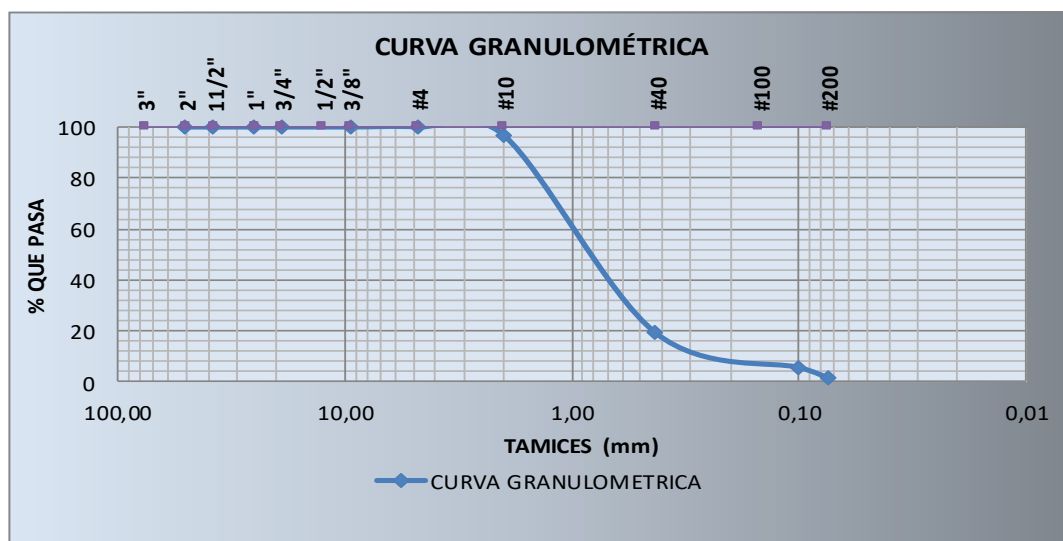
MUESTRA: Cloruro de Sodio (Molic) **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 26 de Julio del 2016

NORMAS: ASTM D421-78 / AASHTO T 87-70

ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRIA DEL CLORURO DE SODIO

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUEPASA
2"	50,80	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	0,00	0,00	100,00
#4	4,76	0,00	0,00	100,00
PASA #4		600,00	100,00	
#10	2,00	19,70	3,28	96,72
#40	0,43	485,10	80,85	19,15
#100	0,10	566,80	94,47	5,53
#200	0,075	590,70	98,45	1,55
PASA #200		9,30	1,55	
TOTAL		600,00		
Peso de la muestra (gr)		600,00		





DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS COHESIVOS

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

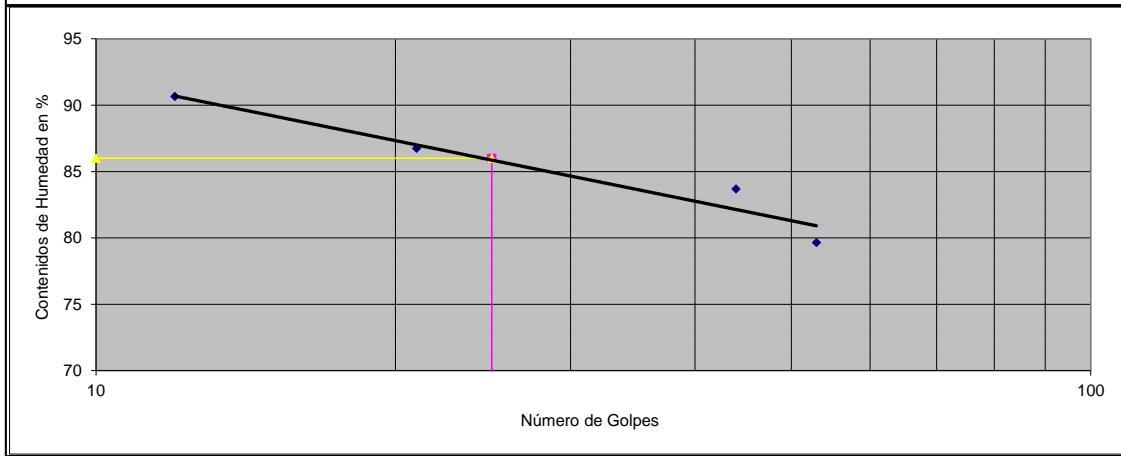
NORMA: AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691

FECHA: 1 Septiembre del 2016

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado L1%

Recipiente número		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	21,00	19,50	20,40	19,90	19,20	18,40	17,90	16,60
Peso seco + recipiente	Ws+rec	16,40	15,40	16,00	15,80	15,40	15,00	15,10	14,30
Peso recipiente	rec	11,30	10,90	10,90	11,10	10,90	10,90	11,60	11,40
Peso del agua	Ww	4,60	4,10	4,40	4,10	3,80	3,40	2,80	2,30
Peso de los sólidos	Ws	5,10	4,50	5,10	4,70	4,50	4,10	3,50	2,90
Contenido de humedad	w%	90,20	91,11	86,27	87,23	84,44	82,93	80,00	79,31
Contenido de humedad promedio	w%	90,65		86,75		83,69		79,66	
Número de golpes		12,00		21,00		44,00		53,00	

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		R1	R2	R3	R4	R5
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	6,6	6,7	6,7	6,7	6,8
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6,4	6,5	6,4	6,5	6,6
Peso recipiente	rec	6,1	6,2	6	6,2	6,2
Peso del agua	Ww	0,20	0,20	0,30	0,20	0,20
Peso de los sólidos	Ws	0,30	0,30	0,40	0,30	0,40
Contenido de humedad	w%	66,67	66,67	75,00	66,67	50,00
Contenido de humedad promedio	w%	66,67				

LÍMITE LIQUIDO L1%	86,00
LÍMITE PLASTICO Lp%	66,67
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	19,33
CLASIFICACION AASHTO	A-7
CLASIFICACION SUCS	CH

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	86
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	86
X2	25	Y2	86



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS COHESIVOS

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACION: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5% Cal

REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

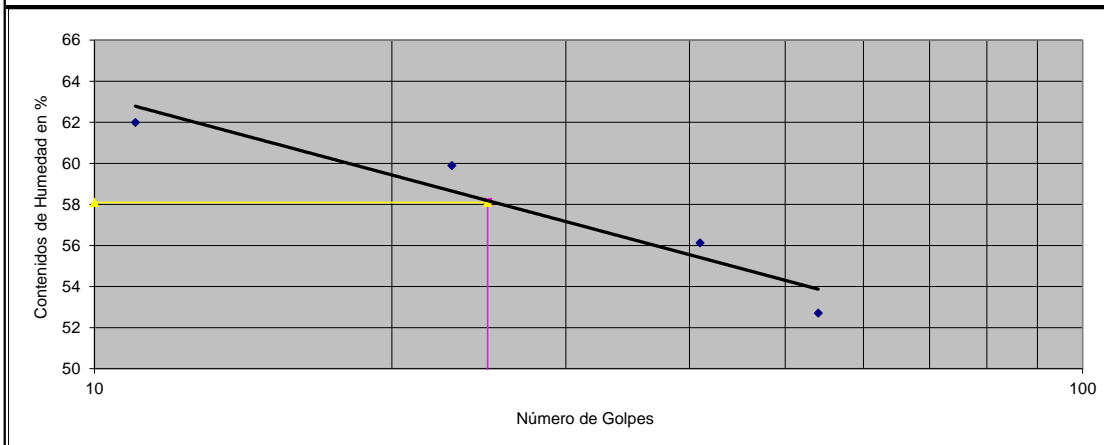
NORMA: AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691

FECHA: 1 Septiembre del 2016

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	26,90	26,00	24,50	24,90	23,50	23,10	27,00	26,90
Peso seco + recipiente	Ws+rec	20,80	20,20	19,30	19,80	19,00	18,90	21,60	21,60
Peso recipiente	rec	10,90	10,90	10,80	11,10	11,00	11,40	11,40	11,50
Peso del agua	Ww	6,10	5,80	5,20	5,10	4,50	4,20	5,40	5,30
Peso de los sólidos	Ws	9,90	9,30	8,50	8,70	8,00	7,50	10,20	10,10
Contenido de humedad	w%	61,62	62,37	61,18	58,62	56,25	56,00	52,94	52,48
Contenido de humedad promedio	w%	61,99		59,90		56,13		52,71	
Número de golpes		11,00		23,00		41,00		54,00	

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		R1	R2	R3	R4	R5
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7	7,2	6,4	7,1	6,7
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6,7	6,9	6,3	6,8	6,5
Peso recipiente	rec	6	6,2	6	6,1	6
Peso del agua	Ww	0,30	0,30	0,10	0,30	0,20
Peso de los sólidos	Ws	0,70	0,70	0,30	0,70	0,50
Contenido de humedad	w%	42,86	42,86	33,33	42,86	40,00
Contenido de humedad promedio	w%	42,14				

LÍMITE LÍQUIDO LI%	58,10
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	42,14
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	15,96
CLASIFICACION AASHTO	A-7
CLASIFICACION SUCS	CH

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	58,1
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	58,1
X2	25	Y2	58,1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS COHESIVOS

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán

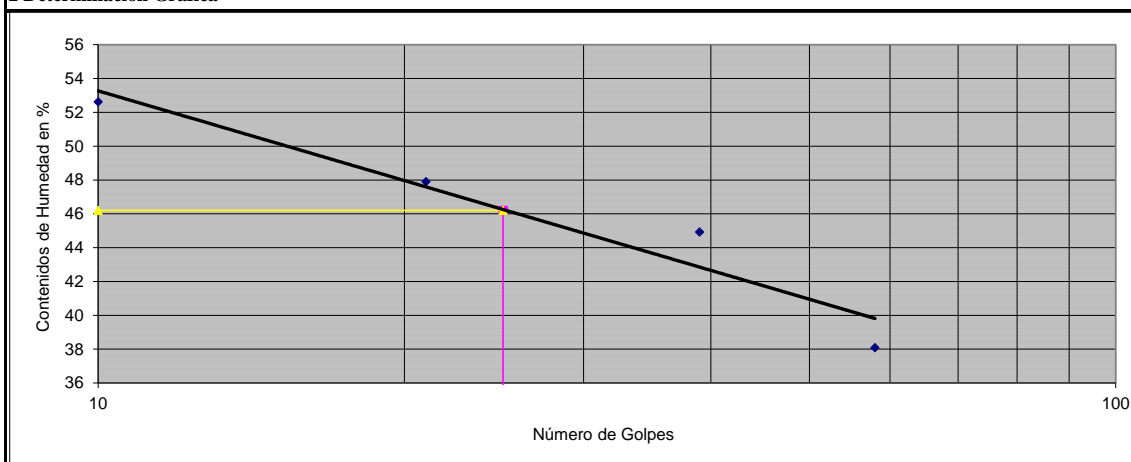
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cal **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira

NORMA: AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691 **FECHA:** 1 Septiembre del 2016

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	23,40	22,50	26,90	23,50	24,90	26,90	23,10	26,00
Peso seco + recipiente	Ws+rec	19,30	18,60	21,90	19,50	20,56	22,10	21,70	21,90
Peso recipiente	rec	11,60	11,10	11,40	11,20	11,00	11,30	18,10	10,90
Peso del agua	Ww	4,10	3,90	5,00	4,00	4,34	4,80	1,40	4,10
Peso de los sólidos	Ws	7,70	7,50	10,50	8,30	9,56	10,80	3,60	11,00
Contenido de humedad	w%	53,25	52,00	47,62	48,19	45,40	44,44	38,89	37,27
Contenido de humedad promedio	w%	52,62		47,91		44,92		38,08	
Número de golpes		10,00		21,00		39,00		58,00	

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		R1	R2	R3	R4	R5
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7	7,1	7	7,4	7,1
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6,8	6,8	6,7	7,1	6,8
Peso recipiente	rec	6,2	6	6,1	6,2	6
Peso del agua	Ww	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30
Peso de los sólidos	Ws	0,60	0,80	0,60	0,90	0,80
Contenido de humedad	w%	33,33	37,50	50,00	33,33	37,50
Contenido de humedad promedio	w%	35,42				

LÍMITE LIQUIDO LI%	46,20
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	35,42
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	10,78
CLASIFICACION AASHTO	A-7
CLASIFICACION SUCS	CH

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	46,2
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	46,2
X2	25	Y2	46,2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cal

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

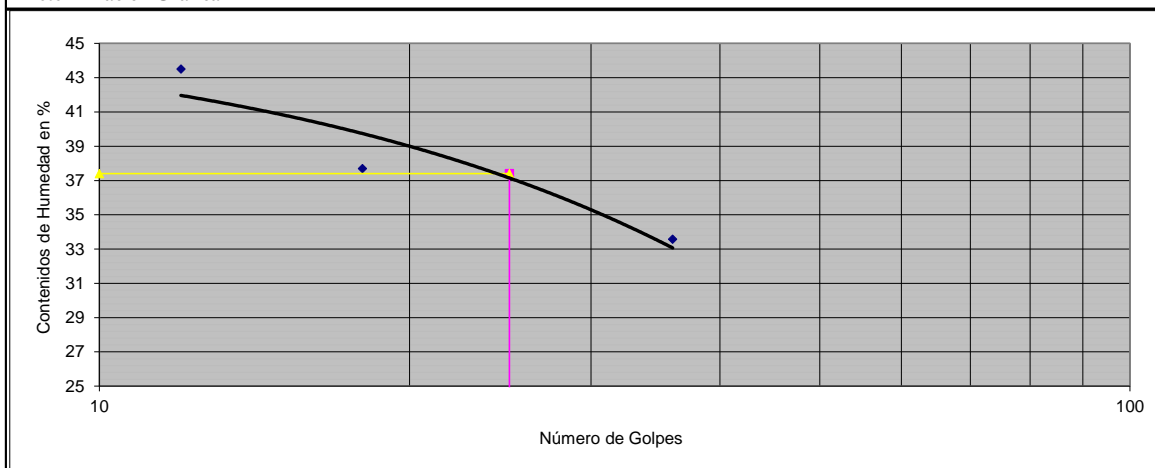
NORMA: AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691

FECHA: 1 Septiembre del 2016

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		R1	R2	R1	R2	R1	R2		
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	23,40	22,30	24,50	25,10	23,40	22,50		
Peso seco + recipiente	Ws+rec	19,60	19,00	20,80	21,30	20,30	19,60		
Peso recipiente	rec	11,10	11,20	10,80	11,40	10,80	11,20		
Peso del agua	Ww	3,80	3,30	3,70	3,80	3,10	2,90		
Peso de los sólidos	Ws	8,50	7,80	10,00	9,90	9,50	8,40		
Contenido de humedad	w%	44,71	42,31	37,00	38,38	32,63	34,52		
Contenido de humedad promedio	w%	43,51		37,69		33,58			
Número de golpes		12,00		18,00		36,00			

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		R1	R2	R3	R4	R5
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	6,9	7	6,8	7	6,8
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6,7	6,8	6,6	6,8	6,6
Peso recipiente	rec	6	6,1	5,9	6,2	6,1
Peso del agua	Ww	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Peso de los sólidos	Ws	0,70	0,70	0,70	0,60	0,50
Contenido de humedad	w%	28,57	28,57	28,57	33,33	40,00
Contenido de humedad promedio	w%	29				

LÍMITE LIQUIDO LI%	37,40
LÍMITE PLASTICO Lp%	28,57
INDICE DE PLASTICIDAD Ip%	8,83
CLASIFICACION AASHTO	A-7
CLASIFICACION SUCS	CH

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	37,4
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	37,4
X2	25	Y2	37,4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS COHESIVOS

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5% Cloruro de Sodio

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

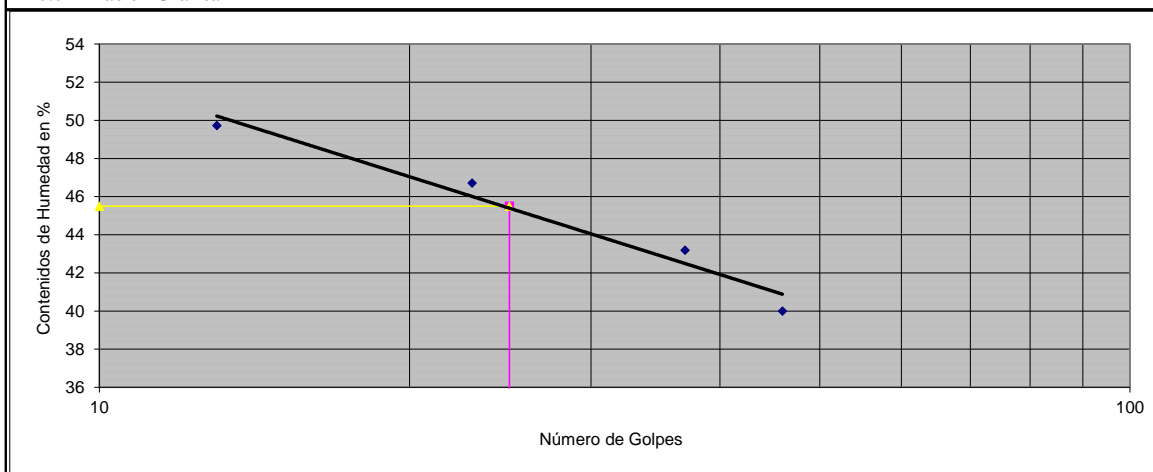
NORMA: AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691

