



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**“Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y
Cloruro de Calcio”**

AUTORES:

Larrea Olivero, Bárbara Romina;

Rivas Cajo, Juan Carlos

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO(A) CIVIL

TUTOR:

Ing. De La Pared Condo, Daniel, M.I.

Guayaquil, Ecuador

19 de marzo del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **LARREA OLIVERO, BARBARA ROMINA Y RIVAS CAJO, JUAN CARLOS**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO/A CIVIL**.

TUTOR

f. _____

Ing. De La Pared Condo, Daniel, M.I.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther. MSc.

Guayaquil, a los 19 del mes de marzo del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Larrea Olivero, Bárbara Romina y Rivas Cajo, Juan Rivas**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Estabilización de suelos arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio**” previo a la obtención del título de **Ingeniero/a Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 19 del mes de marzo del año 2019

LOS AUTORES:

f. _____

Larrea Olivero Bárbara Romina

f. _____

Rivas Cajo Juan Carlos



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Larrea Olivero, Bárbara Romina y Rivas Cajo, Juan Rivas**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Estabilización de suelos arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 19 del mes de marzo del año 2019

LOS AUTORES:

f. _____

Larrea Olivero Bárbara Romina

f. _____

Rivas Cajo Juan Carlos

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS UCSG B2018 LARREA BARBARA-RIVAS JUAN CARLOS.doc (D48330169)
Submitted: 2/25/2019 11:49:00 PM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 2 %

Sources included in the report:

Tesis Bruno Yadin Ramirez Ponce.docx (D39151794)
TESIS YAVAR SANTANDER.docx (D31441799)
TESIS SIN IMAGENES.pdf.docx (D40833023)
<https://docplayer.es/15165372-Estabilizacion-de-suelos-con-cloruro-de-sodio-nacl-para-bases-y-sub-bases.html>
<https://clorurosodio.com/cloruro-de-calcio/>
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2074/TESIS%20100%2525%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/bitstream/handle/123456789/1117/FORMULACI%C3%93N%20DE%20CRITERIOS%20DE%20ESTABILIZACI%C3%93N.pdf?sequence=1>
<http://geotecniafacil.com/limites-de-atterberg/>
<http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/12/origen-del-suelo-y-ciclo-de-la-roca.html>

Instances where selected sources appear:

11

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por haberme guiado espiritualmente y darme fuerzas para poder terminar mi carrera de manera exitosa. A mis padres, por hacer sus mayores esfuerzos para darme una educación de calidad, por sus consejos de vida, y su apoyo incondicional en cada decisión tomada. A mis amigos por brindarme su amistad y confianza a lo largo de este camino. Al tutor de este proyecto Ing. Daniel De La Pared por su tiempo, consejos y por compartir esta experiencia durante el desarrollo de la tesis. A la empresa CONSTRULADESA por abrirnos las puertas de su establecimiento para la realización de los ensayos de la tesis. Al Ing. Claudio Luque por sus consejos y apoyo en el proceso de la tesis. A mi querida amiga Bárbara Larrea Olivero por darme su confianza para ser su compañero de tesis, por su apoyo y amistad sincera a lo largo de esta carrera.

Juan Carlos Rivas Cajo

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, en primer lugar, porque no solo me ha permitido seguir con satisfacción en esta carrera, sino por guiarme siempre en todas las decisiones que tome. A mis padres AMANDA y LUIS, los pilares fundamentales de mi vida, por el inmenso amor, sabiduría y experiencia de vida, el haberme criado y cuidado como la persona más valiosa de este mundo e inculcado los buenos valores necesarios para ser la persona que soy. Nunca dejaré de estar agradecida y orgullosa de ser su hija. A mis hermanas PRISCILLA, PAULA y KARIM por ser, junto a mis padres, mis primeros modelos a seguir y enseñarme que el éxito depende de uno mismo.

A mis amigas y amigos, por hacer que esta difícil trayectoria sea la más amena posible. Gracias por recordarme lo valioso que es la amistad y la satisfacción de contar con un gran grupo. También a mi enamorado FAUSTO GONZÁLEZ, por ser aquella persona que ha soportado mis altos y bajos durante la realización de este trabajo. A mi gran amigo y compañero de tesis JUAN CARLOS RIVAS. Gracias por haber compartido y haber estado conmigo en este importante pasó para nuestras vidas. Por brindarme tu hombro en los momentos que más lo necesitaba, por aconsejarme y cuidarme, por aguantar mis errores y por ser “la mente positiva” de este grupo. Realmente aprecio mucho esta amistad.

Un agradecimiento especial al ING. DANIEL DE LA PARED CONDO, por su colaboración, tiempo y conocimientos brindados, no solo para el desarrollo de esta investigación sino para nuestra formación profesional. Gracias por hacer de este trabajo, una de las experiencias más gratas que hemos tenido. A la empresa Construladesa S.A por permitirnos desarrollar nuestra tesis en sus instalaciones y por la experiencia y cariño brindado por todo su equipo de trabajo. De igual manera, un agradecimiento al ING. CLAUDIO LUQUE por su constante preocupación y recomendaciones a lo largo de este proceso.

A todas las personas en general, infinitas gracias.

Bárbara Romina Larrea Olivero

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres y hermanos porque fueron piezas fundamentales ya que estuvieron junto a mí en todo momento para la obtención de este título.

Juan Carlos Rivas Cajo

Dedico este trabajo a mis padres, hermanas, sobrinos, Quelita y familia en general como una muestra del fruto que han obtenido por brindarme todo su apoyo incondicional durante toda esta carrera universitaria.

Bárbara Romina Larrea Olivero



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. _____

ING. DE LA PARED CONDO, DANIEL, MSc.
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ALCÍVAR BASTIDAS, STEFANY ESTHER. MSc.
DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

ING. GUILLERMO PONCE VASQUEZ, MSc.
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. CLAUDIO LUQUE RIVAS, MSc.
OPONENTE

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN:.....	2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. ALCANCE.....	2
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5. METODOLOGÍA.....	3
2. MARCO TEÓRICO:.....	5
2.1. GENERALIDADES DEL SUELO.....	5
2.1.1. CONCEPTO Y ORIGEN DEL SUELO.....	5
2.1.2. TIPOS DE SUELO-CLASIFICACIÓN “SUCS”.....	7
2.1.3. TIPOS DE SUELO-CLASIFICACIÓN AASHTO.....	8
2.1.4. DEFINICIÓN DE SUELOS PLÁSTICOS.....	9
2.1.5. GRANULOMETRÍA.....	10
2.1.6. LÍMITES DE ATTERBERG.....	13
2.2. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS.....	15
2.2.1. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS.....	15
2.2.2. PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA UN MATERIAL DE MEJORAMIENTO DE SUB-RASANTE.....	15
2.3. DEFINICIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	16
2.4. MATERIALES PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO – CLORURO DE CALCIO.....	18
2.4.1. DEFINICIÓN.....	18

2.4.2.	CARÁCTERÍSTICAS DEL CLORURO DE CALCIO.....	19
2.4.3.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL CLORURO DE CALCIO	20
2.4.4.	PROPIEDADES QUÍMICA DEL CLORURO DE CALCIO	20
2.4.5.	EFFECTOS EN EL SUELO.....	20
2.4.6.	PROPIEDADES DEL CLORURO DE CALCIO A USAR	21
2.5.	MATERIALES PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO – CLORURO DE SODIO.....	22
2.5.1.	DEFINICIÓN	22
2.5.2.	PROPIEDADES DEL CLORURO DE SODIO	22
2.5.3.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL CLORURO DE SODIO	23
2.5.4.	PROPIEDADES QUÍMICA DEL CLORURO DE SODIO.....	23
2.5.5.	EFFECTOS EN EL SUELO.....	23
2.5.6.	PROPIEDADES DEL CLORURO DE SODIO A USAR.....	24
2.6.	CASOS EXISTENTES IMPLEMENTANDO CLORURO DE SODIO Y CLORURO DE CALCIO.	25
3.	FICHA TÉCNICA DEL SUELO PATRÓN:	28
3.1.	UBICACIÓN SEGÚN GOOGLE MAPS.....	28
3.2.	MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	29
3.3.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	30
3.3.1.	GRANULOMETRÍA.....	30
3.3.2.	HUMEDAD	35
3.3.3.	LÍMITES DE ATTERBERG	36
3.3.4.	CLASIFICACIÓN DE SUELO – SUCS.....	42
3.3.5.	CLASIFICACIÓN DE SUELO – AASHTO.....	44

3.3.6.	PROCTOR	45
3.3.7.	C.B.R.....	47
3.3.8.	COLORIMETRÍA.....	51
3.3.9.	PH DEL SUELO.....	52
3.4.	INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	53
4.	ENSAYOS CON CLORURO DE SODIO:	55
4.1.	DOSIFICACIÓN: 1 %.....	56
4.1.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	56
4.2.	DOSIFICACIÓN: 5%.....	57
4.2.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	57
4.3.	DOSIFICACIÓN: 10%.....	58
4.3.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	58
4.4.	DOSIFICACIÓN: 15%.....	59
4.4.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	59
4.5.	DOSIFICACIÓN: 15% (PARA SU CONFIRMACIÓN).....	60
4.5.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	60
4.6.	DOSIFICACIÓN: 20%.....	61
4.6.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	61
4.7.	DOSIFICACIÓN: 25%.....	62
4.7.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	62
4.8.	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	63
4.9.	ENSAYO C.B.R	64
5.	ENSAYOS CON CLORURO DE CALCIO:	67

5.1.	DOSIFICACIÓN: 1%.....	68
5.1.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	68
5.2.	DOSIFICACIÓN: 5%.....	69
5.2.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	69
5.3.	DOSIFICACIÓN: 10%.....	70
5.3.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	70
5.4.	DOSIFICACIÓN: 15%.....	71
5.4.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	71
5.5.	DOSIFICACIÓN: 20%.....	72
5.5.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	72
5.6.	DOSIFICACIÓN: 20% (PARA SU CONFIRMACIÓN).....	73
5.6.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	73
5.7.	DOSIFICACIÓN: 25%.....	74
5.7.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	74
5.8.	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	75
5.9.	ENSAYO C.B.R	76
6.	ENSAYOS CON ARENA FINA:	79
6.1.	GRANULOMETRÍA.....	79
6.2.	CLASIFICACIÓN SUCS	79
6.3.	DOSIFICACIÓN: 15%.....	81
6.3.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	81
6.4.	DOSIFICACIÓN: 20%.....	82
6.4.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	82

7.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	84
7.1.	COLORURO DE SODIO (15%).....	84
7.1.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	84
7.1.2.	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO.....	89
7.1.3.	ENSAYO C.B.R.....	90
7.1.4.	ENSAYO PH	91
7.2.	COLORURO DE CALCIO (20%).....	91
7.2.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	91
7.2.2.	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO.....	95
7.2.3.	ENSAYO C.B.R.....	96
7.2.4.	ENSAYO PH	97
7.3.	COMPARACIÓN.....	97
7.3.1.	LÍMITES DE ATTERBERG	97
7.3.2.	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO.....	99
7.3.3.	ENSAYO C.B.R.....	100
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:.....	101
8.1.	CONCLUSIONES	101
8.2.	RECOMENDACIONES.....	105
9.	BIBLIOGRAFÍA:.....	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Carta de Plasticidad de Casa Grande	10
Ilustración 2 Curva Granulométrica. Factores para Cc y Cu	12
Ilustración 3 Estados de consistencia y sus límites	13
Ilustración 4 Forma de realizar el surco para el Límite Líquido	14
Ilustración 5 Recomendaciones de tipo de estabilización según el tipo de suelo	18
Ilustración 6 Ficha Técnica del Cloruro de Calcio	21
Ilustración 7 Ficha Técnica del Cloruro de Sodio	24
Ilustración 8 Camino industrial División Andina, Codelco Chile. Carpeta estabilizada con Cloruro de Sodio	26
Ilustración 9 Caminos en la región del Bío Bío, estabilizado con Cloruro de Calcio, Chile	27
Ilustración 10 Ubicación de la cantera Cañaverál, Flor de Bastión, H&H	28
Ilustración 11 Recolección del suelo en la cantera Cañaverál	28
Ilustración 12 Mapa Geológico/Geotécnico de la ciudad de Guayaquil	29
Ilustración 13 Proceso para ensayo de Granulometría bajo la norma ASTM D422	30
Ilustración 14 Curva Granulométrica #1	32
Ilustración 15 Curva Granulométrica #2	33
Ilustración 16 Curva Granulométrica #3	34
Ilustración 17 Curva Granulométrica #4	35
Ilustración 18 Proceso para ensayo de Humedad bajo la norma ASTM D2216	35

Ilustración 19 Proceso para ensayo de Límite Líquido bajo la norma ASTM D4318	36
Ilustración 20 Gráfica resultante del Límite Líquido #1.	38
Ilustración 21 Gráfica resultante del Límite Líquido #2	39
Ilustración 22 Gráfica resultante del Límite Líquido #3	40
Ilustración 23 Proceso para ensayo de Límite Plástico bajo la norma ASTM D4318	40
Ilustración 24 Ubicación de los resultados en la Carta de plasticidad	43
Ilustración 25 Proceso para ensayo de Proctor Modificado bajo la norma ASTM D1557	45
Ilustración 26 Resultados del ensayo Proctor modificado	46
Ilustración 27 Proceso para ensayo de Proctor Modificado bajo la norma ASTM D1883	47
Ilustración 28 Resultados de la carga unitaria a una penetración de 2.54mm	49
Ilustración 29 Determinación del Porcentaje de CBR del Suelo Patrón	50
Ilustración 30 Proceso para ensayo de Proctor Modificado bajo la norma ASTM D1883	51
Ilustración 31 Proceso para ensayo del PH bajo la norma ASTM D4972-1852	
Ilustración 32 Preparación de las muestras con Cloruro de Sodio	55
Ilustración 33 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 1% del Cloruro de Sodio	56
Ilustración 34 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 5% del Cloruro de Sodio	57
Ilustración 35 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 10% del Cloruro de Sodio	58

Ilustración 36 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 15% del Cloruro de Sodio	59
Ilustración 37 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 15% del NaCl (Para su confirmación)	60
Ilustración 38 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 20% del Cloruro de Sodio	61
Ilustración 39 Gráfica Densidad seca vs Porcentaje de agua (%) del suelo + 15% Cloruro de Sodio.	63
Ilustración 40 Resultados de la carga unitaria a una penetración de 2.54mm + 15% de Cloruro de Sodio	65
Ilustración 41 Determinación del Porcentaje de CBR del Suelo Patrón + 15% Cloruro de Sodio	66
Ilustración 42 Cantidad de Cloruro de Calcio para el suelo.	67
Ilustración 43 Preparación de las muestras con Cloruro de Calcio	67
Ilustración 44 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 1% del Cloruro de Calcio	68
Ilustración 45 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 5% del Cloruro de Calcio	69
Ilustración 46 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 10% del Cloruro de Calcio	70
Ilustración 47 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 15% del Cloruro de Calcio	71
Ilustración 48 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 20% del Cloruro de Calcio	72
Ilustración 49 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 20% del Cloruro de Calcio (Para su confirmación)	73

Ilustración 50 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 25% del Cloruro de Calcio	74
Ilustración 51 Gráfica Densidad seca vs Porcentaje de agua (%) del suelo + 20% Cloruro de Calcio	75
Ilustración 52 Resultados de la carga unitaria a una penetración de 2.54mm + 20% de Cloruro de Calcio	77
Ilustración 53 Determinación del Porcentaje de CBR del Suelo Patrón + 20% Cloruro de Calcio	78
Ilustración 54 Curva Granulométrica de la Arena Pobrementemente Gradada. Factores para Cc y Cu	80
Ilustración 55 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 15% de la Arena Mal Gradada	82
Ilustración 56 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 20% de la Arena Mal Gradada	83
Ilustración 57 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 30% del Cloruro de Sodio	85
Ilustración 58 Gráfica de Dosificación del NaCl(%) vs Límite Líquido (LL)	86
Ilustración 59 Comparación del LL entre el suelo patrón y el 15% del NaCl	87
Ilustración 60 Gráfica de Dosificación del NaCl (%) vs Límite Plástico (LP)	87
Ilustración 61 Comparación del LP entre el suelo patrón y el 15% del NaCl	88
Ilustración 62 Gráfica de Dosificación del NaCl (%) vs Índice de Plasticidad (IP)	88
Ilustración 63 Comparación del IP entre el suelo patrón y el 15% del NaCl	89
Ilustración 64 Comparación de la Humedad Óptima entre el suelo patrón y el 15% del NaCl	89

Ilustración 65 Comparación de la Densidad Máxima Seca entre el suelo patrón y el 15% del NaCl	90
Ilustración 66 Comparación del % C.B.R entre el suelo patrón y el 15% del NaCl	90
Ilustración 67 Gráfica de Dosificación del CaCl_2 (%) vs Límite Líquido (LL)	92
Ilustración 68 Comparación del LL entre el suelo patrón y el 20% de CaCl_2	93
Ilustración 69 Gráfica de Dosificación del CaCl_2 (%) vs Límite Plástico (LP)	93
Ilustración 70 Comparación del LL entre el suelo patrón y el 20% del CaCl_2	94
Ilustración 71 Gráfica de Dosificación del CaCl_2 (%) vs Índice de Plasticidad (IP)	94
Ilustración 72 Comparación de la Humedad Óptima entre el suelo patrón y el 20% del CaCl_2	95
Ilustración 73 Comparación de la Densidad Máxima Seca entre el suelo patrón y el 20% de CaCl_2	95
Ilustración 74 Comparación del % C.B.R entre el suelo patrón y el 20% del CaCl_2	96
Ilustración 75 Resumen de los resultados del Límite Líquido.	97
Ilustración 76 Resumen de los resultados del Límite Plástico.	98
Ilustración 77 Resumen de los resultados del Índice de Plasticidad	98
Ilustración 78 Resumen de los resultados de la Densidad Máxima Seca	99
Ilustración 79 Resumen de los resultados de la Humedad Óptima	99
Ilustración 80 Resumen de los resultados del % C.B.R al 95% de Compactación	100
Ilustración 81 Resumen de los resultados del Hinchamiento	100

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nomenclatura según SUCS	7
Tabla 2 Clasificación de Suelos por la norma AASHTO	9
Tabla 3 Orden de los Tamices para un material de Mejoramiento.....	11
Tabla 4 Requerimiento para considerar como un material de mejoramiento	15
Tabla 5 Características del Cloruro de Calcio.....	19
Tabla 6 Propiedades Físicas del Cloruro de Calcio	20
Tabla 7 Propiedades Químicas del Cloruro de Calcio	20
Tabla 8 Propiedades del Cloruro de Sodio	22
Tabla 9 Propiedades Físicas del Cloruro de Sodio	23
Tabla 10 Propiedades Química del Cloruro de Sodio	23
Tabla 11 Resultados obtenidos del Ensayo de Granulometría #1	31
Tabla 12 Resultados obtenidos del Ensayo de Granulometría #2	32
Tabla 13 Resultados obtenidos del Ensayo Granulometría #3	33
Tabla 14 Resultados obtenidos del Ensayo Granulometría #4	34
Tabla 15 Resultados obtenidos del Ensayo de Humedad	36
Tabla 16 Resultados obtenidos del Ensayo de Límite Líquido #1	37
Tabla 17 Resultados obtenidos del Ensayo de Límite Líquido #2	38
Tabla 18 Resultados obtenidos del Ensayo de Límite Líquido #3	39
Tabla 19 Resultados obtenidos del Ensayo del Límite Plástico #1	41
Tabla 20 Resultados obtenidos del Ensayo del Límite Plástico #2.....	41
Tabla 21 Resultados obtenidos del Ensayo del Límite Plástico #3.....	42
Tabla 22 Porcentaje promedio de Grava, Arena y Finos de la muestra.....	42