FECHA: 1 Septiembre del 2016

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado L₁%

Recipiente número		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	24,60	24,80	22,80	22,40	26,30	26,00	23,10	22,90
Peso seco + recipiente	Ws+rec	20,10	20,20	19,20	18,90	21,60	21,50	19,60	19,60
Peso recipiente	rec	11,00	11,00	11,60	11,30	10,90	10,90	10,90	11,30
Peso del agua	Ww	4,50	4,60	3,60	3,50	4,70	4,50	3,50	3,30
Peso de los sólidos	Ws	9,10	9,20	7,60	7,60	10,70	10,60	8,70	8,30
Contenido de humedad	w%	49,45	50,00	47,37	46,05	43,93	42,45	40,23	39,76
Contenido de humedad promedio	w%	49,73		46,71		43,19		39,99	
Número de golpes		13,00		23,00		37,00		46,00	

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado L_p%

Recipiente número		R1	R2	R3	R4	R5
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7,1	7	7,1	6,5	6,6
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6,9	6,8	6,8	6,3	6,4
Peso recipiente	rec	6,2	6,2	6,1	5,9	5,8
Peso del agua	Ww	0,20	0,20	0,30	0,20	0,20
Peso de los sólidos	Ws	0,70	0,60	0,70	0,40	0,60
Contenido de humedad	w%	28,57	33,33	42,86	50,00	33,33
Contenido de humedad promedio	w%	31,75				

LÍMITE LIQUIDO L₁%	45,50
LÍMITE PLÁSTICO L_p%	31,75
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I_p%	13,75
CLASIFICACION AASHTO	A-7
CLASIFICACION SUCS	CH

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	45,5
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	45,5
X2	25	Y2	45,5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



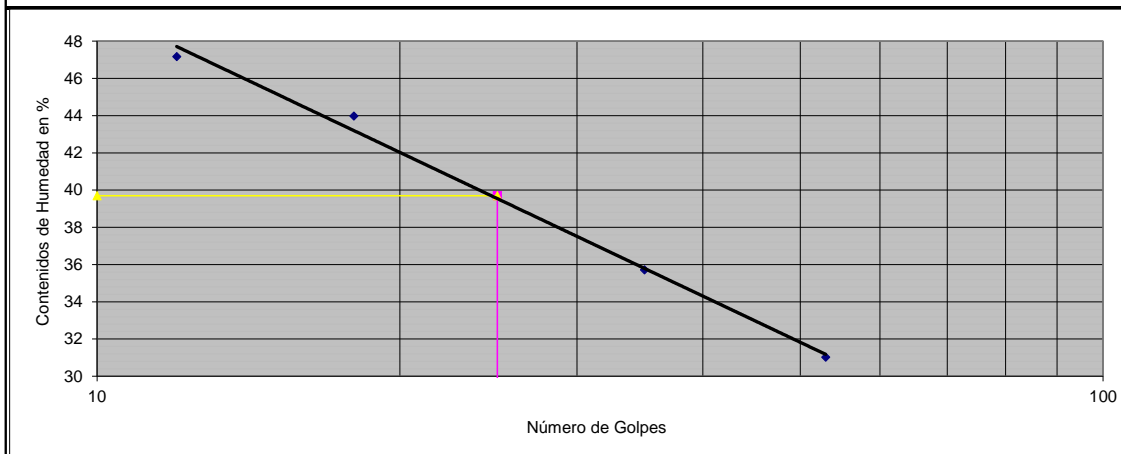
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS COHESIVOS

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cloruro de Sodio **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
NORMA: AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691 **FECHA:** 1 Septiembre del 2016

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	25,40	25,20	23,10	22,80	24,10	24,70	26,20	26,40
Peso seco + recipiente	Ws+rec	20,80	20,70	19,40	19,20	20,60	21,20	22,70	22,80
Peso recipiente	rec	10,90	11,30	11,00	11,00	10,90	11,30	11,60	11,00
Peso de agua	Ww	4,60	4,50	3,70	3,60	3,50	3,50	3,50	3,60
Peso de los sólidos	Ws	9,90	9,40	8,40	8,20	9,70	9,90	11,10	11,80
Contenido de humedad	w%	46,46	47,87	44,05	43,90	36,08	35,35	31,53	30,51
Contenido de humedad promedio	w%	47,17		43,98		35,72		31,02	
Número de golpes		12,00		18,00		35,00		53,00	

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		R1	R2	R3	R4	R5
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7,1	7,5	6,9	7,3	7
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6,8	7,2	6,7	7	6,8
Peso recipiente	rec	6	6,2	6,1	6	6,1
Peso de agua	Ww	0,30	0,30	0,20	0,30	0,20
Peso de los sólidos	Ws	0,80	1,00	0,60	1,00	0,70
Contenido de humedad	w%	37,50	30,00	33,33	30,00	28,57
Contenido de humedad promedio	w%	29,52				

LÍMITE LIQUIDO LI%	39,70
LÍMITE PLASTICO Lp%	29,52
INDICE DE PLASTICIDAD Ip%	10,18
CLASIFICACION AASHTO	A-7
CLASIFICACION SUCS	CH

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	39,7
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	39,7
X2	25	Y2	39,7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS COHESIVOS

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cloruro de Sodio

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

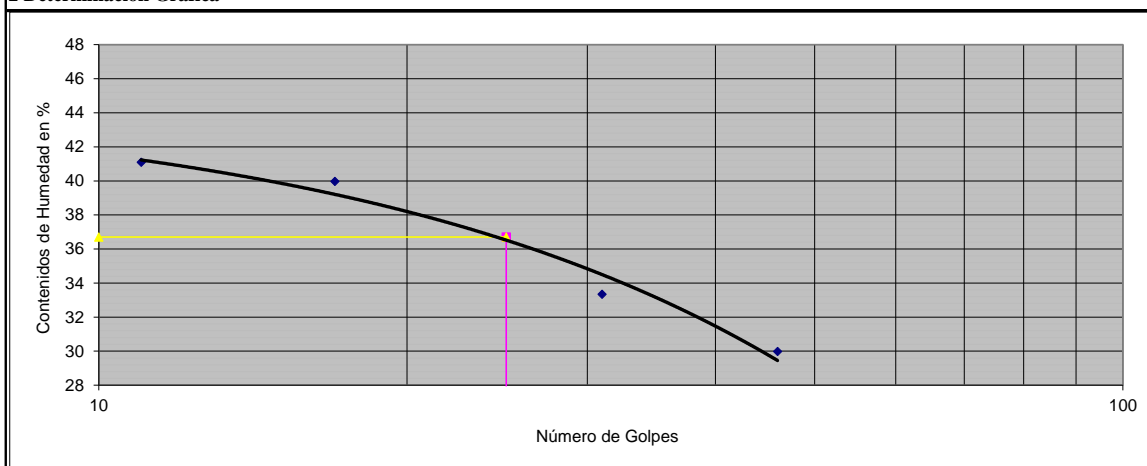
NORMA: AASHTO T 90-70 / ASTM D 424-71 / INEN 691

FECHA: 1 Septiembre del 2016

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	24,10	23,90	23,50	22,80	24,60	25,10	23,20	23,70
Peso seco + recipiente	Ws+rec	20,30	20,10	19,80	19,50	21,10	21,70	20,50	20,70
Peso recipiente	rec	10,90	11,00	10,70	11,10	10,90	11,20	11,30	10,90
Peso del agua	Ww	3,80	3,80	3,70	3,30	3,50	3,40	2,70	3,00
Peso de los sólidos	Ws	9,40	9,10	9,10	8,40	10,20	10,50	9,20	9,80
Contenido de humedad	w%	40,43	41,76	40,66	39,29	34,31	32,38	29,35	30,61
Contenido de humedad promedio	w%	41,09		39,97		33,35		29,98	
Número de golpes		11,00		17,00		31,00		46,00	

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		R1	R2	R3	R4	R5
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7,1	7,2	7,1	6,8	7,1
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6,8	7	6,8	6,6	6,9
Peso recipiente	rec	6,1	6,3	5,9	6,1	6,2
Peso del agua	Ww	0,30	0,20	0,30	0,20	0,20
Peso de los sólidos	Ws	0,70	0,70	0,90	0,50	0,70
Contenido de humedad	w%	42,86	28,57	33,33	40,00	28,57
Contenido de humedad promedio	w%	30				

LÍMITE LIQUIDO LI%	36,70
LÍMITE PLASTICO Lp%	30,16
INDICE DE PLASTICIDAD Ip%	6,54
CLASIFICACION AASHTO	A-7
CLASIFICACION SUCS	CH

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	36,7
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	36,7
X2	25	Y2	36,7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO Y DENSIDAD REAL DE LA CAL Y CLORURO DE SODIO

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Isaías Guamán Iler

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 28 de Julio del 2016

NORMAS: Gravedad específica: AASHTO T-100-70 /ASTM D854-58; Densidad real: ASTM C-188 / INEN 156

GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO			DENSIDAD REAL DE LA CAL		
MUESTRA	1	2	MUESTRA	1	2
PICNÓMETRO	ISO	Aleman - German	Masa del picnómetro	161,10	174,20
TEMPERATURA DEL AGUA Y SUELO (°C)	21	21	Masa del picnómetro + muestra	222,10	235,10
PESO DEL RECIPIENTE+ SUELO SECO	156,00	159,20	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	567,80	579,80
PESO DEL RECIPIENTE	117,70	109,50	Masa gasolina añadida	345,70	344,70
PESO DEL SUELO SECO (Ws)	38,30	49,70	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	526,99	538,70
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA (Wbw)	663,50	652,40	Masa de 500cc de gasolina	365,89	364,50
PESO DEL PICNÓMETRO + SUELO (Ws + Wbw)	701,80	702,10	Densidad de la gasolina	0,73	0,73
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO(sumergido) (Wbws)	687,60	683,90	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	20,19	19,80
DESPLAZAMIENTO DEL AGUA (Ws+Wbw-Wbws)	14,20	18,20	Masa del Cal	61,00	60,90
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0,998	0,998	Volumen de la gasolina desalojada	27,59	27,16
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,692	2,725	DRC=MC/VG	2,21	2,24
PROMEDIO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	2,709		PROMEDIO DE LA DENSIDAD REAL	2,227	
DENSIDAD REAL DEL CLORURO DE SODIO					
MUESTRA	1	2			
Masa del picnómetro	174,20	172,40			
Masa del picnómetro + muestra	254,10	242,50			
Masa del picnómetro + muestra + gasolina	590,90	598,20			
Masa gasolina añadida	336,80	355,70			
Masa picnómetro + 500cc de gasolina	538,70	553,10			
Masa de 500cc de gasolina	364,50	380,70			
Densidad de la gasolina	0,73	0,76			
Masa de la gasolina desalojada por la muestra	27,70	25,00			
Masa del Cloruro de Sodio	79,90	70,10			
Volumen de la gasolina desalojada	38,00	32,83			
DR(NaCl)=MC/VG	2,10	2,13			
PROMEDIO DE LA DENSIDAD REAL	2,119				



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 18 de Julio del 2016

NORMAS: ASTM 2216-71 / AASHTO T 217-76 / INEN 690

MUESTRA	ARCILLA		CLORURO DE SODIO	
	3	12	8	30
RECIPIENTE NÚMERO				
PESO DE MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	98,1	102,4	152	150,8
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	50,5	51,8	147,9	146,9
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	22,8	22,7	31,7	30
PESO DE AGUA (gr)	47,6	50,6	4,1	3,9
PESO DE LOS SÓLIDOS (gr)	27,7	29,1	116,2	116,9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	171,84%	173,88%	3,53%	3,34%
PROMEDIO	172,86%		3,43%	



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES ÍNDICE POR EL METODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

FECHA: 18 de Julio del 2016

NORMAS: ASTM-D-2167 / AASHTO-T-205

Gs =	2,709
------	--------------

1 Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa Wm

Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec	2991,10
Peso de la funda gr. Rec	2,70
Peso de la masa del suelo gr. Wm = WM+Rec-Rec	2988,40





2 Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa Vm

Peso inicial frasco + cono + arena	6424,00
Peso final frasco + cono + arena	769,60
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1785,00
Peso arena en la perforación	3869,40
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)	1,588
Volumen de la perforación Vm	2436,65

3 Determinación del Contenido de Humedad

Recipiente número	1A	2A
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	98,1	102,4
Peso seco + recipiente Ws+rec	50,5	51,8
Peso recipiente rec	22,8	22,7
Peso del agua Ww	47,6	50,6
Peso de los sólidos Ws	27,70	29,1
Contenido de humedad w%	171,84	173,88
Contenido de humedad promedio w%	172,86	

4 Determinación de las fases del suelo

	Volumenes	Pesos
Vv=	2032,37	
Va= 	139,17	0,00
Vw= 	1893,20	1893,20
Vs= 	404,28	1095,20
Vm= 	2436,65	2988,40

5 Determinación de las propiedades índice del suelo analizado

Peso Volumétrico del suelo γm	1,226	gr/cm ³
Densidad seca γd	0,449	gr/cm ³
Contenido de humedad w%	172,86	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	5,027	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	83,41	%
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100	93,15	%
Grado de Saturación de aire Ga%	6,85	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**ENSAYOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE
 PARA SUELOS COHESIVOS**

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 19 de Julio del 2016

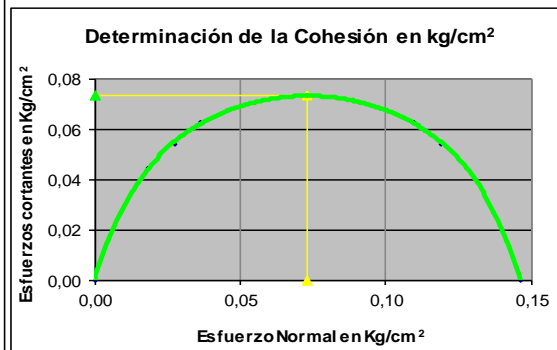
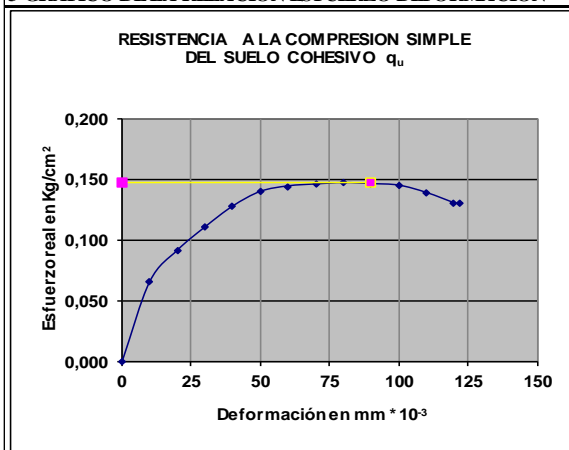
1 ESPECIFICACIONES GENERALES

Constante k (Del anillo dinamométrico): Kp/mm de def		1,14	NORMAS:		
Dimensiones de la muestra:			AASHTO:	T-208-70	
Diámetro en cm:	15,30	Volumen en cm ³	5791,41	ASTM:	D-2166
Sección en cm ² :	183,85	Peso en gramos	7362,00	w%	172,86
Altura en mm:	31,5	ym gr/cm ³	1,271	yd gr/cm ³	0,4659

2 EJECUCION DEL ENSAYO

Def Vert x 10 ⁻² d		P Carga		Deformación unitaria e	Area corregida Ac	Esfuerzo Normal q (Kg/cm ²) P/Ac
in	mm	lb	kg			
0	0,0000	0	0,00	0,0000	183,85	0,000
10	0,2540	26,7	12,14	0,0081	185,35	0,065
20	0,5080	37,5	17,05	0,0161	186,87	0,091
30	0,7620	45,7	20,77	0,0242	188,41	0,110
40	1,0160	53,2	24,18	0,0323	189,98	0,127
50	1,2700	58,7	26,68	0,0403	191,58	0,139
60	1,5240	61,1	27,77	0,0484	193,20	0,144
70	1,7780	62,3	28,32	0,0564	194,85	0,145
80	2,0320	63,3	28,77	0,0645	196,53	0,146
90	2,2860	63,5	28,86	0,0726	198,24	0,146
100	2,5400	63,5	28,86	0,0806	199,98	0,144
110	2,7940	61,4	27,91	0,0887	201,75	0,138
120	3,0480	58,2	26,45	0,0968	203,55	0,130
122	3,0988	58	26,36	0,0984	203,91	0,129