Tabla 23 Porcentaje Promedio de los Límites de Atterberg y su humedad .	43
Tabla 24 Valores promedios de los ensayos de granulometría realizados. .	44
Tabla 25 Ubicación de los resultados en la Tabla AASHTO	44
Tabla 26 Métodos del Proctor standard	45
Tabla 27 Métodos del Proctor Modificado.....	46
Tabla 28 Hoja de cálculo para prueba Proctor del Suelo Patrón	46
Tabla 29 Resultados del suelo compactado a 56, 25, 10 golpes e Hinchamiento	48
Tabla 30 Resultados por penetración del ensayo C.B.R.	48
Tabla 31 Color patrón estándar Gardner y placa orgánica	51
Tabla 32 Resultados obtenidos del ensayo del pH del suelo patrón.....	52
Tabla 33 Ficha Técnica del Suelo a Ensayar.....	53
Tabla 34 Comparación de los requerimientos del MTOP con el suelo patrón.	54
Tabla 35 Cantidad de Cloruro de Sodio para el suelo.	55
Tabla 36 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 1% de Cloruro de Sodio.....	56
Tabla 37 Comparaciones del IP con la dosificación del 1% del Cloruro de Sodio.....	56
Tabla 38 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 5% de Cloruro de Sodio.....	57
Tabla 39 Comparaciones del IP con la dosificación del 5% del Cloruro de Sodio.....	57
Tabla 40 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 10% de Cloruro de Sodio.....	58

Tabla 41 Comparaciones del IP con la dosificación del 10% del Cloruro de Sodio.....	58
Tabla 42 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de Cloruro de Sodio.....	59
Tabla 43 Comparaciones del IP con la dosificación del 15% del Cloruro de Sodio.....	59
Tabla 44 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de NaCl (Para su confirmación).....	60
Tabla 45 Comparaciones del IP con la dosificación del 15% del NaCl (Para su confirmación).....	60
Tabla 46 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 20% de Cloruro de Sodio.....	61
Tabla 47 Comparaciones del IP con la dosificación del 20% del Cloruro de Sodio.....	61
Tabla 48 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 25% de Cloruro de Sodio.....	62
Tabla 49 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 25% del Cloruro de Sodio.....	62
Tabla 50 Comparaciones del IP con la dosificación del 25% del Cloruro de Sodio.....	62
Tabla 51 Hoja de cálculo para prueba Proctor del 15% de Cloruro de Sodio	63
Tabla 52 Resultados del suelo compactado+ 15% de Cloruro de Sodio a 56, 25, 10 golpes e Hinchamiento.....	64
Tabla 53 Resultados por penetración del ensayo C.B.R +15% de Cloruro de Sodio.....	64

Tabla 54 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 1% de Cloruro de Calcio.....	68
Tabla 55 Comparaciones del IP con la dosificación del 1% del Cloruro de Calcio.....	68
Tabla 56 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 5% de Cloruro de Calcio.....	69
Tabla 57 Comparaciones del IP con la dosificación del 5% del Cloruro de Calcio.....	69
Tabla 58 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 10% de Cloruro de Calcio.....	70
Tabla 59 Comparaciones del IP con la dosificación del 10% del Cloruro de Calcio.....	70
Tabla 60 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de Cloruro de Calcio.....	71
Tabla 61 Comparaciones del IP con la dosificación del 15% del Cloruro de Calcio.....	71
Tabla 62 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 20% de Cloruro de Calcio.....	72
Tabla 63 Comparaciones del IP con la dosificación del 20% del Cloruro de Calcio.....	72
Tabla 64 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 20% de CaCl ₂ (Para su confirmación).....	73
Tabla 65 Comparaciones del IP con la dosificación del 20% del Cloruro de Calcio (Para su confirmación).....	73
Tabla 66 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 25% de Cloruro de Calcio.....	74

Tabla 67 Comparaciones del IP con la dosificación del 25% del Cloruro de Calcio.....	74
Tabla 68 Hoja de cálculo para prueba Proctor del 20% de Cloruro de Calcio	75
Tabla 69 Resultados del suelo compactado + 20% de Cloruro de Calcio a 56, 25, 10 golpes e Hinchamiento.....	76
Tabla 70 Resultados por penetración del ensayo C.B.R +20% de Cloruro de Calcio.....	76
Tabla 71 Resultados obtenidos del Ensayo de Granulometría de la Arena Fina.....	79
Tabla 72 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de la Arena Mal Gradada.....	81
Tabla 73 Comparaciones del IP con la dosificación del 15% de la Arena Mal Gradada.....	82
Tabla 74 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 20% de la Arena Mal Gradada.....	82
Tabla 75 Comparaciones del IP con la dosificación del 20% de la Arena Mal Gradada.....	83
Tabla 76 Resultados de los ensayos de los Límites de Atterberg usando varias dosificaciones de Cloruro de Sodio.....	84
Tabla 77 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 30% de Cloruro de Sodio.....	85
Tabla 78 Comparaciones del IP con la dosificación del 30% del Cloruro de Sodio.....	86
Tabla 79 Comparación de los Hinchamientos entre el suelo patrón y el 15% del NaCl.....	91
Tabla 80 Resultados obtenidos del ensayo del pH con el 15% del NaCl.....	91

Tabla 81 Resultados de los ensayos de los Límites de Atterberg usando varias dosificaciones de Cloruro de Calcio	92
Tabla 82 Comparación de los Hinchamientos entre el suelo patrón y el 20% del CaCl ₂	96
Tabla 83 Resultados obtenidos del ensayo del pH con el 20% del CaCl ₂ ...	97
Tabla 84 Resumen de los datos obtenidos (Suelo Patrón, NaCl, y CaCl ₂)	104

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se enfoca en evaluar y comparar el uso del Cloruro de Calcio y Cloruro de Sodio como posibles agentes estabilizadores que proporcionarán un mejor desempeño al reducir la plasticidad de un suelo arcilloso destinado a usarse como un material de mejoramiento. Así mismo, se analizará su incidencia en la capacidad de soporte del suelo para que éste cumpla con los requerimientos del MTOP (2012). En primer lugar, se definirán las características del suelo a usar (denominado suelo patrón) mediante ensayos de: Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado, C.B.R., Colorimetría y pH. A este suelo se variará su plasticidad utilizando los siguientes porcentajes de agentes: 1%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. Se desea hallar la dosificación óptima para cada uno de los agentes con la cual cumpla con lo que se exige en la norma. A este porcentaje óptimo, se le realizarán ensayos como: Límites de Atterberg, Proctor Modificado, C.B.R y pH para conocer la interacción entre el suelo y los agentes, de tal forma se efectuarán comparaciones entre ellos. Todos los ensayos se regirán bajo normas ASTM.

Palabras Claves: Plasticidad, Estabilización, Dosificación, ASTM, Cloruro de Calcio, Cloruro de Sodio.

ABSTRACT

The present degree work focuses on evaluating and comparing the use of Calcium Chloride and Sodium Chloride as possible stabilizing agents that would provide a better performance by reducing the plasticity of a clayey soil to be used as a ground improvement. It would also analyze the effect in the support capacity so it can accomplish MTOP (2012) specifications. First, the characteristics of a certain type of soil (pattern soil) will be defined by the following test: Particle Size Analyze of Soil, Atterberg Limits, Modified Proctor Compaction, Californian Bearing Ratio, and pH. Then, the pattern soil will be mix with the following agents' percentages: 1%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25%. The aim is finding the optimum dosage with each agent that complies what is required in the standard. At this optimum percentage, tests like: Atterberg Limits Test, Modified Proctor Compaction Test, Californian Bearing Ratio Test, and pH Test will be done to identify the interaction between the soil and the agents, so that comparison will be made among them. All test will be carried out under ASTM standards.

Keywords: Plasticity, Stabilization, Dosage, ASTM, Calcium Chloride, Sodium Chloride.

CAPÍTULO #1

1. INTRODUCCIÓN:

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En el Trabajo de Grado de Pedro Cedeño Cedeño: “Análisis Comparativo De Base Estabilizada Con Cemento Holcim Fuerte Tipo GU Y Holcim Base Vial Tipo MH Para Implementar En Vías” se basó en una investigación acerca de la estabilización de suelos con materiales que comúnmente ya se usan para la construcción de carreteras. Si bien, es cierto, estos productos proporcionan grandes ventajas y son más accesibles, pero el objetivo de esta investigación es proponer otras opciones más convencionales aparte de las previamente estudiadas, ya que la estabilización química se enfoca en detener la pérdida de humedad para no alterar la cohesión aparente entre las partículas de la capa de rodadura. Por tal motivo, la estabilización de suelos arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio, se enfocará en la comparación del comportamiento de estas dos variables como posibles agentes estabilizadores por humedad. Este es un tema que da continuidad a que indagadores precedentes busquen mejores opciones para estabilización de suelos.

1.2. ALCANCE

Generalmente los ingenieros buscan en una estabilización para incrementar la resistencia al suelo que pueda cumplir con las cargas de tránsito generadas más no en proporcionar condiciones de servicio adecuadas para su uso, es por esto el alcance de la investigación radica en el reconocimiento de nuevas alternativas de agentes estabilizadoras aparte de las ya conocidas por el medio. Se estudiarán sus propiedades físicas y condiciones externas para demostrar a través de un análisis comparativo el comportamiento de las dos opciones. Se usarán varias muestras de mezclas estabilizadoras con diferentes dosificaciones de los agentes para evaluar su plasticidad, además de ensayos de laboratorio que respalden con resultados tangibles para su comparación. Se le realizará Proctor Modificado y C.B.R. al porcentaje óptimo del Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Estabilización de un suelo arcilloso con un rango de Índice de Plasticidad (16-18) con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio para su implementación en vías.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar las características técnicas del suelo arcilloso a estudiar. Se trabajará con un material de mejoramiento proveniente de la Mina Cañaverál. Material que está siendo utilizado en el proyecto “Sistema 3 Flor de Bastión – H&H”. H&H proporcionará el material para esta investigación.
- ✓ Realizar ensayos pertinentes que proporcionen información acerca de las propiedades físico-mecánico del suelo usando Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio como materiales independientes.
- ✓ Determinar el porcentaje óptimo en base al desempeño de los agentes bajo diferentes dosificaciones en la mezcla estabilizada mediante ensayos de laboratorio. (1%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25%)
 - **Nota:** Al material con el porcentaje óptimo de cloruros se le realizarán Proctor Modificado, C.B.R. y Ph.
- ✓ Realizar comparaciones objetivas entre las dos variables a estudiar. (Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio).