3 GRAFICO DE LA RELACION ESFUERZO DEFORMACION



4 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS RESISTENTES DEL SUELO

SERIE X	SERIE Y	Resistencia del suelo	Kg/cm ²	Ton/m ²
0	0,146	Compresión simple qu	0,146	1,46
90	0,146	Cohesión del suelo "c"	0,073	0,73
Fs=	3	Compresión simple qadm	0,049	0,49



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**ENSAYOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE
 PARA SUELOS COHESIVOS**

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 19 de Julio del 2016

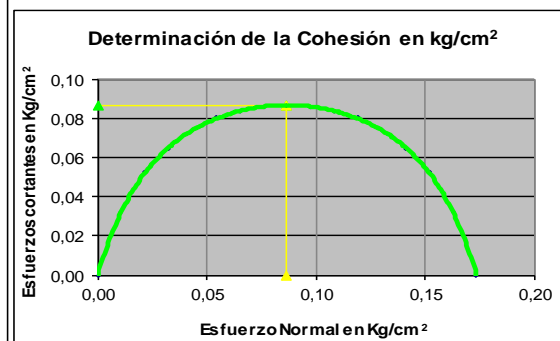
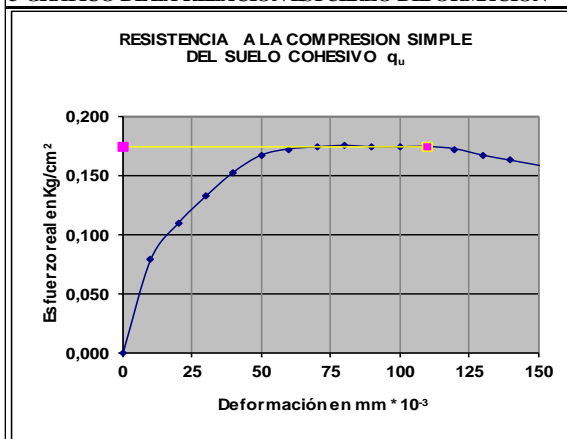
1 ESPECIFICACIONES GENERALES

Constante k (Del anillo dinamométrico): Kp/mm de def		1,14		NORMAS:	
Dimensiones de la muestra:				AASHTO:	T-208-70
Diámetro en cm:	12,50	Volumen en cm³	3595,66	ASTM:	D-2166
Sección en cm²:	122,72	Peso en gramos	4482,00	w%	172,86
Altura en cm:	29,3	ym gr/cm³	1,247	yd gr/cm³	0,4568

2 EJECUCION DEL ENSAYO

Def Vert x 10 ⁻² d		P Carga		Deformación unitaria e	Area corregida Ac	Esfuerzo Normal q (Kg/cm ²) P/Ac
in	mm	lb	kg			
0	0,0000	0	0,00	0,0000	122,72	0,000
10	0,2540	21,36	9,71	0,0087	123,79	0,078
20	0,5080	30	13,64	0,0173	124,88	0,109
30	0,7620	36,56	16,62	0,0260	126,00	0,132
40	1,0160	42,56	19,35	0,0347	127,13	0,152
50	1,2700	46,96	21,35	0,0433	128,28	0,166
60	1,5240	48,88	22,22	0,0520	129,45	0,172
70	1,7780	49,84	22,65	0,0607	130,65	0,173
80	2,0320	50,64	23,02	0,0694	131,86	0,175
90	2,2860	50,8	23,09	0,0780	133,10	0,173
100	2,5400	51,28	23,31	0,0867	134,37	0,173
110	2,7940	51,84	23,56	0,0954	135,65	0,174
120	3,0480	51,76	23,53	0,1040	136,97	0,172
130	3,3020	50,64	23,02	0,1127	138,31	0,166
140	3,5560	49,84	22,65	0,1214	139,67	0,162
151	3,8354	48,96	22,25	0,1309	141,20	0,158

3 GRAFICO DE LA RELACION ESFUERZO DEFORMACION



4 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS RESISTENTES DEL SUELO

SERIE X	SERIE Y	Resistencia del suelo	Kg/cm ²	Ton/m ²
0	0,174	Compresión simple qu	0,174	1,74
110	0,174	Cohesión del suelo "c"	0,087	0,87
Fs=	3	Compresión simple qadm	0,058	0,58



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

		7 días			
% de Cal		0%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		5944	6203		
Peso masa del suelo 7 días +tabla (gr)		5055	5252		
Peso tabla (gr)		157,70	125,55		
Peso masa del suelo Wm (gr)		5786,30	6077,45		
Peso masa del suelo Wm 7 días (gr)		4897,30	5126,45		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		10,4	10,8		
Volumen de la masa (cm³)		4222,40	4384,80		
Ancho del bloque 7 días (cm)		29,1	29,1		
Largo del bloque 7 días (cm)		14,2	14,1		
Altura del bloque 7 días (cm)		10,5	11		
Volumen de la masa 7 días (cm²)		4338,81	4513,41		
% de Esponjamiento del bloque		2,76	2,93		
% Humedad perdida en 7 días		18,15	18,55		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		79,10	82,50	75,80	78,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		59,80	62,20	59,30	59,70
Peso del recip (gr)		21,50	24,30	25,50	23,50
Peso del agua Ww (gr)		19,30	20,30	16,50	18,40
Peso de la muestra seca Ws (gr)		38,30	37,90	33,80	36,20
Contenido de humedad W%		50,39%	53,56%	48,82%	50,83%
Promedio de W%		51,98%		49,82%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		2816,95		2887,41	
$V_a =$	W	838,01	0,00	866,39	0,00
$V_w =$	W	1978,94	1978,94	2021,02	2021,02
$V_s =$	W	1405,45	3807,36	1497,39	4056,43
$V_m =$	V	4222,40	5786,30	4384,80	6077,45
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,370		1,386	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		0,902		0,925	
Relación de Vacíos e		2,004		1,928	
Porosidad n%		66,71		65,85	
Grado de saturación del agua Gw% =		70,25		69,99	
Grado de saturación del aire Ga%		29,75		30,01	
Gravedad Específica Gs (gr/cm³)		2,709		2,709	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		867,8		779,6	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		2,1		1,9	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		0,70		0,63	
Cohesión c (Kg/cm²)		1,05		0,95	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

		14 días			
% de Cal		0%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		6112	5822		
Peso masa del suelo 14 días +tabla (gr)		4885	4618		
Peso tabla (gr)		125,70	130,60		
Peso masa del suelo Wm (gr)		5986,30	5691,40		
Peso masa del suelo Wm 14 días (gr)		4759,30	4487,40		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		10,7	10,1		
Volumen de la masa (cm³)		4344,20	4100,60		
Ancho del bloque 14 días (cm)		29,2	29,2		
Largo del bloque 14 días (cm)		14,3	14,2		
Altura del bloque 14 días (cm)		10,9	10,3		
Volumen de la masa 14 días (cm²)		4551,40	4270,79		
% de Esponjamiento del bloque		4,77	4,15		
% Humedad perdida en 14 días		25,78	26,83		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		79,10	82,50	75,80	78,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		59,80	62,20	59,30	59,70
Peso del recip (gr)		21,50	24,30	25,50	23,50
Peso del agua Ww (gr)		19,30	20,30	16,50	18,40
Peso de la muestra seca Ws (gr)		38,30	37,90	33,80	36,20
Contenido de humedad W%		50,39%	53,56%	48,82%	50,83%
Promedio de W%		51,98%		49,82%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
Vv=		2890,17		2698,33	
Va =		W 842,83	0,00	805,68	0,00
Vw =		W 2047,34	2047,34	1892,64	1892,64
Vs =		W 1454,03	3938,96	1402,27	3798,76
Vm=		V 4344,20	5986,30	4100,60	5691,40
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,378		1,388	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		0,907		0,926	
Relación de Vacíos e		1,988		1,924	
Porosidad n%		66,53		65,80	
Grado de saturación del agua Gw% =		70,84		70,14	
Grado de saturación del aire Ga%		29,16		29,86	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm³)		2,709		2,709	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		1127,4		1161,0	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		2,70		2,80	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		0,90		0,93	
Cohesión c (Kg/cm²)		1,35		1,40	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

		21 días			
% de Cal		0%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		6531	6312		
Peso masa del suelo 21 días +tabla (gr)		4962	4755		
Peso tabla (gr)		125,70	132,10		
Peso masa del suelo Wm (gr)		6405,30	6179,90		
Peso masa del suelo Wm 21 días (gr)		4836,30	4622,90		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,4	11,1		
Volumen de la masa (cm ³)		4628,40	4506,60		
Ancho del bloque 21 días (cm)		29,3	29,3		
Largo del bloque 21 días (cm)		14,2	14,3		
Altura del bloque 21 días (cm)		11,7	11,3		
Volumen de la masa 21 días (cm ²)		4867,90	4734,59		
% de Esponjamiento del bloque		5,17	5,06		
% Humedad perdida en 21 días		32,44	33,68		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		79,10	82,50	75,80	78,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		59,80	62,20	59,30	59,70
Peso del recip (gr)		21,50	24,30	25,50	23,50
Peso del agua Ww (gr)		19,30	20,30	16,50	18,40
Peso de la muestra seca Ws (gr)		38,30	37,90	33,80	36,20
Contenido de humedad W%		50,39%	53,56%	48,82%	50,83%
Promedio de W%		51,98%		49,82%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		3072,60		2983,97	
$V_a =$		881,96	0,00	928,88	0,00
$V_w =$		2190,64	2190,64	2055,09	2055,09
$V_s =$		1555,80	4214,66	1522,63	4124,81
$V_m =$		4628,40	6405,30	4506,60	6179,90
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm ³)		1,384		1,371	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)		0,911		0,915	
Relación de Vacíos e		1,975		1,960	
Porosidad n%		66,39		66,21	
Grado de saturación del agua Gw% =		71,30		68,87	
Grado de saturación del aire Ga%		28,70		31,13	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm ³)		2,709		2,709	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		1331,4		1424,6	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm ²)		3,2		3,4	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm ²)		1,07		1,13	
Cohesión c (Kg/cm ²)		1,60		1,70	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cal

		7 días			
% de Cal		7,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		5884	6235		
Peso masa del suelo 7 días +tabla (gr)		5515	5943		
Peso tabla (gr)		134,50	146,50		
Peso masa del suelo Wm (gr)		5749,50	6088,50		
Peso masa del suelo Wm 7 días (gr)		5380,50	5796,50		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		10,7	11,2		
Volumen de la masa (cm³)		4344,20	4547,20		
Ancho del bloque 7 días (cm)		29	29		
Largo del bloque 7 días (cm)		14,1	14		
Altura del bloque 7 días (cm)		10,8	11,3		
Volumen de la masa 7 días (cm²)		4416,12	4587,80		
% de Esponjamiento del bloque		1,66	0,89		
% Humedad perdida en 7 días		6,86	5,04		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		84,70	93,60	125,60	109,70
Peso de la muestra seca + recip (gr)		62,20	68,30	88,40	77,90
Peso del recip (gr)		25,10	24,70	26,70	26,10
Peso del agua Ww (gr)		22,50	25,30	37,20	31,80
Peso de la muestra seca Ws (gr)		37,10	43,60	61,70	51,80
Contenido de humedad W%		60,65%	58,03%	60,29%	61,39%
Promedio de W%		59,34%		60,84%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		2991,22		3127,85	
$V_a =$	W	850,11	0,00	824,76	0,00
$V_w =$	W	2141,12	2141,12	2303,08	2303,08
$V_s =$	W	1352,98	3608,38	1419,35	3785,42
$V_m =$	V	4344,20	5749,50	4547,20	6088,50
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,323		1,339	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		0,831		0,832	
Relación de Vacíos e		2,211		2,204	
Porosidad n%		68,86		68,79	
Grado de saturación del agua Gw% =		71,58		73,63	
Grado de saturación del aire Ga%		28,42		26,37	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm³)		2,667		2,667	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		1786,4		1948,8	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		4,4		4,8	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		1,47		1,60	
Cohesión c (Kg/cm²)		2,20		2,40	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cal

	14 días			
% de Cal	7,50%			
Bloque	1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO				
Peso masa del suelo + tabla (gr)	5857	6192		
Peso masa del suelo 14 días +tabla (gr)	5318	5562		
Peso tabla (gr)	140,60	146,50		
Peso masa del suelo Wm (gr)	5716,40	6045,50		
Peso masa del suelo Wm 14 días (gr)	5177,40	5415,50		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO				
Ancho del bloque (cm)	29	29		
Largo del bloque (cm)	14	14		
Altura del bloque (cm)	10,6	11,2		
Volumen de la masa (cm ³)	4303,60	4547,20		
Ancho del bloque 14 días (cm)	29,1	29,1		
Largo del bloque 14 días (cm)	14,1	14		
Altura del bloque 14 días (cm)	10,8	11,4		
Volumen de la masa 14 días (cm ²)	4431,35	4644,36		
% de Esponjamiento del bloque	2,97	2,14		
% Humedad perdida en 14 días	10,41	11,63		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%				
Muestra	1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)	84,70	93,60	125,60	109,70
Peso de la muestra seca + recip (gr)	62,20	68,30	88,40	77,90
Peso del recip (gr)	25,10	24,70	26,70	26,10
Peso del agua Ww (gr)	22,50	25,30	37,20	31,80
Peso de la muestra seca Ws (gr)	37,10	43,60	61,70	51,80
Contenido de humedad W%	60,65%	58,03%	60,29%	61,39%
Promedio de W%	59,34%		60,84%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE				
	Volumen	Peso	Volumen	Peso
Vv=	2958,41		3137,87	
Va = W	829,63	0,00	851,05	0,00
Vw = W	2128,79	2128,79	2286,82	2286,82
Vs = W	1345,19	3587,61	1409,33	3758,68
Vm=	4303,60	5716,40	4547,20	6045,50
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm ³)	1,328		1,329	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	0,834		0,827	
Relación de Vacíos e	2,199		2,226	
Porosidad n%	68,74		69,01	
Grado de saturación del agua Gw% =	71,96		72,88	
Grado de saturación del aire Ga%	28,04		27,12	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm ³)	2,667		2,667	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO				
Carga máxima (kg)	2354,8	2436,0		
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm ²)	5,8	6,00		
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm ²)	1,93	2,00		
Cohesión c (Kg/cm ²)	2,90	3,00		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cal

	21 días			
% de Cal	7,50%			
Bloque	1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO				
Peso masa del suelo + tabla (gr)	6305	6353		
Peso masa del suelo 21 días +tabla (gr)	5168	5172		
Peso tabla (gr)	142,00	132,00		
Peso masa del suelo Wm (gr)	6163,00	6221,00		
Peso masa del suelo Wm 21 días (gr)	5026,00	5040,00		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO				
Ancho del bloque (cm)	29	29		
Largo del bloque (cm)	14	14		
Altura del bloque (cm)	11,2	11,5		
Volumen de la masa (cm ³)	4547,20	4669,00		
Ancho del bloque 21 días (cm)	29,2	29,2		
Largo del bloque 21 días (cm)	14,1	14,1		
Altura del bloque 21 días (cm)	11,5	11,8		
Volumen de la masa 21 días (cm ²)	4734,78	4858,30		
% de Esponjamiento del bloque	4,13	4,05		
% Humedad perdida en 21 días	22,62	23,43		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%				
Muestra	1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)	84,70	93,60	125,60	109,70
Peso de la muestra seca + recip (gr)	62,20	68,30	88,40	77,90
Peso del recip (gr)	25,10	24,70	26,70	26,10
Peso del agua Ww (gr)	22,50	25,30	37,20	31,80
Peso de la muestra seca Ws (gr)	37,10	43,60	61,70	51,80
Contenido de humedad W%	60,65%	58,03%	60,29%	61,39%
Promedio de W%	59,34%		60,84%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE				
	Volumen	Peso	Volumen	Peso
Vv=	3096,92		3218,76	
Va = W	801,82	0,00	865,56	0,00
Vw = V	2295,10	2295,10	2353,20	2353,20
Vs = W	1450,28	3867,90	1450,24	3867,80
Vm=	4547,20	6163,00	4669,00	6221,00
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm ³)	1,355		1,332	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	0,851		0,828	
Relación de Vacíos e	2,135		2,219	
Porosidad n%	68,11		68,94	
Grado de saturación del agua Gw% =	74,11		73,11	
Grado de saturación del aire Ga%	25,89		26,89	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm ³)	2,667		2,667	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO				
Carga máxima (kg)	2476,6		2557,8	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm ²)	6,1		6,3	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm ²)	2,03		2,10	
Cohesión c (Kg/cm ²)	3,05		3,15	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cal