1.5. METODOLOGÍA

La aplicación de estos agentes estabilizadores se trata de busca la dosificación óptima, donde se lo procederá a mezclar con el material suelto que se encuentra en obra para luego compactarlo y conformar el camino.

Para evaluar su desempeño se le realizarán ensayos de Humedad, Límites Atterberg, Granulometría, Clasificación SUCS, Clasificación AASHTO, Proctor Modificado, C.B.R. y pH para reconocer las propiedades físicas del suelo arcilloso a tratar; ensayos que mida: densidad máxima y humedad óptima. Con respecto al análisis comparativo, se realizarán ensayos a las dosificaciones de: 1%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio. Una vez encontrado el porcentaje óptimo de los agentes

estabilizadores, a estos se le realizarán: Límites Atterberg (para su confirmación de los resultados obtenidos), Proctor Modificado, C.B.R y pH bajo normas ASTM. Con la obtención de todos esos parámetros, se establecerán conclusiones en base al comportamiento de cada material y su aplicabilidad en los distintos requerimientos de la construcción de vías.

CAPÍTULO #2

2. MARCO TEÓRICO:

2.1. GENERALIDADES DEL SUELO

2.1.1. CONCEPTO Y ORIGEN DEL SUELO

Las rocas tienen su origen a partir de varios procesos geológicos, los más importantes que dan origen a una variedad de rocas son: la cristalización de los minerales que la componen durante la solidificación del magma, la cementación de las partículas del suelo de un depósito y el metamorfismo. (Ingeniería Civil, 2010)

Los diversos tipos de roca que se encuentran en la corteza terrestre están clasificados en tres grandes categorías que son: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

El origen de los suelos es generado por la desintegración, alteración física, mecánica y química de las rocas madres causadas por el intemperismo, cambiándole la composición y mineralogía, así como sus propiedades físicas y mecánicas a través del tiempo. Los agentes físicos que provoca variaciones en la roca son: la temperatura, el viento, el agua y la humedad e incluso algunos agentes químicos como: la oxidación y la hidratación.

Pero desde el punto de vista ingenieril, el suelo se lo define como aquel material terroso no consolidado, que se comprende desde gravas y areniscas parcialmente cementadas hasta lutitas suaves y material orgánico. La clasificación de los suelos, en función a las dimensiones de las partículas o fragmentos que la componen (granulometría) se clasifican en altamente orgánicos (Turba), finos (Orgánicos, Limos y Arcillas) y gruesos (Arenas y gravas).

Desde el punto de vista de identificación, sus propiedades físicas más importantes comprenden:

Color: Esta propiedad puede ser usada como una medida indirecta sobre la composición o estado en el que se encuentra el suelo. Por ejemplo: Los

colores oscuros (café, negro o pardo) se debe a la presencia de compuestos orgánicos. Los colores rojizos presentan un proceso de erosión o descomposición de los metales en el suelo, indican una baja fertilidad de estos mismos. Los colores claros, en especial el blanco presenta la existencia de materiales como calcita, dolomita, sales entre otros. Tonalidades como marrón/amarillo indican una mayor fertilidad a comparación de los ya mencionados.

Lustre: Aquella propiedad que indica la presencia ya sea de silicatos, sales minerales, elementos no metales y carbonatos.

Textura: Es un indicador que hace referencia al tamaño relativo de las partículas que lo conforman. Está relacionado con la facilidad que tiene el suelo para ser manejado, su absorción y su permeabilidad.

Temperatura: Magnitud física en la cual hace referencia al calor que tiene el suelo.

Consistencia: Propiedad que muestra la firmeza o resistencia del suelo ante la deformación o ruptura. Este parámetro varía según su estado sobresaturado, húmedo y seco.

Cohesión: Afinidad que tiene las partículas del suelo para adherirse entre sí. Propiedad exclusiva de las arcillas.

Ángulo de fricción: Conocido también como el ángulo de reposo que se crea entre el eje de esfuerzos normales y la tangente a la envolvente de Mohr, es decir la pendiente de un conjunto de dicho material granular.

Todas estas propiedades les proporcionan la capacidad suficiente de soporte ante diversas sollicitaciones: compresión, cizalla, reflejadas en magnitudes como la tensión admisible o los asientos máximos y diferenciales.

2.1.2. TIPOS DE SUELO-CLASIFICACIÓN “SUCS”

Es un método creado por el Ingeniero Civil Austriaco Arthur Casagrande, en el año 1942, con el objetivo de agrupar los tipos de suelos en base a su granulometría y sus límites de Atterberg,

En esto, se han creado 3 categorías:

Suelos Granulares: Se considera que es granular cuando más del 50% de sus partículas quedan retenidas en el Tamiz No. 200. Dentro de esta clasificación se dividen entre gravas (si más del 50% se retiene en el Tamiz No. 4) y arenas (si se encuentran comprendidas en el pasante del Tamiz No.4 y lo retenido en el Tamiz No. 200)

Suelos Finos: Se considera que es fino cuando más del 50% de sus partículas pasan el Tamiz No. 200.

Suelos Orgánicos: Son considerados aquellos suelos que posean un color oscuro y un olor particular. Estos son ricos en materia orgánicas originados a partir de la descomposición residuos vegetales

Simbología:

La clasificación SUCS maneja la siguiente simbología para dar mejor idea de la condición en la que se encuentra el suelo.

Nomenclatura	
G	Grava
S	Arena
M	Limos
C	Arcilla
W	Bien Gradado
P	Pobrementemente Gradado
H	Alta Plasticidad
L	Baja Plasticidad
O	Orgánico
P	Turba

Tabla 1 Nomenclatura según SUCS

Fuente: (ASTM, 2011)

Para poder clasificar bajo SUCS, se tiene que tener en cuenta que su nomenclatura está compuesta por un prefijo y un sufijo. Los prefijos se asignan en base a su composición principal, tal como se mencionó anteriormente, mientras que los sufijos se estipulan dependiendo a su condición secundaria (subdivisiones en dichos grupos)

En la subdivisión de las gravas y las arenas, el sufijo se establece mediante el porcentaje (%) de finos que posea el material, los Coeficientes de Uniformidad (C_u), de Curvatura (C_c) y del Índice de Plasticidad.

2.1.3. TIPOS DE SUELO-CLASIFICACIÓN AASHTO

- Primero, se debe hacer una clasificación de forma general de la muestra, determinando que tipo de material es, ya sea granular o limo-arcilloso.
- Para poder clasificar la muestra como un material granular, se debe tomar en cuenta el porcentaje del pasante del tamiz #200 ya que si es menor del 35% se considera material granular sino sería un material limo-arcilloso.
- Después de las clasificaciones generales se procede a elegir el grupo y Subgrupo que pertenece la muestra como, por ejemplo:
 - **Grupo:** A-1, A-2, A-3, A-4, A-5 Y A-6.
 - **Sub-grupo:** A-1-a, A-1b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-7, A-7-5 Y A-7-6.
- En la determinación del Grupo y Subgrupo, se procede a descartar tomando en cuenta muchos factores como son:
 - El porcentaje que pasa por el tamiz N°10, N°40, N°100,
 - Características que pasa del tamiz N°40: Límite Líquido e índice de Plasticidad.

- Por último, en base a los factores antes mencionados se determina el índice de grupo y la Tipología de la muestra.

TABLA N° 1 : Clasificación de Suelos según AASHTO											
CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% que pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
% que pasa el Tamiz: N° 10 N° 40 N° 200	50 máx.										
	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP > 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Tabla 2 Clasificación de Suelos por la norma AASHTO

Fuente: (Dokumen, 2015)

2.1.4. DEFINICIÓN DE SUELOS PLÁSTICOS

Cuando hay una variación en el contenido de agua de un suelo adopta una consistencia denominado plasticidad. La plasticidad es aquella afinidad al agua que permite al suelo aceptar deformaciones sin romperse.

Los estados de consistencia que hay de una masa de suelo plástico están en función del contenido de humedad, los cuales son sólidos, líquido y plástico. Esto sucede cuando la humedad del suelo varía, donde para determinar en qué estado se encuentra el suelo se ha probado varios ensayos, siendo los más utilizadas los de Atterberg y Terzaghi.

Sabiendo del Límite Líquido y el Límite Plástico se puede obtener el Índice de Plasticidad, solo con la diferencia numérica entre ellos:

$$IP = LL - LP$$

El Índice de Plasticidad representa en porcentaje (%) la humedad que debe tener el suelo para poder conservarse en estado plástico. El índice también es un buen indicador de la compresibilidad a mayor el IP, mayor es la compresibilidad del suelo.

Gráfica de plasticidad del USCS

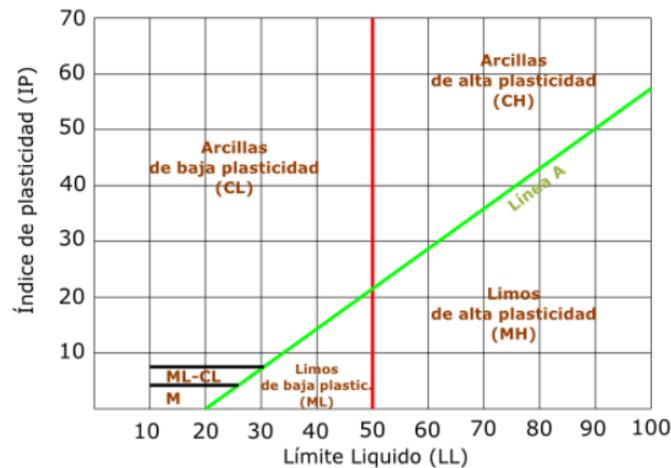


Ilustración 1 Carta de Plasticidad de Casa Grande

Fuente: (Diccionario Geotécnia, s.f.)