		7 días			
% de Cal		12,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		5699	5853		
Peso masa del suelo 7 días +tabla (gr)		5302	5471		
Peso tabla (gr)		133,20	136,50		
Peso masa del suelo Wm (gr)		5565,80	5716,50		
Peso masa del suelo Wm 7 días (gr)		5168,80	5334,50		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		10,4	10,8		
Volumen de la masa (cm³)		4222,40	4384,80		
Ancho del bloque 7 días (cm)		29,1	29,1		
Largo del bloque 7 días (cm)		14	14		
Altura del bloque 7 días (cm)		10,5	10,8		
Volumen de la masa 7 días (cm²)		4277,70	4399,92		
% de Esponjamiento del bloque		1,31	0,34		
% Humedad perdida en 7 días		7,68	7,16		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		86,70	91,60	110,60	107,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		61,60	65,10	76,50	74,50
Peso del recip (gr)		22,80	24,80	25,50	24,80
Peso del agua Ww (gr)		25,10	26,50	34,10	32,60
Peso de la muestra seca Ws (gr)		38,80	40,30	51,00	49,70
Contenido de humedad W%		64,69%	65,76%	66,86%	65,59%
Promedio de W%		65,22%		66,23%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		2947,85		3083,65	
$V_a =$		W 750,69	0,00	806,09	0,00
$V_w =$		W 2197,16	2197,16	2277,55	2277,55
$V_s =$		W 1274,55	3368,64	1301,15	3438,95
$V_m =$		4222,40	5565,80	4384,80	5716,50
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,318		1,304	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		0,798		0,784	
Relación de Vacíos e		2,313		2,370	
Porosidad n%		69,81		70,33	
Grado de saturación del agua Gw% =		74,53		73,86	
Grado de saturación del aire Ga%		25,47		26,14	
Gravedad Específica Gs (gr/cm³)		2,643		2,643	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		2395,4		2517,2	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		5,9		6,2	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		1,97		2,07	
Cohesión c (Kg/cm²)		2,95		3,10	



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cal

		14 días			
		12,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		6043	5756		
Peso masa del suelo 14 días +tabla (gr)		5334	5143		
Peso tabla (gr)		137,80	139,70		
Peso masa del suelo Wm (gr)		5905,20	5616,30		
Peso masa del suelo Wm 14 días (gr)		5196,20	5003,30		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,1	10,5		
Volumen de la masa (cm³)		4506,60	4263,00		
Ancho del bloque 14 días (cm)		29,1	29,1		
Largo del bloque 14 días (cm)		14	14,1		
Altura del bloque 14 días (cm)		11,3	10,6		
Volumen de la masa 14 días (cm²)		4603,62	4349,29		
% de Esponjamiento del bloque		2,15	2,02		
% Humedad perdida en 14 días		13,64	12,25		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		86,70	91,60	110,60	107,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		61,60	65,10	76,50	74,50
Peso del recip (gr)		22,80	24,80	25,50	24,80
Peso del agua Ww (gr)		25,10	26,50	34,10	32,60
Peso de la muestra seca Ws (gr)		38,80	40,30	51,00	49,70
Contenido de humedad W%		64,69%	65,76%	66,86%	65,59%
Promedio de W%		65,22%		66,23%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		3154,33		2984,65	
$V_a =$		823,19	0,00	747,02	0,00
$V_w =$		2331,14	2331,14	2237,63	2237,63
$V_s =$		1352,27	3574,06	1278,35	3378,67
$V_m =$		4506,60	5905,20	4263,00	5616,30
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,310		1,317	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		0,793		0,793	
Relación de Vacíos e		2,333		2,335	
Porosidad n%		69,99		70,01	
Grado de saturación del agua Gw% =		73,90		74,97	
Grado de saturación del aire Ga%		26,10		25,03	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm³)		2,643		2,643	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		3045,0		3207,4	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		7,5		7,90	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		2,50		2,63	
Cohesión c (Kg/cm²)		3,75		3,95	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

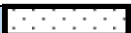
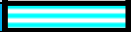


UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cal

		21 días			
% de Cal		12,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		6123	6052		
Peso masa del suelo 21 días +tabla (gr)		4926	4897		
Peso tabla (gr)		142,70	138,20		
Peso masa del suelo Wm (gr)		5980,30	5913,80		
Peso masa del suelo Wm 21 días (gr)		4783,30	4758,80		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,3	11,1		
Volumen de la masa (cm³)		4587,80	4506,60		
Ancho del bloque 21 días (cm)		29,2	29,2		
Largo del bloque 21 días (cm)		14,1	14,1		
Altura del bloque 21 días (cm)		11,5	11,3		
Volumen de la masa 21 días (cm²)		4734,78	4652,44		
% de Esponjamiento del bloque		3,20	3,24		
% Humedad perdida en 21 días		25,02	24,27		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		86,70	91,60	110,60	107,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		61,60	65,10	76,50	74,50
Peso del recip (gr)		22,80	24,80	25,50	24,80
Peso del agua Ww (gr)		25,10	26,50	34,10	32,60
Peso de la muestra seca Ws (gr)		38,80	40,30	51,00	49,70
Contenido de humedad W%		64,69%	65,76%	66,86%	65,59%
Promedio de W%		65,22%		66,23%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		3218,33		3160,54	
$V_a =$		857,54	0,00	804,38	0,00
$V_w =$		2360,78	2360,78	2356,16	2356,16
$V_s =$		1369,47	3619,52	1346,06	3557,64
$V_m =$		4587,80	5980,30	4506,60	5913,80
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,304		1,312	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		0,789		0,789	
Relación de Vacíos e		2,350		2,348	
Porosidad n%		70,15		70,13	
Grado de saturación del agua Gw% =		73,35		74,55	
Grado de saturación del aire Ga%		26,65		25,45	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm³)		2,643		2,643	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		3329,2		3207,4	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		8,2		7,9	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		2,73		2,63	
Cohesión c (Kg/cm²)		4,10		3,95	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5% Cloruro de Sodio

		7 días			
% de Cloruro de Sodio		2,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		6625	6545		
Peso masa del suelo 7 días +tabla (gr)		6167	6179		
Peso tabla (gr)		134,60	136,90		
Peso masa del suelo Wm (gr)		6490,40	6408,10		
Peso masa del suelo Wm 7 días (gr)		6032,40	6042,10		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,1	10,9		
Volumen de la masa (cm³)		4506,60	4425,40		
Ancho del bloque 7 días (cm)		29,1	29,1		
Largo del bloque 7 días (cm)		14,1	14,1		
Altura del bloque 7 días (cm)		11,2	11		
Volumen de la masa 7 días (cm²)		4595,47	4513,41		
% de Esponjamiento del bloque		1,97	1,99		
% Humedad perdida en 7 días		7,59	6,06		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		73,40	71,20	75,40	79,50
Peso de la muestra seca + recip (gr)		57,90	56,40	59,70	62,10
Peso del recip (gr)		25,50	24,30	25,80	25,80
Peso del agua Ww (gr)		15,50	14,80	15,70	17,40
Peso de la muestra seca Ws (gr)		32,40	32,10	33,90	36,30
Contenido de humedad W%		47,84%	46,11%	46,31%	47,93%
Promedio de W%		46,97%		47,12%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		2867,48		2808,72	
$V_a =$		$W_a =$ 793,14	0,00	756,22	0,00
$V_w =$		$W_w =$ 2074,34	2074,34	2052,50	2052,50
$V_s =$		$W_s =$ 1639,12	4416,06	1616,68	4355,60
$V_m =$		$W_m =$ 4506,60	6490,40	4425,40	6408,10
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,440		1,448	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		0,980		0,984	
Relación de Vacíos e		1,749		1,737	
Porosidad n%		63,63		63,47	
Grado de saturación del agua Gw% =		72,34		73,08	
Grado de saturación del aire Ga%		27,66		26,92	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm³)		2,694		2,694	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		1600,2		1518,1	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		3,9		3,7	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		1,30		1,23	
Cohesión c (Kg/cm²)		1,95		1,85	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)



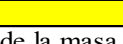
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5% Cloruro de Sodio

		14 días			
% de Cloruro de Sodio		2,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		6843	6252		
Peso masa del suelo 14 días +tabla (gr)		6035	5598		
Peso tabla (gr)		125,50	134,70		
Peso masa del suelo Wm (gr)		6717,50	6117,30		
Peso masa del suelo Wm 14 días (gr)		5909,50	5463,30		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,5	10,5		
Volumen de la masa (cm³)		4669,00	4263,00		
Ancho del bloque 14 días (cm)		29,1	29,2		
Largo del bloque 14 días (cm)		14,2	14,1		
Altura del bloque 14 días (cm)		11,7	10,7		
Volumen de la masa 14 días (cm²)		4834,67	4405,40		
% de Esponjamiento del bloque		3,55	3,34		
% Humedad perdida en 14 días		13,67	11,97		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		73,40	71,20	75,40	79,50
Peso de la muestra seca + recip (gr)		57,90	56,40	59,70	62,10
Peso del recip (gr)		25,50	24,30	25,80	25,80
Peso del agua Ww (gr)		15,50	14,80	15,70	17,40
Peso de la muestra seca Ws (gr)		32,40	32,10	33,90	36,30
Contenido de humedad W%		47,84%	46,11%	46,31%	47,93%
Promedio de W%		46,97%		47,12%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
Vv=		2972,53		2719,69	
Va = 	Wa=	825,60	0,00	760,33	0,00
Vw = 	Ww=	2146,92	2146,92	1959,36	1959,36
Vs = 	Ws=	1696,47	4570,58	1543,31	4157,94
Vm=	Wm=	4669,00	6717,50	4263,00	6117,30
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,439		1,435	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		0,979		0,975	
Relación de Vacíos e		1,752		1,762	
Porosidad n%		63,67		63,80	
Grado de saturación del agua Gw% =		72,23		72,04	
Grado de saturación del aire Ga%		27,77		27,96	
Gravedad Específica Gs (gr/cm³)		2,694		2,694	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		2396,7		2552,7	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		5,80		6,20	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		1,93		2,07	
Cohesión c (Kg/cm²)		2,90		3,10	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
FECHA: 18 de Julio del 2016 **REVISADO POR:** M.Sc. Frison Moreira
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5% Cloruro de Sodio

		21 días			
		2,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		6626	6362		
Peso masa del suelo 21 días +tabla (gr)		5620	5420		
Peso tabla (gr)		145,10	145,10		
Peso masa del suelo Wm (gr)		6480,90	6216,90		
Peso masa del suelo Wm 21 días (gr)		5474,90	5274,90		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,1	10,5		
Volumen de la masa (cm ³)		4506,60	4263,00		
Ancho del bloque 21 días (cm)		29,2	29,2		
Largo del bloque 21 días (cm)		14,2	14,2		
Altura del bloque 21 días (cm)		11,3	10,7		
Volumen de la masa 21 días (cm ²)		4685,43	4436,65		
% de Esponjamiento del bloque		3,97	4,07		
% Humedad perdida en 21 días		18,37	17,86		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		73,40	71,20	75,40	79,50
Peso de la muestra seca + recip (gr)		57,90	56,40	59,70	62,10
Peso del recip (gr)		25,50	24,30	25,80	25,80
Peso del agua Ww (gr)		15,50	14,80	15,70	17,40
Peso de la muestra seca Ws (gr)		32,40	32,10	33,90	36,30
Contenido de humedad W%		47,84%	46,11%	46,31%	47,93%
Promedio de W%		46,97%		47,12%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
Vv=		2869,88		2694,56	
Va =		Wa= 798,57	0,00	703,30	0,00
Vw =		Ww= 2071,31	2071,31	1991,26	1991,26
Vs =		Ws= 1636,72	4409,59	1568,44	4225,64
Vm=		Wm= 4506,60	6480,90	4263,00	6216,90
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm ³)		1,438		1,458	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)		0,978		0,991	
Relación de Vacíos e		1,753		1,718	
Porosidad n%		63,68		63,21	
Grado de saturación del agua Gw% =		72,17		73,90	
Grado de saturación del aire Ga%		27,83		26,10	
Gravedad Específica Gs (gr/cm ³)		2,694		2,694	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		2778,1		2653,7	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm ²)		6,7		6,4	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm ²)		2,23		2,13	
Cohesión c (Kg/cm ²)		3,35		3,20	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)




UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cloruro de Sodio

		7 días			
		7,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		7035	6615		
Peso masa del suelo 7 días +tabla (gr)		6745	6333		
Peso tabla (gr)		145,50	146,50		
Peso masa del suelo Wm (gr)		6889,50	6468,50		
Peso masa del suelo Wm 7 días (gr)		6599,50	6186,50		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,5	10,7		
Volumen de la masa (cm ³)		4669,00	4344,20		
Ancho del bloque 7 días (cm)		29,2	29,2		
Largo del bloque 7 días (cm)		14,2	14,2		
Altura del bloque 7 días (cm)		11,6	10,9		
Volumen de la masa 7 días (cm ³)		4809,82	4519,58		
% de Esponjamiento del bloque		3,02	4,04		
% Humedad perdida en 7 días		4,39	4,56		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		85,70	78,60	125,60	109,70
Peso de la muestra seca + recip (gr)		67,10	61,20	95,40	83,90
Peso del recip (gr)		24,30	21,60	26,70	26,10
Peso del agua Ww (gr)		18,60	17,40	30,20	25,80
Peso de la muestra seca Ws (gr)		42,80	39,60	68,70	57,80
Contenido de humedad W%		43,46%	43,94%	43,96%	44,64%
Promedio de W%		43,70%		44,30%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		2871,60		2663,64	
$V_a =$		$W_a =$ 776,50	0,00	677,88	0,00
$V_w =$		$W_w =$ 2095,09	2095,09	1985,76	1985,76
$V_s =$		$W_s =$ 1797,40	4794,41	1680,56	4482,74
$V_m =$		$W_m =$ 4669,00	6889,50	4344,20	6468,50
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm ³)		1,476		1,489	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)		1,027		1,032	
Relación de Vacíos e		1,598		1,585	
Porosidad n%		61,50		61,31	
Grado de saturación del agua Gw% =		72,96		74,55	
Grado de saturación del aire Ga%		27,04		25,45	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm ³)		2,667		2,667	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		829,3		953,7	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm ²)		2		2,3	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm ²)		0,67		0,77	
Cohesión c (Kg/cm ²)		1,00		1,15	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)





UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cloruro de Sodio

	14 días			
% de Cloruro de Sodio	7,50%			
Bloque	1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO				
Peso masa del suelo + tabla (gr)	6698	7239		
Peso masa del suelo 14 días +tabla (gr)	6234	6693		
Peso tabla (gr)	135,60	146,50		
Peso masa del suelo Wm (gr)	6562,40	7092,50		
Peso masa del suelo Wm 14 días (gr)	6098,40	6546,50		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO				
Ancho del bloque (cm)	29	29		
Largo del bloque (cm)	14	14		
Altura del bloque (cm)	11	11,8		
Volumen de la masa (cm ³)	4466,00	4790,80		
Ancho del bloque 14 días (cm)	29,3	29,4		
Largo del bloque 14 días (cm)	14,3	14,3		
Altura del bloque 14 días (cm)	11,3	12		
Volumen de la masa 14 días (cm ²)	4734,59	5045,04		
% de Esponjamiento del bloque	6,01	5,31		
% Humedad perdida en 14 días	7,61	8,34		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%				
Muestra	1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)	85,70	78,60	125,60	109,70
Peso de la muestra seca + recip (gr)	67,10	61,20	95,40	83,90
Peso del recip (gr)	24,30	21,60	26,70	26,10
Peso del agua Ww (gr)	18,60	17,40	30,20	25,80
Peso de la muestra seca Ws (gr)	42,80	39,60	68,70	57,80
Contenido de humedad W%	43,46%	43,94%	43,96%	44,64%
Promedio de W%	43,70%		44,30%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE				
	Volumen	Peso	Volumen	Peso
Vv=	2753,93		2948,12	
Va =  Wa=	758,31	0,00	770,80	0,00
Vw =  Ww=	1995,62	1995,62	2177,32	2177,32
Vs =  Ws=	1712,07	4566,78	1842,68	4915,18
Vm=  Wm=	4466,00	6562,40	4790,80	7092,50
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm ³)	1,469		1,480	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1,023		1,026	
Relación de Vacíos e	1,609		1,600	
Porosidad n%	61,66		61,54	
Grado de saturación del agua Gw% =	72,46		73,85	
Grado de saturación del aire Ga%	27,54		26,15	
Gravedad Específica Gs (gr/cm ³)	2,667		2,667	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO				
Carga máxima (kg)	1759,8		1681,7	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm ²)	4,20		4,00	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm ²)	1,40		1,33	
Cohesión c (Kg/cm ²)	2,10		2,00	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
FECHA: 18 de Julio del 2016 **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cloruro de Sodio

		21 días			
% de Cloruro de Sodio		7,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		7313	6841		
Peso masa del suelo 21 días +tabla (gr)		6501	6022		
Peso tabla (gr)		132,00	132,00		
Peso masa del suelo Wm (gr)		7181,00	6709,00		
Peso masa del suelo Wm 21 días (gr)		6369,00	5890,00		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,9	11,2		
Volumen de la masa (cm³)		4831,40	4547,20		
Ancho del bloque 21 días (cm)		29,7	29,6		
Largo del bloque 21 días (cm)		14,6	14,7		
Altura del bloque 21 días (cm)		12,3	11,7		
Volumen de la masa 21 días (cm²)		5333,53	5090,90		
% de Esponjamiento del bloque		10,39	11,96		
% Humedad perdida en 21 días		12,75	13,90		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		85,70	78,60	125,60	109,70
Peso de la muestra seca + recip (gr)		67,10	61,20	95,40	83,90
Peso del recip (gr)		24,30	21,60	26,70	26,10
Peso del agua Ww (gr)		18,60	17,40	30,20	25,80
Peso de la muestra seca Ws (gr)		42,80	39,60	68,70	57,80
Contenido de humedad W%		43,46%	43,94%	43,96%	44,64%
Promedio de W%		43,70%		44,30%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		2957,95		2804,16	
$V_a =$		$W_a =$ 774,21	0,00	744,56	0,00
$V_w =$		$W_w =$ 2183,74	2183,74	2059,59	2059,59
$V_s =$		$W_s =$ 1873,45	4997,26	1743,04	4649,41
$V_m =$		$W_m =$ 4831,40	7181,00	4547,20	6709,00
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,486		1,475	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		1,034		1,022	
Relación de Vacíos e		1,579		1,609	
Porosidad n%		61,22		61,67	
Grado de saturación del agua Gw% =		73,83		73,45	
Grado de saturación del aire Ga%		26,17		26,55	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm³)		2,667		2,667	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		1691,1		1784,0	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		3,9		4,1	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		1,30		1,37	
Cohesión c (Kg/cm²)		1,95		2,05	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cloruro de Sodio

		7 días			
% de Cloruro de Sodio		12,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		7015	6753		
Peso masa del suelo 7 días +tabla (gr)		6881	6595		
Peso tabla (gr)		134,80	136,50		
Peso masa del suelo Wm (gr)		6880,20	6616,50		
Peso masa del suelo Wm 7 días (gr)		6746,20	6458,50		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,2	10,9		
Volumen de la masa (cm ³)		4547,20	4425,40		
Ancho del bloque 7 días (cm)		29,3	29,3		
Largo del bloque 7 días (cm)		14,2	14,3		
Altura del bloque 7 días (cm)		11,4	11,1		
Volumen de la masa 7 días (cm ²)		4743,08	4650,79		
% de Esponjamiento del bloque		4,31	5,09		
% Humedad perdida en 7 días		1,99	2,45		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		75,40	69,80	110,60	107,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		60,70	56,40	85,90	83,10
Peso del recip (gr)		25,30	24,30	25,50	24,80
Peso del agua Ww (gr)		14,70	13,40	24,70	24,00
Peso de la muestra seca Ws (gr)		35,40	32,10	60,40	58,30
Contenido de humedad W%		41,53%	41,74%	40,89%	41,17%
Promedio de W%		41,63%		41,03%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
Vv=		2709,25		2650,32	
Va =		Wa= 686,75	0,00	725,36	0,00
Vw =		Ww= 2022,50	2022,50	1924,95	1924,95
Vs =		Ws= 1837,95	4857,70	1775,08	4691,55
Vm=		Wm= 4547,20	6880,20	4425,40	6616,50
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm ³)		1,513		1,495	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)		1,068		1,060	
Relación de Vacíos e		1,474		1,493	
Porosidad n%		59,58		59,89	
Grado de saturación del agua Gw% =		74,65		72,63	
Grado de saturación del aire Ga%		25,35		27,37	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm ³)		2,643		2,643	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		582,5		460,9	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm ²)		1,4		1,1	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm ²)		0,47		0,37	
Cohesión c (Kg/cm ²)		0,70		0,55	



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cloruro de Sodio

		14 días			
% de Cloruro de Sodio		12,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		7294	6652		
Peso masa del suelo 14 días +tabla (gr)		6932	6393		
Peso tabla (gr)		146,50	139,70		
Peso masa del suelo Wm (gr)		7147,50	6512,30		
Peso masa del suelo Wm 14 días (gr)		6785,50	6253,30		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,8	10,6		
Volumen de la masa (cm³)		4790,80	4303,60		
Ancho del bloque 14 días (cm)		29,4	29,4		
Largo del bloque 14 días (cm)		14,3	14,4		
Altura del bloque 14 días (cm)		12,5	11		
Volumen de la masa 14 días (cm²)		5255,25	4656,96		
% de Esponjamiento del bloque		9,69	8,21		
% Humedad perdida en 14 días		5,33	4,14		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		75,40	69,80	110,60	107,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		60,70	56,40	85,90	83,10
Peso del recip (gr)		25,30	24,30	25,50	24,80
Peso del agua Ww (gr)		14,70	13,40	24,70	24,00
Peso de la muestra seca Ws (gr)		35,40	32,10	60,40	58,30
Contenido de humedad W%		41,53%	41,74%	40,89%	41,17%
Promedio de W%		41,63%		41,03%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		2881,45		2556,47	
$V_a =$		780,37	0,00	661,83	0,00
$V_w =$		2101,08	2101,08	1894,64	1894,64
$V_s =$		1909,35	5046,42	1747,13	4617,66
$V_m =$		4790,80	7147,50	4303,60	6512,30
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm³)		1,492		1,513	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm³)		1,053		1,073	
Relación de Vacíos e		1,509		1,463	
Porosidad n%		60,15		59,40	
Grado de saturación del agua Gw% =		72,92		74,11	
Grado de saturación del aire Ga%		27,08		25,89	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm³)		2,643		2,643	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		643,2		635,0	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm²)		1,53		1,50	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm²)		0,51		0,50	
Cohesión c (Kg/cm²)		0,77		0,75	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

FECHA: 18 de Julio del 2016

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cloruro de Sodio

		21 días			
		12,50%			
Bloque		1	2		
1. DETERMINACIÓN DEL SUELO					
Peso masa del suelo + tabla (gr)		7152	7443		
Peso masa del suelo 21 días +tabla (gr)		6686	6884		
Peso tabla (gr)		138,20	138,20		
Peso masa del suelo Wm (gr)		7013,80	7304,80		
Peso masa del suelo Wm 21 días (gr)		6547,80	6745,80		
2. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL SUELO					
Ancho del bloque (cm)		29	29		
Largo del bloque (cm)		14	14		
Altura del bloque (cm)		11,5	11,9		
Volumen de la masa (cm ³)		4669,00	4831,40		
Ancho del bloque 21 días (cm)		30,1	30,2		
Largo del bloque 21 días (cm)		14,9	14,9		
Altura del bloque 21 días (cm)		12,4	12,7		
Volumen de la masa 21 días (cm ²)		5561,28	5714,75		
% de Esponjamiento del bloque		19,11	18,28		
% Humedad perdida en 21 días		7,12	8,29		
3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEAD W%					
Muestra		1	2	1	2
Peso de la muestra humedad+recip (gr)		75,40	69,80	110,60	107,10
Peso de la muestra seca + recip (gr)		60,70	56,40	85,90	83,10
Peso del recip (gr)		25,30	24,30	25,50	24,80
Peso del agua Ww (gr)		14,70	13,40	24,70	24,00
Peso de la muestra seca Ws (gr)		35,40	32,10	60,40	58,30
Contenido de humedad W%		41,53%	41,74%	40,89%	41,17%
Promedio de W%		41,63%		41,03%	
4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE					
		Volumen	Peso	Volumen	Peso
$V_v =$		2795,36		2871,66	
$V_a =$		$W_a =$ 733,59	0,00	746,46	0,00
$V_w =$		$W_w =$ 2061,77	2061,77	2125,20	2125,20
$V_s =$		$W_s =$ 1873,64	4952,03	1959,74	5179,60
$V_m =$		$W_m =$ 4669,00	7013,80	4831,40	7304,80
Peso Volumétrico de la masa γ_m (gr/cm ³)		1,502		1,512	
Peso Volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)		1,061		1,072	
Relación de Vacíos e		1,492		1,465	
Porosidad n%		59,87		59,44	
Grado de saturación del agua Gw% =		73,76		74,01	
Grado de saturación del aire Ga%		26,24		25,99	
Gravedad Especifica Gs (gr/cm ³)		2,643		2,643	
5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL SUELO					
Carga máxima (kg)		1210,9		1394,9	
Esfuerzo ultimo qult (Kg/cm ²)		2,7		3,1	
Esfuerzo admisible qadm (Kg/cm ²)		0,90		1,03	
Cohesión c (Kg/cm ²)		1,35		1,55	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 1 de Julio del 2016

NORMAS: AASHTO T-180

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15190	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2294,84	cm ³
Energía de Compactación (kg cm ³ /cm ³)	12317					
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

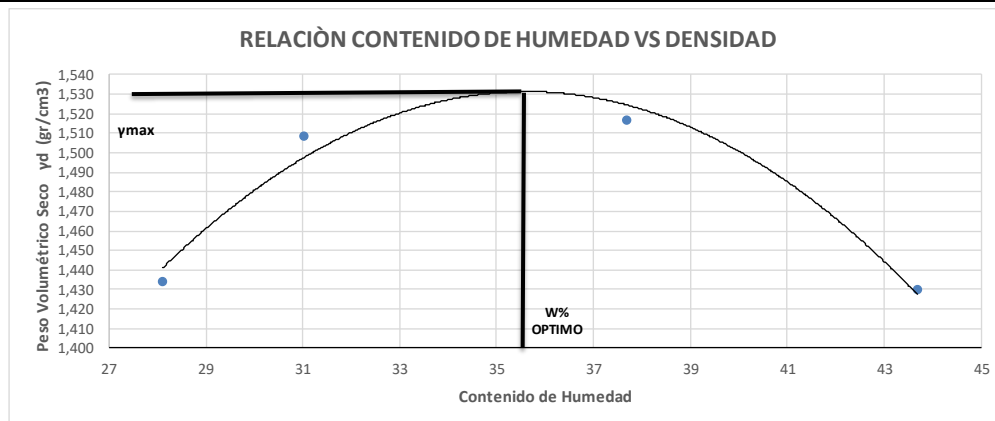
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19407	19726	19984	19905
Peso suelo humedo Wm (gr)	4217	4536	4794	4715
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,838	1,977	2,089	2,055

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso del recipiente W _r	26,1	26,4	26,8	22,9	26,2	25,1	22,7	24,8
Rec+suelo humedo W _r +W _m	93,7	107	92,3	93,4	104,1	105	92,6	95,7
Rec+suelo seco W _s + W _m	78,8	89,4	76,9	76,6	82,9	83	71,5	74
Peso solidos W _s	52,7	63	50,1	53,7	56,7	57,9	48,8	49,2
Peso del agua W _w	14,9	17,6	15,4	16,8	21,2	22	21,1	21,7
Cont. Humedad $\omega\%$	28,27	27,94	30,74	31,28	37,39	38,00	43,24	44,11
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	28,10		31,01		37,69		43,67	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,434		1,509		1,517		1,430	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Densidad máxima γ_{max}	1,531	gr/cm ³
Contenido de humedad óptimo	35,3	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5% Cal

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 1 de Julio del 2016

NORMAS: AASHTO T-180

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15190	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2294,84	cm ³
Energía de Compactación (kg cm ³)	12317					
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

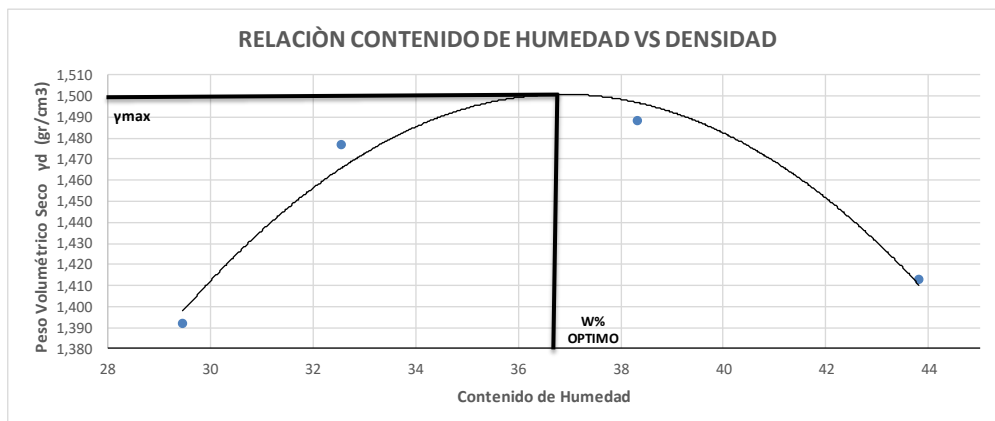
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19326	19684	19916	19853
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4136	4494	4726	4663
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,802	1,958	2,059	2,032

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso del recipiente W _r	22,9	22,7	25,7	24,8	26,8	25,6	24,1	25,8
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	89,6	91,3	107,4	104,3	94,7	92,7	97,2	100,4
Rec+suelo seco W _s + W _m	74,5	75,6	87,2	84,9	75,9	74,1	75	77,6
Peso solidos W _s	51,6	52,9	61,5	60,1	49,1	48,5	50,9	51,8
Peso del agua W _w	15,1	15,7	20,2	19,4	18,8	18,6	22,2	22,8
Cont. Humedad ω %	29,26	29,68	32,85	32,28	38,29	38,35	43,61	44,02
Cont. Humedad promedio ω %	29,47		32,56		38,32		43,82	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,392		1,477		1,489		1,413	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Densidad máxima γ_{max}	1,501	gr/cm ³
Contenido de humedad óptimo	36,4	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cal

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 1 de Julio del 2016

NORMAS: AASHTO T-180

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15190	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2294,84	cm ³
Energía de Compactación (kg cm ³)	12317					
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

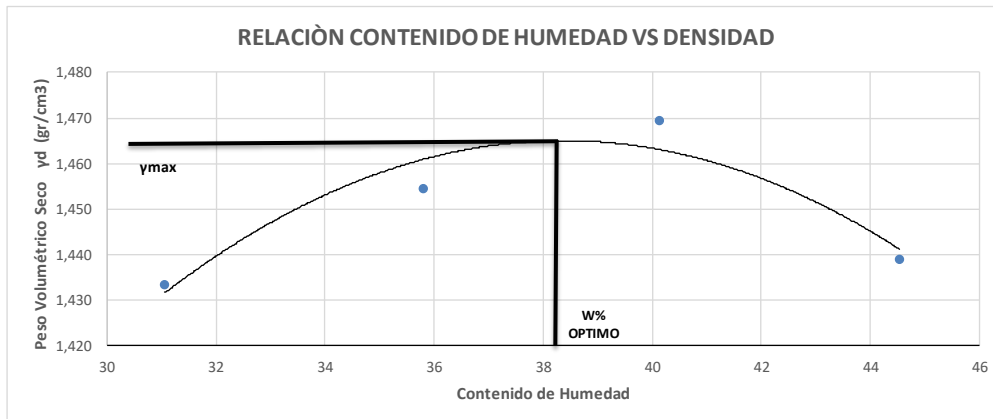
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	5	10	15	20
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19502	19723	19916	19963
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4312	4533	4726	4773
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,879	1,975	2,059	2,080

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso del recipiente W _r	25,8	25,6	26,8	24,1	24,8	22,7	25,7	22,9
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	79,2	78,1	91,2	95,1	82,1	84,5	78,5	77,2
Rec+suelo seco W _s + W _m	66,6	65,6	74,3	76,3	65,6	66,9	62,3	60,4
Peso solidos W _s	40,8	40	47,5	52,2	40,8	44,2	36,6	37,5
Peso del agua W _w	12,6	12,5	16,9	18,8	16,5	17,6	16,2	16,8
Cont. Humedad $\omega\%$	30,88	31,25	35,58	36,02	40,44	39,82	44,26	44,80
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	31,07		35,80		40,13		44,53	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,434		1,455		1,470		1,439	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Densidad máxima γ_{max}	1,464	gr/cm ³
Contenido de humedad óptimo	38,2	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5% Cal

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 1 de Julio del 2016

NORMAS: AASHTO T-180

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15190	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2294,84	cm ³
Energía de Compactación (kg cm ³)	12317					
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