2.1.5. GRANULOMETRÍA

Al conjunto de partículas discretas de diferentes tamaños y formas se lo denomina Suelo. Si el objetivo es clasificar el suelo será necesario hacer un análisis granulométrico. Este análisis consiste en agrupar y clasificar las partículas que forman la muestra separándolas por tamices y determinando la proporción en peso de cada rango de tamaño.

Métodos de análisis granulométrico

La separación de la muestra de suelo en diferentes fracciones, tomando en cuenta sus tamaños, resulta muy importante para poder conocer la capacidad y eficiencia del suelo. Se conoce 2 tipos de ensayos: por tamizado para partículas grueso-granulares (grava y arenas) y el de sedimentación en la parte fina del suelo (limos y arcillas), dado a su comportamiento plástico también se lo considera para el tamizado.

Método por tamizado

Después de haber secado la muestra por el horno o al aire, se lo pulveriza y se lo introduce a una serie de tamices normalizados, apilados y numerados en orden de apertura decreciente.

El primer tamiz, es el tamaño más grande y es donde se considera el inicio del tamizado, debajo de la columna de tamices se le coloca un tamiz ciego también llamado "Fondo", esto es para poder recoger el material más fino no retenido por ningún tamiz.

Depende al enfoque que se quiere hacer al suelo se toma una configuración de tamizados, por ejemplo: Base, Sub-base y Mejoramiento. Para la realización de este trabajo de titulación se considerará al material como Mejoramiento.

Orden:

TAMICES		TAMICES	
4"	100,000 mm	N° 10	2,000 mm
3"	75,000 mm	N° 16	1,180 mm
2"	50,000 mm	N° 20	0,850 mm
1 1/2"	37,500 mm	N° 30	0,600 mm
1"	25,000 mm	N° 40	0,425 mm
3/4"	19,000 mm	N° 50	0,300 mm
1/2"	12,500 mm	N° 60	0,250 mm
3/8"	9,500 mm	N° 100	0,150 mm
N° 4	4,750 mm	N° 200	0,075 mm
N° 8	2,360 mm	FONDO	

Tabla 3 Orden de los Tamices para un material de Mejoramiento

Fuente: Autores

El procedimiento del tamizado es muy sencillo y tradicional ya que se lo hace con sacudidas horizontales y golpes verticales, pueden ser mecánicos o manuales, se lo hace para que el suelo pase por la serie de tamices, de arriba abajo, para luego pesar por separado la cantidad de suelo retenido en cada tamiz.

Curva granulométrica

Es la representación gráfica de los resultados que se obtuvo en el análisis granulométrico la cual grafica una curva que da los porcentajes de cada intervalo de tamaños de partícula que pasan por una serie de tamices establecida. Para describir la distribución de tamaño de partícula se utiliza la métrica como, por ejemplo: D10, D30, D60,

Coefficiente de Uniformidad y el Coeficiente de Curvatura

Estos coeficientes ayudan a determinar si el suelo es bien o mal gradado dependiendo de la cantidad de material pasante.

Para determinar estos coeficientes se usa la siguiente nomenclatura, ejemplo: D60. Donde la letra “D” significa “Diámetro efectivo” y el número que lo acompaña hace referencia al porcentaje (%) del material pasante.

Todos estos factores son obtenidos una vez realizada la curva granulométrica, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

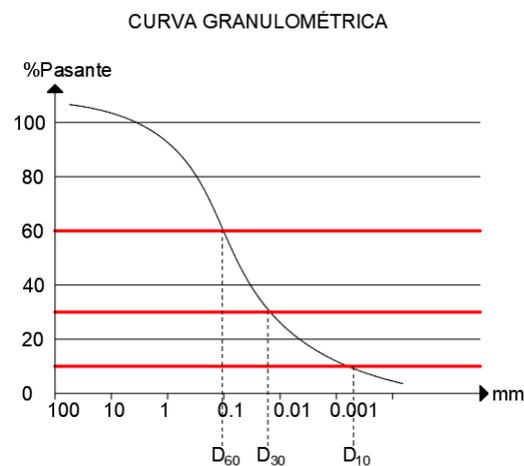


Ilustración 2 Curva Granulométrica. Factores para Cc y Cu

Fuente: Autores

- Curva de Uniformidad

- Curva de Curvatura

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

2.1.6. LÍMITES DE ATTERBERG

Son ensayos de laboratorios creados por el científico sueco Mauritz Atterberg y remodelados por Casagrande. Sirven para analizar el comportamiento de los suelos finos y facilita la clasificación de los suelos por el método SUCS.

A través de los límites de Atterberg, se pueden caracterizar bajo en qué estado de consistencia se encuentra la muestra de suelo fino. Los 4 estados de consistencia según su humedad son: Estado sólido, cuando no presenta humedad alguna. A medida que se va agregando agua a la muestra, sus estados van cambiando a semisólido, plástico y líquido.

El límite entre el estado sólido con el semisólido se denomina como límite de retracción; entre los estados semisólido a plástico se conoce como límite plástico; y finalmente, el límite entre el estado plástico y líquido se conoce como límite líquido.

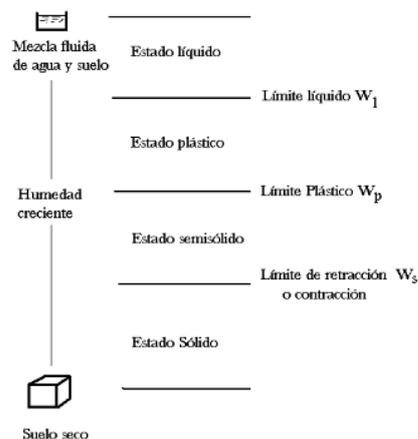


Ilustración 3 Estados de consistencia y sus límites

Fuente:(Lambe, 1997)

Los puntos de mayor interés son:

- **LÍMITE LÍQUIDO**

Este ensayo consiste en crear varias muestras de suelo con humedades variables. Este material humedecido, se es colocado en una cuchara normalizada conocida como “Cuchara de Casagrande”, se le realiza un surco que divide a la muestra en dos mitades tal como se muestra en la imagen posterior.

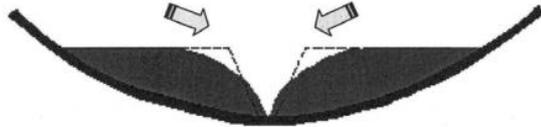


Ilustración 4 Forma de realizar el surco para el Límite Líquido

Fuente: (Osorio, 2010)

El límite líquido se lo determina a través del porcentaje de humedad que posea la muestra cuando éste ha cerrado su ranura a 1/2” en 25 golpes.

Se debe tener en cuenta que la altura de caída de la cuchara, las dimensiones del surco, la selección del acanalador, la cantidad de material, entre otros, son varios factores que podrían alterar la precisión de los resultados obtenidos.

- **LÍMITE PLÁSTICO**

Por otro lado, el límite plástico es determinado por la formación de rollitos de diámetro de 3mm y 25-30 mm de longitud, en la cual tenga la humedad necesaria de poder moldearse y agrietarse sin resquebrajarse. El límite plástico es controlado por la cantidad de arcillas que posea la mezcla ya que para suelos como arenas o limos son considerados como no plásticos.

Es recomendable recalcar que los límites de Atterberg determinados por los ensayos previamente expuestos deben ser realizados con material obtenido a partir de la fracción pasante del tamiz N° 40.

2.2. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

2.2.1. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

Son las vías que llevan una capa delgada de asfalto o estabilizadas mediante aditivos. Estas carreteras fueron designadas para un bajo volumen de tránsito por ese motivo los materiales y el tipo de superficie de rodadura son diferentes a las carreteras pavimentadas.

- Carreteras de tierra compuesto por el suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- Carreteras con capa de rodadura estabilizada con materiales industriales: Para suelo natural se le coloca capa estabilizada con diferentes materiales como: aditivos químicos, cal, material granular y finos, etc.

2.2.2. PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA UN MATERIAL DE MEJORAMIENTO DE SUB-RASANTE

Según la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB-2012), para que un suelo sea considerado como un material de mejoramiento deberá tener los siguientes requerimientos:

	Tipo de Suelo	Granular
		Rocoso
		Ambos
	Contenido de materia orgánica y escombros	0%
	Pasante tamiz 4"(100mm)	100%
	Pasante tamiz N°200(0.075mm)	< 20%
Material pasante tamiz N°40(0.0425mm)	IP	< 9
	LL	<35%
	CBR	>10%

Tabla 4 Requerimiento para considerar como un material de mejoramiento

Fuente: (MTOB, 2012)

2.3. DEFINICIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Anteriormente, cuando un suelo de mala calidad y de pobre capacidad portante se encuentra en el lugar de construcción de una carretera, lo que encarecía su diseño es la manera en la que se tiene que aumentar su resistencia y modificar sus propiedades para que proporcione un mejor desempeño en la vida útil de la vía. Las primeras opciones eran retirar dicho material y cambiarlo por uno de mejores características, pero considerando la magnitud de este tipo de obras, resultaría un “producto” de muy baja relación beneficio/costo y desde el punto de vista ingenieril, se convertía en un proceso tedioso relacionado al movimiento de tierras.

La estabilización surgió como una forma de economizar el diseño de una carretera ya sea pavimentada o no pavimentada y consiste prácticamente en un proceso de reutilizar el suelo que se encuentre en el sitio y mejorarlo a través de agentes estabilizadores para incrementar ya sea su resistencia, capacidad de deformación o modificar alguna característica para asegurar el rendimiento del suelo.

Los tipos de estabilizaciones se pueden clasificar dependiendo de los materiales para estabilizar, o dependiendo de la propiedad a mejorar en el suelo.