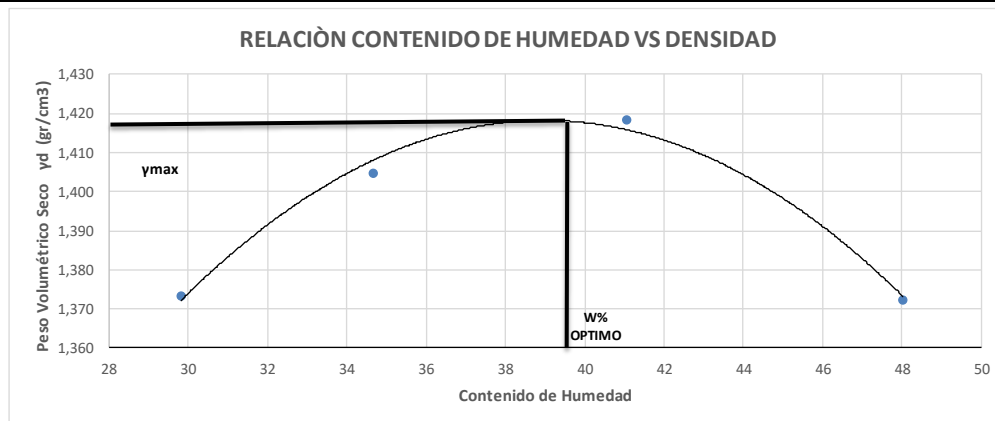
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	5	10	15	20
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19282	19531	19782	19852
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4092	4341	4592	4662
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,783	1,892	2,001	2,032

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso del recipiente W _r	22,7	24,8	26,7	24,5	22,9	25,6	25,7	24,4
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	93,4	89,2	85,2	88,7	91,3	94,6	82,3	77,9
Rec+suelo seco W _s + W _m	77,5	74,1	70,4	71,9	71,6	74,3	64,2	60,3
Peso solidos W _s	54,8	49,3	43,7	47,4	48,7	48,7	38,5	35,9
Peso del agua W _w	15,9	15,1	14,8	16,8	19,7	20,3	18,1	17,6
Cont. Humedad $\omega\%$	29,01	30,63	33,87	35,44	40,45	41,68	47,01	49,03
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	29,82		34,66		41,07		48,02	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,374		1,405		1,418		1,372	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Densidad máxima γ_{max}	1,418	gr/cm ³
Contenido de humedad óptimo	39,5	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5%

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

Cloruro de Sodio

FECHA: 1 de Julio del 2016

NORMAS: AASHTO T-180

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15190	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2294,84	cm ³
Energía de Compactación (kg cm/ cm ³)	12317					
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

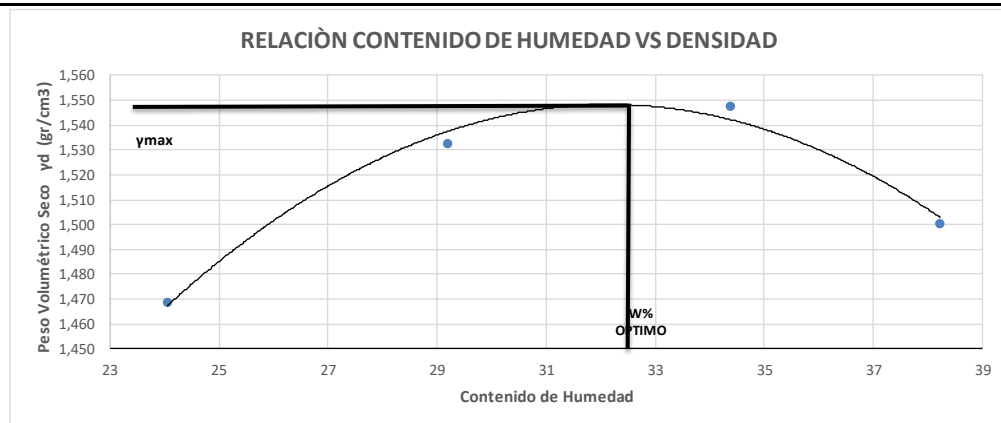
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19371	19734	19963	19950
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4181	4544	4773	4760
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,822	1,980	2,080	2,074

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso del recipiente W _r	26,2	25,1	21,1	25,4	26,1	26,4	25,2	26,6
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	95,2	98,4	86,2	87,3	101,5	104,2	91,5	89,4
Rec+suelo seco W _s + W _m	82,1	83,9	71,3	73,5	82,3	84,2	73,3	71,9
Peso solidos W _s	55,9	58,8	50,2	48,1	56,2	57,8	48,1	45,3
Peso del agua W _w	13,1	14,5	14,9	13,8	19,2	20	18,2	17,5
Cont. Humedad ω %	23,43	24,66	29,68	28,69	34,16	34,60	37,84	38,63
Cont. Humedad promedio ω %	24,05		29,19		34,38		38,23	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,469		1,533		1,548		1,501	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Densidad máxima γ_{max}	1,549	gr/cm ³
Contenido de humedad óptimo	32,5	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5%
Cloruro de Sodio

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 1 de Julio del 2016

NORMAS: AASHTO T-180

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15190	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2294,84	cm ³
Energía de Compactación (kg cm/ cm ³)	12317					
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

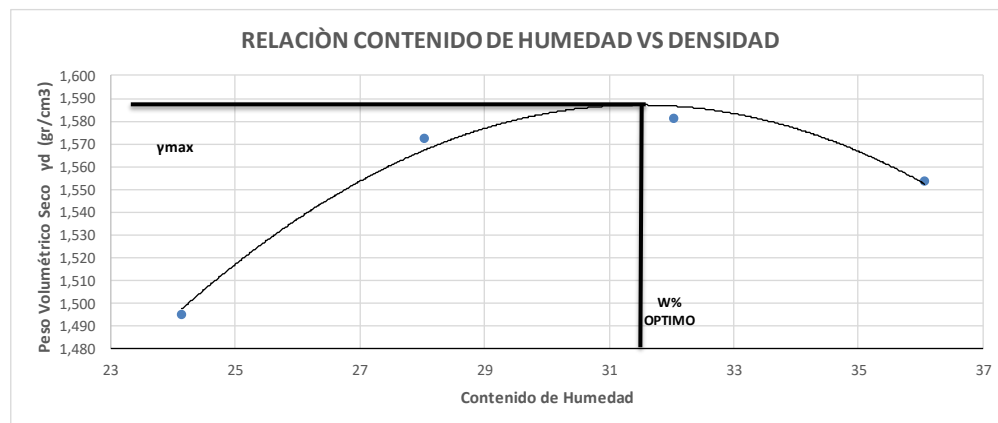
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19451	19810	19982	20043
Peso suelo humedo Wm (gr)	4261	4620	4792	4853
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,857	2,013	2,088	2,115

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso del recipiente W _r	25,4	26,2	21,4	25,2	26,4	25,1	21,1	26,5
Rec+suelo humedo W _r +W _m	90,1	87,5	91,6	92,5	79,5	77,5	90,3	86,3
Rec+suelo seco W _s + W _m	77,6	75,5	76,3	77,7	66,7	64,7	71,9	70,5
Peso solidos W _s	52,2	49,3	54,9	52,5	40,3	39,6	50,8	44
Peso del agua W _w	12,5	12	15,3	14,8	12,8	12,8	18,4	15,8
Cont. Humedad ω %	23,95	24,34	27,87	28,19	31,76	32,32	36,22	35,91
Cont. Humedad promedio ω %	24,14		28,03		32,04		36,06	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,496		1,572		1,581		1,554	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Densidad máxima γ_{max}	1,589	gr/cm ³
Contenido de humedad óptimo	31,4	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12,5%
Cloruro de Sodio

REVISADO POR: M.Sc. Fricson Moreira

FECHA: 1 de Julio del 2016

NORMAS: AASHTO T-180

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15190	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2294,84	cm ³
Energía de Compactación (kg cm/ cm ³)	12317					
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

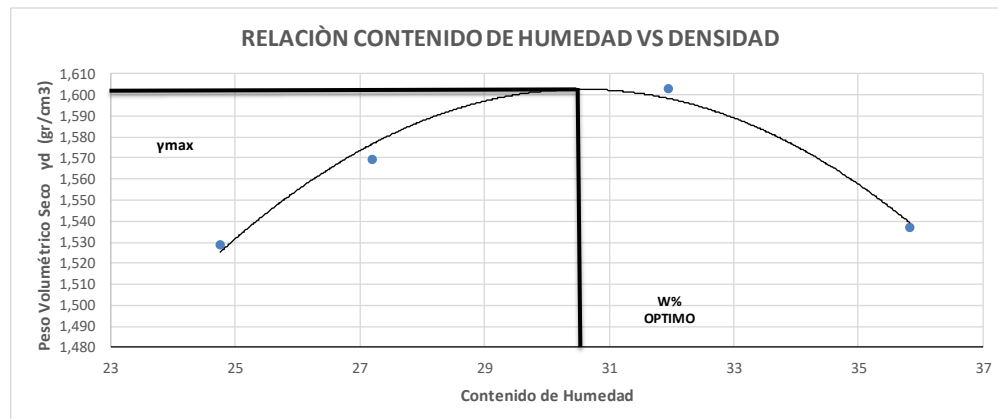
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19567	19772	20045	19982
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4377	4582	4855	4792
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,907	1,997	2,116	2,088

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Peso del recipiente W _r	26,3	25,2	25,6	26,4	21,4	21,1	25,5	24,6
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	87,6	84,8	83,1	79,8	96,4	92,7	87,9	85,4
Rec+suelo seco W _s + W _m	75,1	73,3	70,9	68,3	78,1	75,5	71,2	69,6
Peso solidos W _s	48,8	48,1	45,3	41,9	56,7	54,4	45,7	45
Peso del agua W _w	12,5	11,5	12,2	11,5	18,3	17,2	16,7	15,8
Cont. Humedad ω %	25,61	23,91	26,93	27,45	32,28	31,62	36,54	35,11
Cont. Humedad promedio ω %	24,76		27,19		31,95		35,83	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,529		1,570		1,603		1,537	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Densidad máxima γ_{max}	1,602	gr/cm ³
Contenido de humedad óptimo	30,5	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE ESTABILIZADO)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
FECHA: 29 de agosto del 2016

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	10,00

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	18349	11349	20013	11429	19701	13299
Peso Molde	13554	6400	15852	7036	15190	8393
P. Humedo	4795	4949	4161	4393	4511	4906
Volumen Muestra	2305,73	2305,73	2063,19	2063,19	2345,72	2345,72
Densidad Humedad	2,080	2,146	2,017	2,129	1,923	2,091
Densidad Seca	1,533	1,465	1,480	1,416	1,404	1,357
Den. Seca Prom.	1,499		1,448		1,380	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	7	28	1A	49	12	2A	40	32	3A
P. Hum. + Recipiente	84,1	86,3	93,1	81,5	74,4	99,6	89,9	85,2	100,4
P. Seco + Recipiente	68,5	69,9	72,7	67	61,4	75,2	71,9	68,3	74,2
Peso Recipiente	24,7	24	28,8	26,8	25,8	26,8	23	22,8	25,8
Peso Agua	15,6	16,4	20,4	14,5	13	24,4	18	16,9	26,2
Peso de Sólidos	43,8	45,9	43,9	40,2	35,6	48,4	48,9	45,5	48,4
Contenido Humedad %	35,62	35,73	46,47	36,07	36,52	50,41	36,81	37,14	54,13
Con. Hum. Prom. %	35,67			36,29			36,98		
W% absorbida	10,80			14,12			17,16		

ESPONJAMIENTO

Hora y fecha de iniciación	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100
	in	mm		in	mm		in	mm	
04/07/2016 9:50 a.m	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
05/07/2016 9:55 a.m	0,89	2,26	0,18	0,93	2,36	0,21	1,53	3,89	0,30
06/07/2016 9:49 a.m	1,33	3,38	0,27	1,84	4,67	0,41	2,13	5,41	0,42
07/07/2016 9:51 a.m	2,14	5,44	0,43	2,34	5,94	0,52	2,93	7,44	0,58



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO C.B.R.

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)

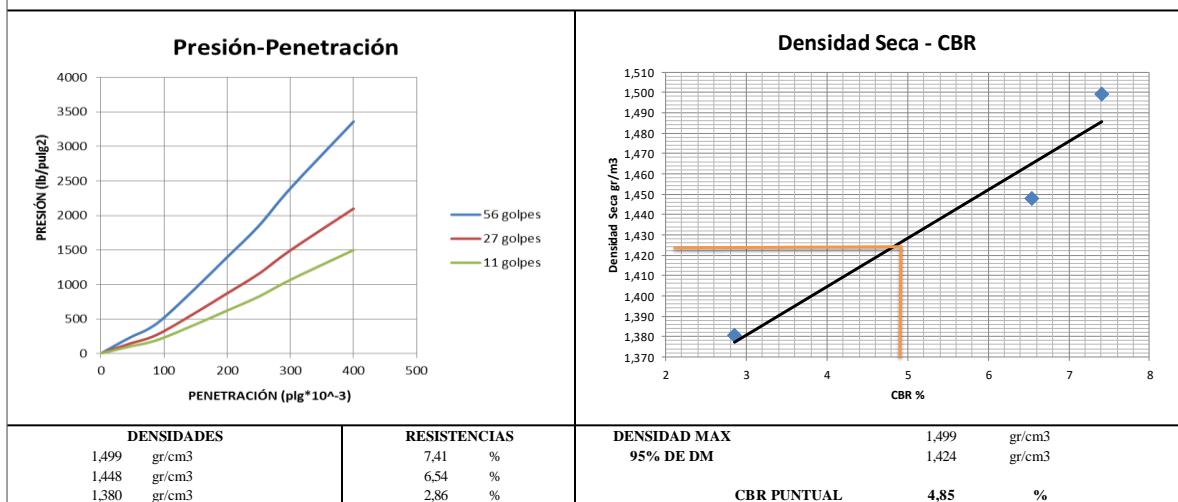
REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

FECHA: 29 de agosto del 2016

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 pulg ²		NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1.27 mm/min (0.05 pulg/min)											
Molde Número			1												2			3		
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR					
Mín.	Seg.	mm	pulg * 10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida						
				lb	lb/pulg ²		%	lb	lb/pulg ²		%	lb	lb/pulg ²		%					
				0	0			0	0,00			0	0							
0	30	0,64	25	35	11,76			69,345	23,12			28,566	9,52							
1	0	1,27	50	89	29,79			120,451	40,15			51,773	17,26							
1	30	1,91	75	153	51,15			160,609	53,54			70,173	23,39							
2	0	2,54	100	222	74,11	74,11	7,41	196,144	65,38	65,38	6,54	85,675	28,56	28,56	2,86					
3	0	3,81	150	234	78,05			228,735	76,25			114,77	38,26							
4	0	5,08	200	393	131,05			262,936	87,65			139,518	46,51							
5	0	6,35	250	349	116,39			283,935	94,65			159,942	53,31							
6	0	7,62	300	371	123,62			319,999	106,67			177,1	59,03							
8	0	10,16	400	393	131,05			331,798	110,60			200,054	66,68							
10	0	12,70	500					361,721	120,57			210,68	70,23							
CBR Corregido							7,41					6,54			2,86					

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE CAL)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5% Cal **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
FECHA: 29 de agosto del 2016

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	51,00

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	19491	10769	18859	11711	19715	13091
Peso Molde	15214	6398	14192	7038	15193	8396
P. Humedo	4277	4371	4667	4673	4522	4695
Volumen Muestra	2090,34	2090,34	2289,39	2289,39	2366,65	2366,65
Densidad Humedad	2,046	2,091	2,039	2,041	1,911	1,984
Densidad Seca	1,499	1,435	1,486	1,363	1,396	1,312
Den. Seca Prom.	1,467		1,425		1,354	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	15	39	1A	2	32	2A	24	6	3A
P. Hum. + Recipiente	109	109,7	89,2	95,8	91,8	100,8	113,4	115,7	101,5
P. Seco + Recipiente	87,2	87,6	68,5	76,7	73,4	75,4	89,5	91,6	76,2
Peso Recipiente	26,9	27,7	23,2	25,1	24,2	24,3	25,8	25	26,8
Peso Agua	21,8	22,1	20,7	19,1	18,4	25,4	23,9	24,1	25,3
Peso de Sólidos	60,3	59,9	45,3	51,6	49,2	51,1	63,7	66,6	49,4
Contenido Humedad %	36,15	36,89	45,70	37,02	37,40	49,71	37,52	36,19	51,21
Con. Hum. Prom. %	36,52			37,21			36,85		
W% absorbida	9,17			12,50			14,36		

ESPONJAMIENTO

Hora y fecha de iniciación	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100
	in	mm		in	mm		in	mm	
11/07/2016 14:30 a.m	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
12/07/2016 14:29 a.m	0,35	0,89	0,08	0,41	1,04	0,08	0,72	1,83	0,14
13/07/2016 14:33 a.m	0,56	1,42	0,12	0,74	1,88	0,15	0,85	2,16	0,17
14/07/2016 14:30 a.m	1,23	3,12	0,27	1,52	3,86	0,31	1,82	4,62	0,36



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO C.B.R.