- Según la propiedad a mejorar

Dentro de esta clasificación se tiene:

- Estabilización Física

Esto se usa para poder estabilizar el suelo produciendo cambios físicos. Hay varios métodos como lo son: Mezclas de suelos, Geotextiles, Vibro flotación, Consolidación Previa.

- Estabilización mecánica

Es cuando se logra estabilizar considerablemente el suelo sin producir reacciones químicas de importancia.

- Estabilización Volumétrica

Es cuando se trata de estabilizar el suelo con el fin de evitar la expansión volumétrica, ya que algunos suelos pueden variar su volumen ante un cambio de humedad, muy a menudo les sucede a suelos arcillosos.

Algunos estudios han recomendado usar tratamientos químicos para las arcillas superficiales, en cambio para procedimiento térmicos son adecuados para las arcillas profundas expansivas.

- Según el material a utilizar

- Estabilización a través de productos químicos

La aplicación de un estabilizador químico tiene como fin que las propiedades del suelo a tratar mejoren su comportamiento ya sea en la etapa de construcción o de servicio.

Los productos químicos que más son usados como estabilizadores de vías no pavimentadas son: cloruros de calcio (CaCl_2), óxidos de calcio e hidróxidos de calcio, cloruro de sodio (NaCl), cloruros férricos, silicato férrico, resinas y cloruro de magnesio.

- Estabilización Material bituminoso

El uso de los productos bituminosos es destinado para pavimento, su tratamiento superficial consiste de una o varias capas del producto con árido debidamente compactado. La forma de aplicación del producto puede ser en caliente o en forma de emulsiones, donde la forma de emulsión se ha vuelto tendencia a nivel mundial.

El asfalto se ha vuelto como unas de las primeras opciones a la hora de hacer una estabilización ya que es una manera efectiva, desde el punto económico, ya que se puede incrementar la resistencia de un material y poder reducir a la vez los efectos que podría surgir al estar al contacto con el agua.

- Estabilización por materiales pétreos

La estabilización con material pétreo se lo usa con el objetivo de proporcionar un reforzamiento a la obra básica que se va a construir.

Los materiales a usar deberán estar constituidos por material pétreo o pedazos de rocas de un tamaño aproximadamente entre 10 a 30 cm, sin presencia de material arcilloso, con un contenido no mayor del 20% de pasante del tamiz de 2" (50mm) y el 5% de pasante del tamiz N°4.

Clase de Suelo	Tipo de estabilizador Aditivo recomendado	Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en porcentaje pasando la malla No.200	Comentarios
SW ó SP	(1) Bituminosos (2) Cemento Portland (3) Cal-cemento-ceniza volante	IP no exceda a 25		
SW-SM ó SP-SM ó SW-SC ó SP-SC	(1) Bituminosos (2) Cemento Portland (3) Cal (4) Cal-cemento-ceniza volante	IP no exceda a 10 IP no exceda a 30 IP no exceda a 12 IP no exceda a 25		
SM ó SC ó SM-SC	(1) Bituminosos (2) Cemento Portland (3) Cal (4) Cal-cemento-ceniza volante	IP no exceda a 10 IP no menor de 12 IP no exceda a 25	No exceda 30% por peso	
GW ó GP	(1) Bituminosos (2) Cemento Portland (3) Cal-cemento-ceniza volante	IP no exceda a 25		Material bien graduado. Debe contener al menos 45% por peso del material pasando la malla No. 4
GW-GM ó GP-GM ó GW-GC ó GP-GC	(1) Bituminosos (2) Cemento Portland (3) Cal (4) Cal-cemento-ceniza volante	IP no exceda a 10 IP no exceda a 30 IP no menor de 12 IP no exceda a 25		Material bien graduado. Debe contener al menos 45% por peso del material pasando la malla No. 4
GM ó GC ó GM-GC	(1) Bituminosos (2) Cemento Portland (3) Cal (4) Cal-cemento-ceniza volante	IP no exceda a 10 IP no exceda a 12 IP no exceda a 25	No exceda 30% por peso	Material bien graduado solamente
CH ó CL ó MH ó ML ó OH ó OL ó ML-CL	(1) Portland (2) Cal	LL menor de 40 e IP menor de 10 IP no menor de 12		Materiales orgánicos y altamante ácidos que se encuentran dentro de esta área no son susceptibles a la estabilización por mecanismos ordinarios.

Ilustración 5 Recomendaciones de tipo de estabilización según el tipo de suelo

Fuente: (Elizondo Arrieta & Sibaja Obando, 2008)

2.4. MATERIALES PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO – CLORURO DE CALCIO

2.4.1. DEFINICIÓN

La base para poder hacer el cloruro cálcico es el mismo calcio, donde se lo elabora combinando la caliza y ácido clorhídrico. Donde el resultado es un

compuesto súper versátil que se lo usa para las estabilizaciones de carreteras.

El cloruro de calcio es un compuesto químico, inorgánico y mineral de estado sólido inodoro, blanco y cristalino que es soluble en el agua. Es una sal deliquescente cuya propiedad es de absorber la humedad del aire y disolverse en ella. Se ha podido experimentar que con la adición de este compuesto produce una disminución de fuerzas de repulsión entre las arcillas ya que genera un refuerzo eléctrico en la película de agua que rodea a las partículas que hace incrementar notablemente la cohesión.

El cloruro de calcio también se lo usa nivel farmacológico como un suplemento mineral, para poder añadir en las medicinas. Se suele comercializar en ampollas de inyección. Otras aplicaciones comunes incluyen:

- Control de Polvo
- Calcificación del agua de acuario
- Desecación
- Aditivos alimentarios
- Aumento de la dureza del agua en piscinas
- Deshumidificadores a base de sal

2.4.2. CARÁCTERÍSTICAS DEL CLORURO DE CALCIO

GENERAL	
Nombre Comercial	Cloruro de Calcio
Otros nombres	Cloruro cálcico o dicloruro de calcio
Fórmula molecular	CaCl ₂
IDENTIFICADORES	
Número CAS	10043-52-4
Número RTCES	EV9800000

Tabla 5 Características del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

2.4.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CLORURO DE CALCIO

Estado de agregación	Sólido
Apariencia	Sólido Blanco o incoloro
Densidad	2150 kg/m ³ ; 2.15 g/cm ³
Masa molar	110.99 g/mol
Punto de fusión	1045.15 K (772°C)
Punto de ebullición	2208.15 k (1935°C)
Estructura cristalina	octaédrico, rutilo deformado
Solubilidad en agua	muy soluble en agua
Reactividad en agua	ninguna

Tabla 6 Propiedades Físicas del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

2.4.4. PROPIEDADES QUÍMICA DEL CLORURO DE CALCIO

Solubilidad en agua	74.5 g/100 ml (20°C)
---------------------	----------------------

Tabla 7 Propiedades Químicas del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

2.4.5. EFECTOS EN EL SUELO.

Se ha demostrado que, dependiendo del tipo de suelo, la mezcla con el cloruro de calcio puede aumentar el peso volumétrico hasta un 11% con la adicción de un 0.5 a 3%.

A pesar de ser un material fácilmente lavable puede mantener la humedad del suelo y ayudar a que la evaporación sea de manera lenta. Donde se puede absorber hasta 10 veces su peso propio si es que las condiciones de humedad son altas en el medio ambiente.

Como se conoce que es un material muy soluble al agua, se deberá necesitar un cronograma de mantenimiento si es que se lo va a usar como paliativo de polvo en las carreteras.

Así también ayuda a reducir la temperatura de congelación del agua, donde los suelos se vuelven más tolerables a la helada.

Pero para que el producto actúe de la mejor manera, se recomienda que el uso del cloruro de calcio sea con un suelo bien graduado.

2.4.6. PROPIEDADES DEL CLORURO DE CALCIO A USAR

	<h1>QUIMPAC Ecuador S.A.</h1>	
	<small>Cont. Especial - Autorización SRI 1103636762 RUC 0990344760001 Callé. CONSEP: 09-0866-1</small>	<small>FICHA TÉCNICA N° 106 FECHA DE REVISIÓN: ENERO-2016</small>

PRODUCTO: QUIM KD 40 (SOLUCIÓN DE CLORURO DE CALCIO).

FÓRMULA : Cl_2Ca

DESCRIPCIÓN: Sólido blanco o ligeramente amarillo.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

COMPONENTES	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO ASTM
Densidad a 20°C, g/cm ³	➤ 1.340 g/cm ₃	CCMP008
Concentración	➤ 36 %	CCLPT001
Sulfato de Calcio	0.04 %	CCLPT002
Hierro	1.5 p.p.m.	CLCPR003
pH	7 - 8	CLCCP005

Para mayor información contactar a nuestro Departamento de Ventas

NOTA: Los datos contenidos en boletín tienen por objeto orientar y dar servicio. Sin embargo y debido a sus múltiples usos la garantía de nuestro producto está sujeta al manejo posterior por parte de los usuarios.

<small>Guayaquil: Km 16½ Vía a Daule - Av. BOGUSA y Calle Cobre PBX: 2-162-660 FAX: 2732344 Website: www.quimpac.com.ec</small>	<small>Quito: Panamericana Sur Km. 14½ Calle H y 3a Transversal Parque Industrial Sur PBX.: 2693591 Fax: 3650969 Correo Electrónica: ventas@quimpac.com.ec</small>
--	--

Ilustración 6 Ficha Técnica del Cloruro de Calcio

Fuente: QUIMPAC Ecuador SA.

2.5. MATERIALES PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO – CLORURO DE SODIO

2.5.1. DEFINICIÓN

Es un mineral higroscópico del cual se lo puede adquirir mediante tres métodos:

- A través de la evaporación del agua salada.
- Extracción directa de minas de sal.
- Evaporación del agua de mar a través del empleo de hornos.

Su forma de comercialización se presenta de dos formas:

- Sal granulada
- Sal en polvo
- Con diferentes grados de pureza

El cloruro de sodio es uno de los compuestos más abundantes en la Tierra, que se crea a partir de la formación del Sodio (catión) y el Cloruro (anión). Es de fácil disolución en agua y no es inflamable. Es inodoro, pero tiene un sabor básicamente “salado”. No reacciona ante otros compuestos químicos de manera normal ya que requiere de la adición de energía para producir una reacción química. Es también conocido como un excelente conductor de electricidad. Su uso más común es en el campo de la alimentación para resaltar los sabores de las comidas, e inclusive, tiene cierta facultad medicinal en cuanto se refiere a aliviar la deshidratación. Pero, en el punto de vista ingenieril, el cloruro de sodio se lo ha utilizado como un estabilizador de suelos que aún sigue en proceso de investigación.

2.5.2. PROPIEDADES DEL CLORURO DE SODIO

GENERAL	
Nombre Comercial	Cloruro de Sodio
Otros nombres	Sal Común, Sal de Cocina, Halita
Fórmula molecular	NaCl
IDENTIFICADORES	
Número CAS	7647-14-5
Número RTCES	VZ4725000

Tabla 8 Propiedades del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

2.5.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CLORURO DE SODIO

Estado de Agregación	Sólido
Apariencia	Cristales Blancos e incoloros. Pulverizados
Densidad	2,16 g/cm ³
Punto de Congelación	(-21,12 °C)
Punto de Fusión	801 °C
Punto de Ebullición	1465 °C
Estructura cristalina	Cubos de Cristal blanco
Presente en la naturaleza	Se encuentra en grandes masas sólidas o disuelto en el agua marina.
Solubilidad	En agua, amoníaco, metanol. Etilenglicol, glicerol. Glicol y ácido fórmico
PH	Neutro

Tabla 9 Propiedades Físicas del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

2.5.4. PROPIEDADES QUÍMICA DEL CLORURO DE SODIO

Solubilidad en agua	35,9 g/100 ml a 25 °C
Masa Molar	58,44 g/mol

Tabla 10 Propiedades Química del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

2.5.5. EFECTOS EN EL SUELO.

Los beneficios del cloruro de sodio son innumerables, sin embargo, en el campo ingenieril, su uso proporciona grandes ventajas a los suelos.

En primer lugar, el cloruro de sodio actúa como un agente para contrarrestar los efectos producidos por las bajas temperaturas, llegando a abatir el punto de congelamiento a los 2°C.

Además de esto, el cloruro de sodio tiene la propiedad de disminuir la humedad óptima del suelo por lo que se tiene un mayor acercamiento entre partículas teniendo como consecuencia, un mayor peso volumétrico.

Por otra parte, se ha observado que este compuesto ayuda a aumentar la tensión superficial del suelo lo que ocasiona una reducción en la evaporación del agua, cuando en el medio en el que se encuentre el suelo la evaporación es superior a lo que se absorbe en su superficie y en sus

vacíos, el cloruro de sodio se cristaliza formando una especie de costra (barrera) que impide las evaporaciones posteriores.

En resumen, base a varias investigaciones todas las partes han concluido que se podría usar este compuesto como un posible agente estabilizador ya que proporciona aumentar el límite líquido, disminuir la humedad óptima, un decremento en la contracción volumétrica mediante la formación de la costra su superficie brindándole mayor capacidad de soporte antes las cargas de tránsito.

2.5.6. PROPIEDADES DEL CLORURO DE SODIO A USAR

	FICHA TÉCNICA SAL DE MESA YODADA Anexo al Procedimiento de Control de Calidad		
	ES.2C2G.04	Rev. 01	Fecha: 2015/09/21

1. **IDENTIFICACION:**
 Nombre comercial: Sal de Mesa Yodada
 Marca: CRIS-SAL
 Nombre Químico: Cloruro de Sodio (NaCl)
2. **DESCRIPCION:**
 Producto conformado por cristales finos de color blanco cristalino, homogéneo, inodoro, sabor salino característico, soluble en agua e higroscópico.
3. **PROCESO DE FABRICACION:**
 Partiendo del agua de mar y mediante un proceso de precipitación se obtiene el cloruro de sodio. La sal se lava y limpia de impurezas, posteriormente el producto se centrifuga y se somete a secado, molienda, tamizado, se adiciona el aditivo correspondiente finalmente se envasa.

4. ESPECIFICACIONES TECNICAS:

PARÁMETRO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Cloruro de Sodio, NaCl	% m/m base seca	98,50 mín.
Sulfatos, SO ₄ ²⁻	mg/kg	6000 máx.
Magnesio, Mg ²⁺	mg/kg	1000 máx.
Calcio, Ca ²⁺	mg/kg	1000 máx.
Humedad	%m/m	0,50 máx.
Insolubles	%m/m	0,30 máx.
Yodo	mg/kg	20-40
Granulometría	% m/m	Ret. Malla 20: 0,10 máx. Pas. Malla 70: 25,0 máx.

Ilustración 7 Ficha Técnica del Cloruro de Sodio

Fuente: Ecuasal, Ecuador SA.

2.6. CASOS EXISTENTES IMPLEMENTANDO CLORURO DE SODIO Y CLORURO DE CALCIO.

Como en estos últimos tiempos se ha presenciado un incremento muy notorio de vehículos donde unos de los mayores afectados son las carreteras. por tal motivo se ha tomado con más importancia los procesos de mejoramiento de las vías que nos brinden mejores condiciones de soporte y duración a un bajo costo de construcción y de mantenimiento.

Tras muchos estudios alrededor del mundo con respecto a la estabilización química, la cual nos permite modificar ciertas propiedades del suelo con la adicción de pequeñas cantidades de compuestos químicos. Los cuales generan unas reacciones físicas -químicas con las fracciones finas de los suelos obteniendo resultados muy favorables.

Gracias a los productos químicos llamados: Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio ha permitido proporcionar a las vías ciertas propiedades que optimizan la serviciabilidad y transitabilidad de estos.

Una de las cualidades más representativa de la estabilización con estas sales provee una superficie rígida a la vía, donde minimiza el desprendimiento del polvo y logrando un mínimo impacto ambiental e incluso en la parte más frías del mundo se lo usa para evitar la formación de hielo.

Lugares donde han aplicado estas estabilizaciones:

Perú: Provincia

- Trujillo
- Ascope
- Chepén
- Pascasmayo

Chile: A nivel ministerial

- II Región :
 - San Pedro de Atacama
 - Chiu Chiu

- III Región:
 - Paso San Francisco
- IV Región:
 - Camino Los Choros
- V Región:
 - Cuesta la Dormida y Quebrada
 - Camino Las Dichas, Mirasol
- VII Región:
 - Comuna de Botalcura
- IX Región:
 - Temuco
 - Curacautín
 - Acceso Volcán Villacirca
 - Camino Lican Ray Calfquen

EEUU: Estados de

- Lousiana
- Mitigan
- Minnesota
- Ohio
- Colorado
- Juneau

También en países como Finlandia, Noruega, Escocia y Canadá.



Ilustración 8 Camino industrial División Andina, Codelco Chile. Carpeta estabilizada con Cloruro de Sodio

Fuente: (Pradena, 2010)



Ilustración 9 Caminos en la región del Bío Bío, estabilizado con Cloruro de Calcio, Chile
Fuente: (Públicas., 2011)

CAPÍTULO #3

3. FICHA TÉCNICA DEL SUELO PATRÓN:

3.1. UBICACIÓN SEGÚN GOOGLE MAPS.

El material a usar para el trabajo de titulación es proveniente de la CANTERA CAÑAVERAL, Guayas – Ecuador ubicado en Flor de Bastión, del cual es un populoso sector en el noroeste de la ciudad de Guayaquil que pertenece a la Parroquia Tarqui. Sus rutas de acceso son a través de la Vía Perimetral o Vía Daule. Su irregular geografía contiene llanos y lomas alternados. Hay mucha presencia de polvo por lo que en invierno es dificultoso el tránsito ya sea peatonal o vehicular. Cerca de este lugar, se encuentra ubicado el Relleno Sanitario de las Iguanas. Sus coordenadas son: -2.085180, -79.994023.

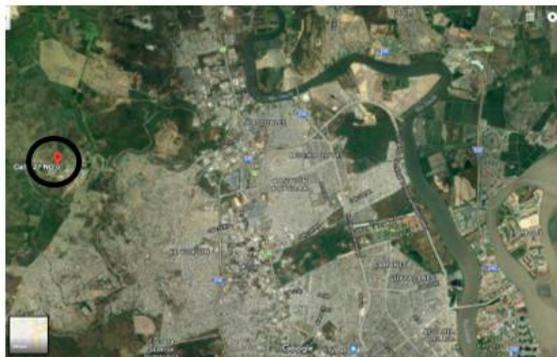


Ilustración 10 Ubicación de la cantera Cañaveral, Flor de Bastión, H&H

Fuente: Google Maps, 2015



Ilustración 11 Recolección del suelo en la cantera Cañaveral

Fuente: Autores

3.2. MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Flor de Bastión ubicado en el noroeste de Guayaquil, de acuerdo al gráfico proporcionado por la Secretaría de Gestión de Riesgos, para la microzonificación de la ciudad, esta zona se encuentra ubicada sobre una Formación Rocosa (Formación Cayo).

Este tipo de formación se caracteriza por ser originada por una fase de compresión que surgió por un desplazamiento del piso oceánico provocando una acumulación de sedimentos pelágicos de consistencia silíceosa y carácter turbídico teniendo como resultado rocas de origen volcánico-clástico. Dentro de esto, se encuentran suelos como: limolitas de color verde, areniscas color amarillo, tobas y aglomerados.