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Ego: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2.5% Cal

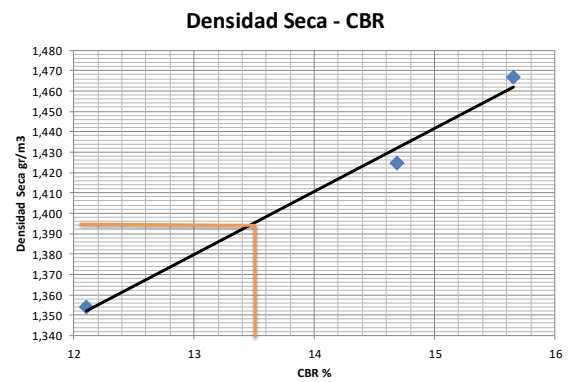
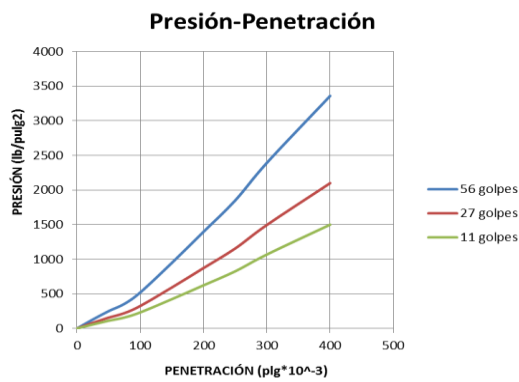
REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

FECHA: 29 de agosto del 2016

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 plg ²	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)								
Molde Número		1				2				3						
TIEMPO		PENEL.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Mín.	Seg.	mm	plg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida		
				lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%				
		0	0	0	0		0	0,00		0	0					
0	30	0,64	25	123,6	41,20		123,3	41,77		119,6	39,87					
1	0	1,27	50	251,2	83,73		248,4	82,80		220,8	73,60					
1	30	1,91	75	367,2	122,40		354,8	118,27		295,2	98,40					
2	0	2,54	100	469,6	156,53	15,65	440,6	146,87	14,67	363,2	121,07	121,07	12,11			
3	0	3,81	150	652,8	217,60		623,7	207,90		489,9	163,30					
4	0	5,08	200	791,2	263,73		781,2	260,40		592,3	197,43					
5	0	6,35	250	917,8	305,93		810,3	270,10		686,3	228,77					
6	0	7,62	300	1061,3	353,77		930,6	310,20		770,2	256,73					
8	0	10,16	400	1318,8	439,60		1072,8	357,60		938,6	312,87					
10	0	12,70	500	1377,1	459,03		1187,3	395,77		1095,3	365,10					
CBR Corregido						15,65				14,69			12,11			

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES
 1,467 gr/cm³
 1,425 gr/cm³
 1,354 gr/cm³

RESISTENCIAS
 15,65 %
 14,69 %
 12,11 %

DENSIDAD MAX 1,467 gr/cm³
95% DE DM 1,394 gr/cm³
CBR PUNTUAL 13,45 %



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE CAL)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% Cal **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
FECHA: 29 de agosto del 2016

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	51,00

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	19491	10769	18459	11491	19615	12991
Peso Molde	15214	6398	14192	7038	15193	8396
P. Humedo	4277	4371	4267	4453	4422	4595
Volumen Muestra	2108,44	2108,44	2162,20	2162,20	2304,47	2304,47
Densidad Humedad	2,029	2,073	1,973	2,059	1,919	1,994
Densidad Seca	1,464	1,420	1,421	1,388	1,382	1,320
Den. Seca Prom.	1,442		1,404		1,351	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	3	24	1A	6	15	2A	39	38	3A
P. Hum. + Recipiente	86,6	87,1	93,3	103,5	99,8	78,9	88,7	89,8	91,3
P. Seco + Recipiente	70,1	69,9	71,2	81,7	79,2	61,1	71,7	71,1	69,5
Peso Recipiente	26,9	25,8	23,2	25	26,9	24,3	27,7	23,2	26,8
Peso Agua	16,5	17,2	22,1	21,8	20,6	17,8	17	18,7	21,8
Peso de Sólidos	43,2	44,1	48	56,7	52,3	36,8	44	47,9	42,7
Contenido Humedad %	38,19	39,00	46,04	38,45	39,39	48,37	38,64	39,04	51,05
Con. Hum. Prom. %	38,60			38,92			38,84		
W% absorbida	7,44			9,45			12,22		

ESPONJAMIENTO

Hora y fecha de iniciación	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100
	in	mm		in	mm		in	mm	
02/08/2016 12:05 a.m	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
03/08/2016 12:06 a.m	0,28	0,71	0,06	0,33	0,84	0,07	0,52	1,32	0,10
04/08/2016 12:11 a.m	0,41	1,04	0,09	0,54	1,37	0,12	0,76	1,93	0,15
05/08/2016 12:04 a.m	1,01	2,57	0,22	1,31	3,33	0,28	1,55	3,94	0,31



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO C.B.R.

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7.5% Cal

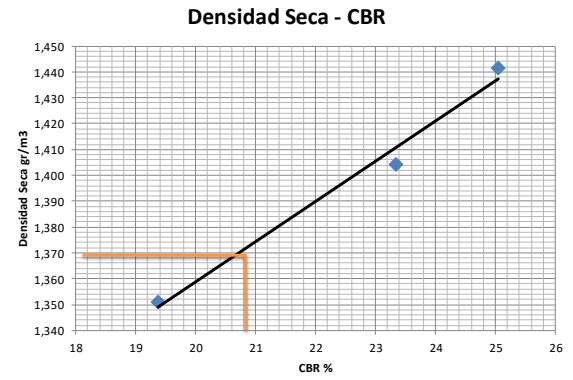
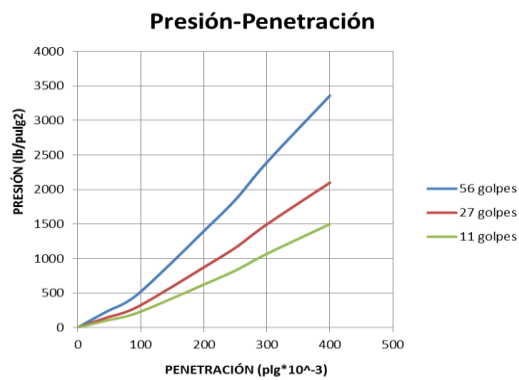
REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

FECHA: 29 de agosto del 2016

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 plg ²	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1			2			3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Mín.	Seg.	mm	plg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb	lb/pulg ²			lb	lb/pulg ²			lb	lb/pulg ²		
		0	0	0,0	0			0	0,00			0	0		
0	30	0,64	25	197,8	65,92			200,5	66,83			191,4	63,79		
1	0	1,27	50	401,9	133,97			397,4	132,48			353,3	117,76		
1	30	1,91	75	587,5	195,84			567,7	189,23			472,3	157,44		
2	0	2,54	100	751,4	250,45	25,05		700,2	233,39	23,34		581,1	193,71	19,37	
3	0	3,81	150	1044,5	348,16			997,9	332,64			783,8	261,28		
4	0	5,08	200	1265,9	421,97			1249,9	416,64			947,7	315,89		
5	0	6,35	250	1468,5	489,49			1348,2	449,39			1098,1	366,03		
6	0	7,62	300	1698,1	566,03			1489,0	496,32			1232,3	410,77		
8	0	10,16	400	2110,1	703,36			1716,5	572,16			1501,8	500,59		
10	0	12,70	500	2203,4	734,45			1885,3	628,43			1752,5	584,16		
CBR Corregido						25,05				23,34					19,37

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,442	gr/cm ³	25,05	%	1,442	gr/cm ³	1,369	gr/cm ³	20,80	%
1,404	gr/cm ³	23,34	%						
1,351	gr/cm ³	19,37	%						



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
 12,5%
FECHA: 29 de agosto del 2016

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)	51,00

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	18403	9597	19352	12254	19021	12424
Peso Molde	14192	5376	15193	8039	15214	8417
P. Humedo	4211	4221	4159	4215	3807	4007
Volumen Muestra	2108,44	2108,44	2162,20	2162,20	2304,47	2304,47
Densidad Humedad	1,997	2,002	1,924	1,949	1,652	1,739
Densidad Seca	1,436	1,375	1,376	1,317	1,326	1,286
Den. Seca Prom.	1,406		1,346		1,306	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nº	3	24	1A	6	15	2A	39	38	3A
P. Hum. + Recipiente	93,2	95,6	83,6	85,6	82,1	87,3	90,2	74,9	102,7
P. Seco + Recipiente	74,3	75,6	66,1	68,7	66,1	66,5	71,7	71,1	82,4
Peso Recipiente	25,7	24,6	27,7	26,8	25,4	23,2	26,4	25,6	24,8
Peso Agua	18,9	20	17,5	16,9	16	20,8	18,5	3,8	20,3
Peso de Sólidos	48,6	51	38,4	41,9	40,7	43,3	45,3	45,5	57,6
Contenido Humedad %	38,89	39,22	45,57	40,33	39,31	48,04	40,84	8,35	35,24
Con. Hum. Prom. %	39,05			39,82			24,60		
W% absorbida	6,52			8,21			10,65		

ESPONJAMIENTO

Hora y fecha de iniciación	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100
	in	mm		in	mm		in	mm	
15/08/2016 11:45 a.m	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
15/08/2016 11:47 a.m	0,22	0,56	0,05	0,19	0,48	0,04	0,34	0,86	0,07
15/08/2016 11:44 a.m	0,36	0,91	0,08	0,59	1,50	0,13	0,82	2,08	0,17
18/08/2016 11:50 a.m	0,83	2,11	0,18	1,12	2,84	0,24	1,33	3,38	0,27



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO C.B.R.

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2.5% Cal

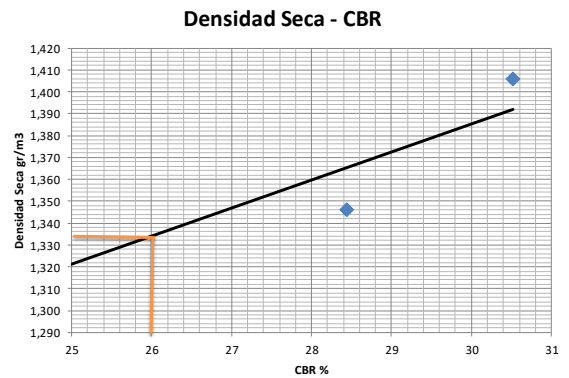
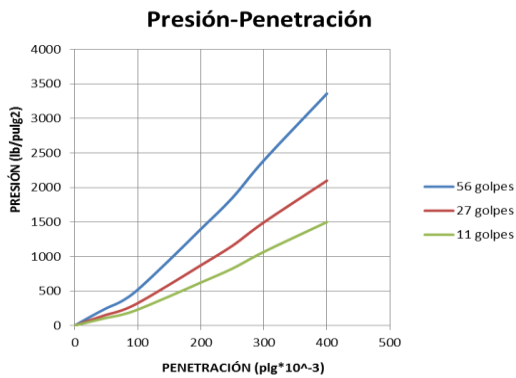
REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

FECHA: 29 de agosto del 2016

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1			2			3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Mín.	Seg.	mm	plg *10^-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb/pulg2		lb/pulg2		lb/pulg2		lb/pulg2		lb/pulg2		lb/pulg2	
		0	0	0,0	0			0	0,00			0,0	0		
0	30	0,64	25	247,2	82,40			256,9	85,62			242,8	80,93		
1	0	1,27	50	502,4	167,47			509,2	169,74			448,2	149,41		
1	30	1,91	75	734,4	244,80			727,3	242,45			599,3	199,75		
2	0	2,54	100	915,7	305,24	30,52		853,3	284,44	284,44	28,44	701,0	233,66	233,66	23,37
3	0	3,81	150	1370,9	456,96			1309,8	436,59			1028,8	342,93		
4	0	5,08	200	1661,5	553,84			1640,5	546,84			1243,8	414,61		
5	0	6,35	250	1909,0	636,34			1735,8	578,59			1413,8	471,26		
6	0	7,62	300	2207,5	735,83			1917,0	639,01			1586,6	528,87		
8	0	10,16	400	2743,1	914,37			2210,0	736,66			1933,5	644,51		
10	0	12,70	500	2864,4	954,79			2427,3	809,10			2256,3	752,11		
CBR Corregido						30,52					28,44				23,37

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES	
1,406	gr/cm3
1,346	gr/cm3
1,306	gr/cm3

RESISTENCIAS	
30,52	%
28,44	%
23,37	%

DENSIDAD MAX	
1,406	gr/cm3
95% DE DM	
1,335	gr/cm3

CBR PUNTUAL 26,00 %



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2,5% Cloruro de Sodio **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
FECHA: 29 de agosto del 2016

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	51.00

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	19591	10873	18798	11771	19847	13064
Peso Molde	15286	6470	14105	6951	15187	8390
P. Humedo	4305	4403	4693	4820	4660	4674
Volumen Muestra	2090,48	2090,48	2306,30	2306,30	2334,81	2334,81
Densidad Humedad	2,059	2,106	2,035	2,090	1,996	2,002
Densidad Seca	1,557	1,485	1,530	1,425	1,498	1,345
Den. Seca Prom.	1,521		1,478		1,421	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nº	18	13	1A	47	11	2A	38	3	3A
P. Hum. + Recipiente	102,3	102,6	94,9	100	102,7	96,8	108,7	108,1	92,2
P. Seco + Recipiente	83,3	83,6	75,4	81,1	83,9	74,4	87,3	87,2	70,7
Peso Recipiente	24	25,1	28,8	23,9	26,7	26,4	23,2	24,2	26,7
Peso Agua	19	19	19,5	18,9	18,8	22,4	21,4	20,9	21,5
Peso de Sólidos	59,3	58,5	46,6	57,2	57,2	48	64,1	63	44
Contenido Humedad %	32,04	32,48	41,85	33,04	32,87	46,67	33,39	33,17	48,86
Con. Hum. Prom. %	32,26			32,95			33,28		
W% absorbida	9,59			13,71			15,58		

ESPONJAMIENTO

Hora y fecha de iniciación	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100
	in	mm		in	mm		in	mm	
18/07/2016 11:21 a.m	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
19/07/2016 11:20 a.m	0,43	1,09	0,10	0,75	1,91	0,15	1,13	2,87	0,22
20/07/2016 11:23 a.m	0,78	1,98	0,17	1,15	2,92	0,23	1,63	4,14	0,32
21/07/2016 11:25 a.m	1,29	3,28	0,29	1,95	4,95	0,39	2,33	5,92	0,46



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO C.B.R.

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 2.5% Cloruro de Sodio

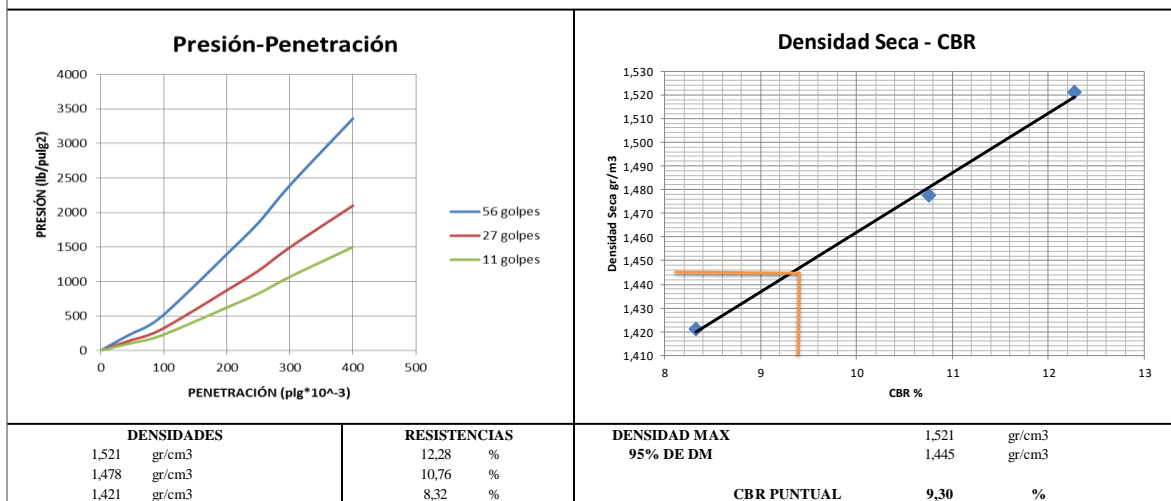
REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

FECHA: 29 de agosto del 2016

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 pulg ²	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1			2			3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Mín.	Seg.	mm	pulg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb/pulg ²				lb/pulg ²				lb/pulg ²			
		0	0	0,0	0			0	0,00			0,0	0		
0	30	0,64	25	83,5	27,82			72,3	24,09			55,4	18,46		
1	0	1,27	50	149,0	49,66			138,7	46,24			94,0	31,33		
1	30	1,91	75	243,8	81,25			205,7	68,55			139,4	46,45		
2	0	2,54	100	368,3	122,76	12,28		322,7	107,55	107,55	10,76	249,7	83,24	83,24	8,32
3	0	3,81	150	462,3	154,10			357,8	119,27			293,5	97,83		
4	0	5,08	200	630,2	210,07			488,5	162,83			390,8	130,27		
5	0	6,35	250	779,8	259,93			610,3	203,43			444,2	148,07		
6	0	7,62	300	927,3	309,10			719,8	239,93			517,6	172,53		
8	0	10,16	400	1151,1	383,70			910,8	303,60			629,6	209,87		
10	0	12,70	500	1396,8	465,60			1104,6	368,20			743,7	247,90		
CBR Corregido						12,28					10,76				8,32

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7,5% **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
 Cloruro de Sodio
FECHA: 29 de agosto del 2016

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)	51,00

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	17941	10913	20568	11871	19772	13243
Peso Molde	13554	6400	15852	7036	15190	8393
P. Humedo	4387	4513	4716	4835	4582	4850
Volumen Muestra	2093,16	2093,16	2294,78	2294,78	2344,70	2344,70
Densidad Humedad	2,096	2,156	2,055	2,107	1,954	2,068
Densidad Seca	1,590	1,534	1,539	1,443	1,461	1,394
Den. Seca Prom.	1,562		1,491		1,428	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	10	21	1A	6	39	2A	24	38	3A
P. Hum. + Recipiente	93,2	91,1	94,9	100	102,7	96,8	108,7	108,1	92,2
P. Seco + Recipiente	76,2	75,3	74,1	81,1	83,9	74,4	87,3	87,2	70,9
Peso Recipiente	22,7	25,7	22,8	25	27,7	25,7	25,8	23,2	26,9
Peso Agua	17	15,8	20,8	18,9	18,8	22,4	21,4	20,9	21,3
Peso de Sólidos	53,5	49,6	51,3	56,1	56,2	48,7	61,5	64	44
Contenido Humedad %	31,78	31,85	40,55	33,69	33,45	46,00	34,80	32,66	48,41
Con. Hum. Prom. %	31,82			33,57			33,73		
W% absorbida	8,73			12,42			14,68		

ESPONJAMIENTO

Hora y fecha de iniciación	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100
	in	mm		in	mm		in	mm	
08/08/2016 14:36 a.m	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
09/08/2016 14:35 a.m	0,49	1,24	0,11	0,84	2,13	0,17	1,23	3,12	0,24
10/08/2016 14:41 a.m	0,93	2,36	0,21	1,31	3,33	0,26	1,84	4,67	0,36
11/08/2016 14:37 a.m	1,42	3,61	0,31	2,05	5,21	0,41	2,64	6,71	0,52



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO C.B.R.

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Eglo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 7.5% Cloruro de Sodio

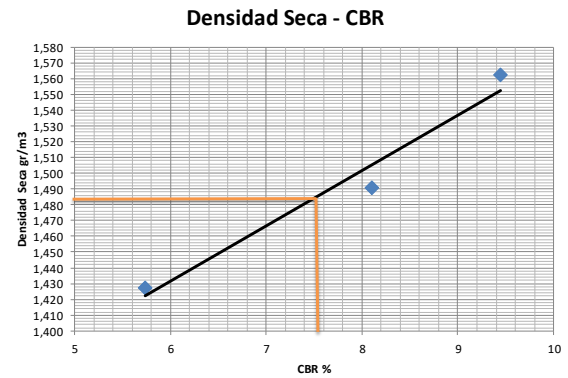
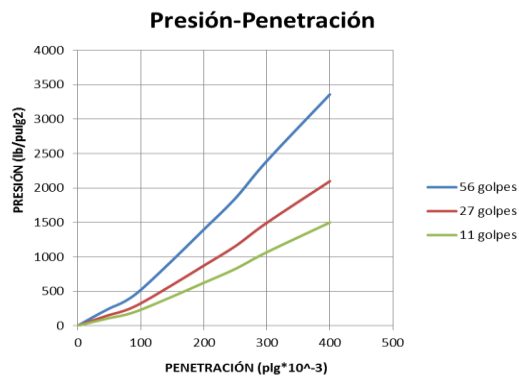
REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

FECHA: 29 de agosto del 2016

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 plg ²	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1			2			3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Mín.	Seg.	mm	plg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb	lb/pulg ²			lb	lb/pulg ²			lb	lb/pulg ²		
		0	0	0,0	0			0	0,00			0,0	0		
0	30	0,64	25	64,2	21,40			55,6	18,53			42,6	14,20		
1	0	1,27	50	114,6	38,20			106,7	35,57			72,3	24,10		
1	30	1,91	75	187,5	62,50			158,2	52,73			107,2	35,73		
2	0	2,54	100	283,3	94,43	9,44		243,2	81,07	81,07	8,11	172,1	57,37	57,37	5,74
3	0	3,81	150	462,3	154,10			357,8	119,27			293,5	97,83		
4	0	5,08	200	630,2	210,07			488,5	162,83			390,8	130,27		
5	0	6,35	250	779,8	259,93			610,3	203,43			444,2	148,07		
6	0	7,62	300	927,3	309,10			719,8	239,93			517,6	172,53		
8	0	10,16	400	1151,1	383,70			910,8	303,60			629,6	209,87		
10	0	12,70	500	1396,8	465,60			1104,6	368,20			743,7	247,90		
CBR Corregido						9,44					8,11				5,74

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX	
1,562	gr/cm ³	9,44	%	1,562	gr/cm ³
1,491	gr/cm ³	8,11	%	95% DE DM	1,484 gr/cm ³
1,428	gr/cm ³	5,74	%	CBR PUNTUAL	7,55 %



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE)
UBICACIÓN: Puyo - Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: Israel Guamán
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + **REVISADO POR:** M.Sc. Fricson Moreira
 12,5%
FECHA: 29 de agosto del 2016

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)	51,00

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	19642	12421	20493	11789	18125	11535
Peso Molde	15190	8036	15852	7036	13554	6757
P. Humedo	4452	4385	4641	4753	4571	4778
Volumen Muestra	2093,16	2093,16	2294,78	2294,78	2344,70	2344,70
Densidad Humedad	2,127	2,095	2,022	2,071	1,949	2,038
Densidad Seca	1,628	1,518	1,557	1,478	1,491	1,417
Den. Seca Prom.	1,573		1,518		1,454	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	10	21	1A	6	39	2A	24	38	3A
P. Hum. + Recipiente	83,1	85,4	87,9	91,5	87,5	95,7	93,5	97,5	82,9
P. Seco + Recipiente	69,2	71,1	70,2	76,4	73,2	75,6	77,5	80,4	64,8
Peso Recipiente	22,8	25,4	23,6	24,4	26,6	25,5	25,7	24,5	23,5
Peso Agua	13,9	14,3	17,7	15,1	14,3	20,1	16	17,1	18,1
Peso de Sólidos	46,4	45,7	46,6	52	46,6	50,1	51,8	55,9	41,3
Contenido Humedad %	29,96	31,29	37,98	29,04	30,69	40,12	30,89	30,59	43,83
Con. Hum. Prom. %	30,62			29,86			30,74		
W% absorbida	7,36			10,26			13,09		

ESPONJAMIENTO

Hora y fecha de iniciación	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100	Lectura del deformimetro x10 ⁻²		% (s/h)*100
	in	mm		in	mm		in	mm	
22/08/2016 12:10 a.m	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
23/08/2016 12:15 a.m	0,56	1,42	0,12	0,93	2,36	0,19	1,64	4,17	0,32
24/08/2016 12:08 a.m	1,23	3,12	0,27	1,78	4,52	0,36	2,21	5,61	0,44
25/08/2016 12:07 a.m	2,12	5,38	0,47	2,35	5,97	0,47	2,84	7,21	0,56



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO C.B.R.

PROYECTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)

UBICACIÓN: Puyo - Pastaza

ENSAYADO POR: Egdo: Israel Guamán

MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad) + 12.5% Cloruro de Sodio

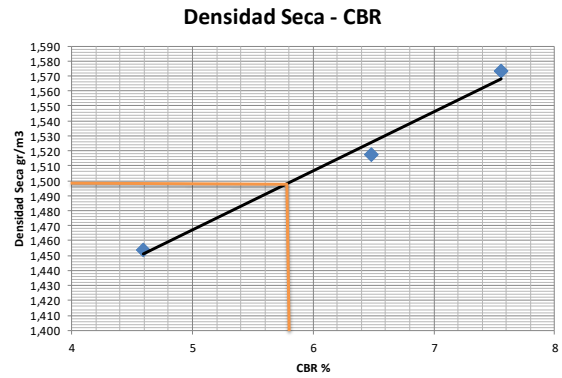
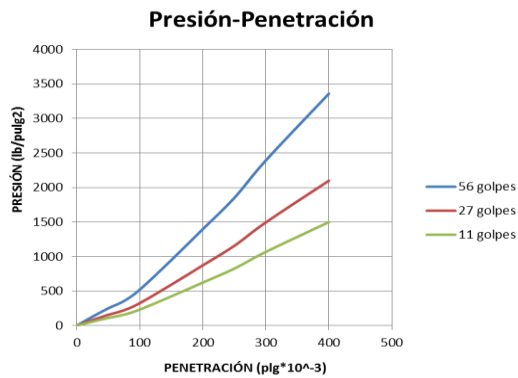
REVISADO POR: M.Sc. Frison Moreira

FECHA: 29 de agosto del 2016

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 pulg2	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1			2			3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Mín.	Seg.	mm	pulg *10^-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
		0	0	0,0	0			0,0	0,00			0,0	0		
0	30	0,64	25	56,5	18,83			43,9	14,64			34,5	11,50		
1	0	1,27	50	99,7	33,23			84,3	28,10			60,7	20,24		
1	30	1,91	75	163,1	54,38			126,6	42,19			90,0	30,02		
2	0	2,54	100	226,6	75,55	75,55		194,6	64,85	64,85	6,49	137,7	45,89	45,89	4,59
3	0	3,81	150	369,8	123,28			297,0	98,99			234,8	78,27		
4	0	5,08	200	504,2	168,05			405,5	135,15			312,6	104,21		
5	0	6,35	250	655,0	218,34			506,5	168,85			377,6	125,86		
6	0	7,62	300	778,9	259,64			619,0	206,34			440,0	146,65		
8	0	10,16	400	886,3	295,45			783,3	261,10			554,0	184,68		
10	0	12,70	500	1075,5	358,51			950,0	316,65			654,5	218,15		
CBR Corregido							7,55				6,49				4,59

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,573	gr/cm3	7,55	%	1,573	gr/cm3	1,495	gr/cm3	5,80	%
1,518	gr/cm3	6,49	%						
1,454	gr/cm3	4,59	%						

ANEXO C

INFORMES DE pH



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com
Ambato-Ecuador

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 16-182		R01-5.10 06				
Solicitud N°: 16-182		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción: 27 junio 2016		Fecha de ejecución de ensayos: 27 junio 2016				
Información del cliente:						
Empresa: n/a		C.I./RUC: 0503341240				
Representante: Israel Isaias Guamán Iler		TIF: 0987992160				
Dirección: Daule y Los Chasquis, Ciudadela Nueva Ambato		Email: guamanisrael91@gmail.com				
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Suelos		Peso: 1.5kg c/u				
Marca comercial: n/a		Tipo de envase: funda plástica				
Lote: n/a		No de muestras: dos muestras				
F. Elb.: n/a		F. Exp.: n/a				
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab: 30 días				
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente: 27 junio 2016				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Suelo arcilloso	18216502	Suelo natural	pH	AOAC 942.15. Ed 19, 2012	Unidades de pH	5.95
Suelo con cloruro de sodio	18216503	Estabilización	pH	AOAC 942.15. Ed 19, 2012	Unidades de pH	5.57
Conds. Ambientales: 18.0 °C; 49%HR						
				 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad		
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si X No						CG

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Telf: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com
Ambato-Ecuador

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:16-178						R01-5.10 06
Solicitud N°: 16-178						Pág.: 1 de 1
Fecha recepción: 22 junio 2016			Fecha de ejecución de ensayos: 23 junio 2016			
Información del cliente:						
Empresa: n/a			C.I./RUC: 0503341240			
Representante: Israel Isaias Guamán Iler			Tlf: 0987992160			
Dirección: Daule y Los Chasquis, Ciudadela Nueva Ambato			Email: guamanisrael91@gmail.com			
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Suelo			Peso: 2 kg			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase: funda plástica			
Lote: n/a			No de muestras: una muestra			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: 7 días			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:			Muestreo por el cliente: 22 junio 2016			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Suelo	17816490	Suelo cal	pH	AOAC 942.15. Ed 19, 2012	Unidades de pH	9.61
Conds. Ambientales: 18.0 °C; 50%HR						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si No X						CG

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".




UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com
Ambato-Ecuador

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:16-250						R01-5.10 06
Solicitud N°: 16-250						Pág.: 1 de 1
Fecha recepción: 17 de agosto de 2016			Fecha de ejecución de ensayos: 17 de agosto de 2016			
Información del cliente:						
Empresa: n/a			C.I./RUC: 0503341240			
Representante: Israel Isaías Guamán Iler			Tlf: 0987992160			
Dirección: Daule y Los Chasquis, Ciudadela Nueva Ambato			Email: guamanisrael91@gmail.com			
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Suelo			Peso: 200g c/u			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase: funda plástica			
Lote: n/a			No de muestras: dos			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: 30 días			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:			Muestreo por el cliente: 17 de agosto de 2016			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Suelo	25016659	Estabilización 7,5% Cloruro de sodio	pH	AOAC 942.15. Ed 20, 2016	Unidades de pH	5,70
Suelo	25016660	Estabilización 7,5% Cal	pH	AOAC 942.15. Ed 20, 2016	Unidades de pH	10,9
Conds. Ambientales: 18,0 °C; 48%HR						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						CG
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.
No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

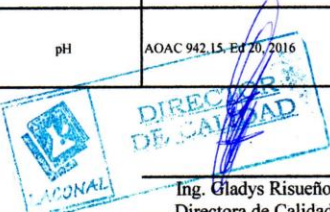


UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com
Ambato-Ecuador

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:16-304						R01-S.10 06
Solicitud N°: 16-304						Pág.: 1 de 1
Fecha recepción: 06 de octubre de 2016			Fecha de ejecución de ensayos: 07 de octubre de 2016			
Información del cliente:						
Empresa: n/a			C.I./RUC: 0503341240			
Representante: Israel Isaias Guamán Iler			Tlf: 0987992160			
Dirección: Daule y Los Chasquis, Ciudadela Nueva Ambato			Email: guamanisrael91@gmail.com			
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Suelo			Peso: 253 g y 245 g			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase: funda plástica			
Lote: n/a			No de muestras: dos			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: 30 días			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:			Muestreo por el cliente: 06 de octubre de 2016			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Suelo	30416769	Suelo Cal 12,5%	pH	AOAC 942.15. Ed 20, 2016	Unidades de pH	10,83
Suelo	30416770	Suelo Cloruro de Sodio 12,5%	pH	AOAC 942.15. Ed 20, 2016	Unidades de pH	5,72
Conds. Ambientales: 22,0 °C; 48,8%HR						
				 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad		
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						CG

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

ANEXO D

ANEXO FOTOGRAFICO



Excavación a 1m de la Calicata



Ensayo de Cono y Arena de Ottawa



Muestras de Suelo secada y triturada
que pasa en tamiz #4



Cal hidratada



Sal granulada



Cloruro de Sodio Triturado



Granulometría del Cloruro de Sodio



Gravedad Específica de la arcila



Gravedad Específica del Cloruro de Sodio



Límite líquido del suelo arcilloso



Compactación den ensayo Próctor Modificado método D



Esponjamiento del ensayo del CBR



Ensayo de CBR para suelo arcilloso



Muestra inalterada



Ensayo a compresión de la muestra inalterada



Preparación de la muestra para realizar los bloques



Efectos del Cloruro de Sodio a los 7 días de edad



Efectos del Cloruro de Sodio a los 21 días de edad



Exceso del Cloruro de Sodio en el bloque con 12,5% a los 21 días



Ensayo a compresión del bloque estabilizado con 12,5% de Cal



Ensayo a compresión del bloque estabilizado con 2,5% de Cloruro de Sodio



Ensayo a compresión del bloque estabilizado con 12,5% de Cloruro de Sodio