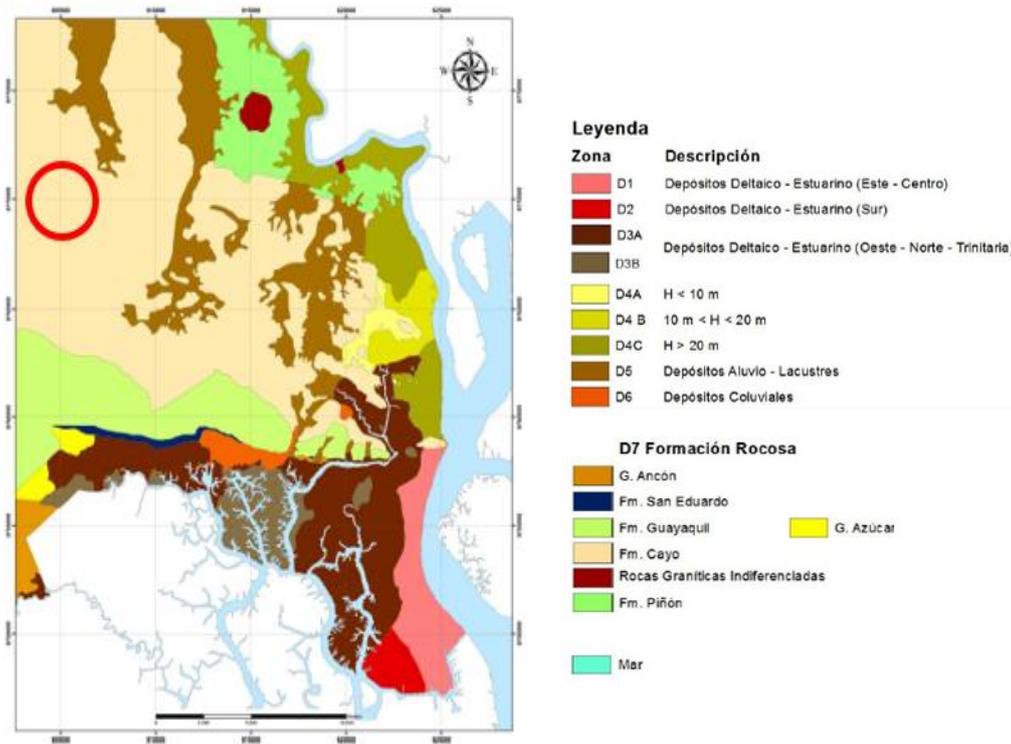


Ilustración 12 Mapa Geológico/Geotécnico de la ciudad de Guayaquil

Fuente: Benítez et al.,2005.

3.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.3.1. GRANULOMETRÍA

GRANULOMETRÍA ASTM D422



Ilustración 13 Proceso para ensayo de Granulometría bajo la norma ASTM D422

Fuente: Autores

Este ensayo se realiza bajo la **norma ASTM D422**, en la cual se propone a clasificar el suelo a partir del uso de tamices de varias aberturas.

Este es uno de los primeros ensayos que se realiza cuando se desea tener información de suelo.

RESULTADOS

Ensayos Granulométricos realizados en el mes de octubre facilitados por la compañía Construladesa S.A. para el proyecto "Sistema 3" de la empresa H&H.

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión/ Mina Cañaverál	Fecha:	18/10/2018
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro		

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							
	TAMIZ INEN (ASTM)			Masa Retenida Parcial	Masa Retenida Acumulada	Masa Retenida Acumulada	% que pasa
				gr	gr	%	
SERIE GRUESA	4"	100	mm				
	3"	75	mm	1560,6	1560,6	15,90	84,10
	2"	50	mm	924,8	2485,4	25,32	74,68
	1 1/2"	37,5	mm	697	3182,4	32,42	67,58
	1"	25	mm	414,8	3597,2	36,64	63,36
	3/4"	19	mm	459	4056,2	41,32	58,68
	1/2"	12,5	mm	843,2	4899,4	49,90	50,10
	3/8"	9,5	mm	367,2	5266,6	53,65	46,35
	N° 4	4,75	mm	948,6	6215,2	63,31	36,69
SERIE FINA	N° 8	2,36	mm	608,6	6823,8	69,51	30,49
	N° 10	2	mm	146,2	6970	71,00	29,00
	N° 16	1,18	mm	299,2	7269,2	74,04	25,96
	N° 20	0,85	mm	170	7439,2	75,77	24,23
	N° 30	0,6	mm	187	7626,2	77,68	22,32
	N° 40	0,425	mm	102	7728,2	78,72	21,28
	N° 50	0,3	mm	132,6	7860,8	80,07	19,93
	N° 60	0,25	mm	85	7945,8	80,94	19,06
	N° 100	0,15	mm	149,6	8095,4	82,46	17,54
	N° 200	0,075	mm	136	8231,4	83,84	16,16
FONDO				1586,1	9817,5	100,00	0,00
(Peso Inicial) Σ=				9817,5			

Masa Inicial =	9817,5	gr.
Grava =	63,31	%
Arena =	20,54	%
Finos =	16,16	%

Tabla 11 Resultados obtenidos del Ensayo de Granulometría #1

Fuente: Construladesa S.A.



Ilustración 14 Curva Granulométrica #1

Fuente: Construladesa S.A.

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	2
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión/ Mina Cañaverál	Fecha:	18/10/2018
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro		

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							
	TAMIZ INEN (ASTM)			Masa Retenida Parcial	Masa Retenida Acumulada	Masa Retenida Acumulada	% que pasa
				gr	gr	%	
SERIE GRUESA	4"	100	mm				
	3"	75	mm	1107,2	1107,2	11,26	88,74
	2"	50	mm	1219,2	2326,4	23,66	76,34
	1 1/2"	37,5	mm	595,2	2921,6	29,72	70,28
	1"	25	mm	707,2	3628,8	36,91	63,09
	3/4"	19	mm	540,8	4169,6	42,41	57,59
	1/2"	12,5	mm	880	5049,6	51,36	48,64
	3/8"	9,5	mm	396,8	5446,4	55,39	44,61
SERIE FINA	N° 4	4,75	mm	944	6390,4	65,00	35,00
	N° 8	2,36	mm	512	6902,4	70,20	29,80
	N° 10	2	mm	137,6	7040	71,60	28,40
	N° 16	1,18	mm	249,6	7289,6	74,14	25,86
	N° 20	0,85	mm	147,2	7436,8	75,64	24,36
	N° 30	0,6	mm	185,6	7622,4	77,53	22,47
	N° 40	0,425	mm	105,6	7728	78,60	21,40
	N° 50	0,3	mm	131,2	7859,2	79,93	20,07
	N° 60	0,25	mm	102,4	7961,6	80,98	19,02
	N° 100	0,15	mm	134,4	8096	82,34	17,66
	N° 200	0,075	mm	86,4	8182,4	83,22	16,78
	FONDO				1649,6	9832	100,00
(Peso Inicial) Σ=				9832			

Masa Inicial =	9832	gr.
Grava =	65,00	%
Arena =	18,23	%
Finos =	16,78	%

Tabla 12 Resultados obtenidos del Ensayo de Granulometría #2

Fuentes: Construladesa S.A.

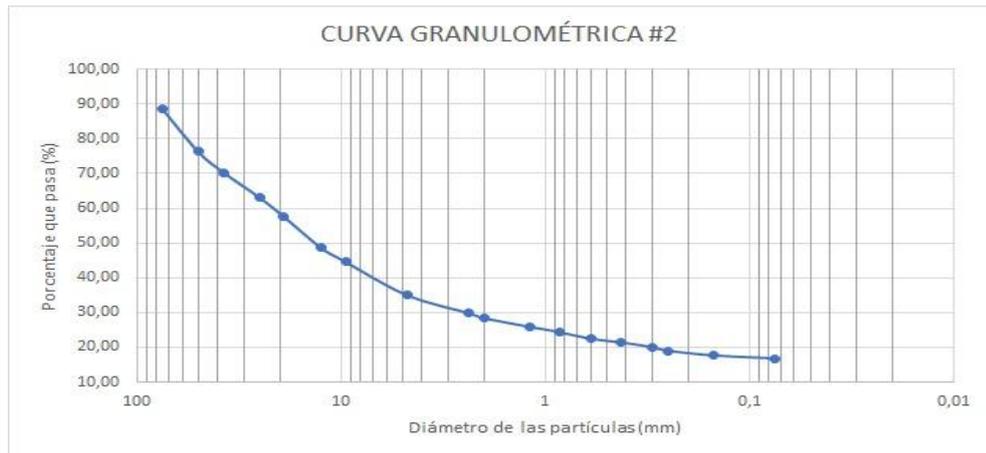


Ilustración 15 Curva Granulométrica #2

Fuente: Construladesa S.A.

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra:	3
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo	Fecha:	19/10/2018
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión/ Mina Cañaverál		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro		

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							
	TAMIZ INEN (ASTM)			Masa Retenida Parcial	Masa Retenida Acumulada	Masa Retenida Acumulada	% que pasa
				gr	gr	%	
SERIE GRUESA	4"	100	mm				
	3"	75	mm	1657,5	1657,5	16,82	83,18
	2"	50	mm	1210	2867,5	29,10	70,90
	1 1/2"	37,5	mm	1435	4302,5	43,67	56,33
	1"	25	mm	397,5	4700	47,70	52,30
	3/4"	19	mm	585	5285	53,64	46,36
	1/2"	12,5	mm	312,5	5597,5	56,81	43,19
	3/8"	9,5	mm	257,5	5855	59,43	40,57
SERIE FINA	N° 4	4,75	mm	342,5	6197,5	62,90	37,10
	N° 8	2,36	mm	352,5	6550	66,48	33,52
	N° 10	2	mm	255	6805	69,07	30,93
	N° 16	1,18	mm	235	7040	71,45	28,55
	N° 20	0,85	mm	207,5	7247,5	73,56	26,44
	N° 30	0,6	mm	242,5	7490	76,02	23,98
	N° 40	0,425	mm	182,5	7672,5	77,87	22,13
	N° 50	0,3	mm	155	7827,5	79,45	20,55
	N° 60	0,25	mm	217,5	8045	81,65	18,35
	N° 100	0,15	mm	160	8205	83,28	16,72
	N° 200	0,075	mm	255	8460	85,87	14,13
	FONDO				1392,5	9852,5	100,00
(Peso Inicial) Σ=				9852,5			

Masa Inicial =	9852,5	gr.
Grava =	62,90	%
Arena =	22,96	%
Finos =	14,13	%

Tabla 13 Resultados obtenidos del Ensayo Granulometría #3

Fuentes: Construladesa S.A.

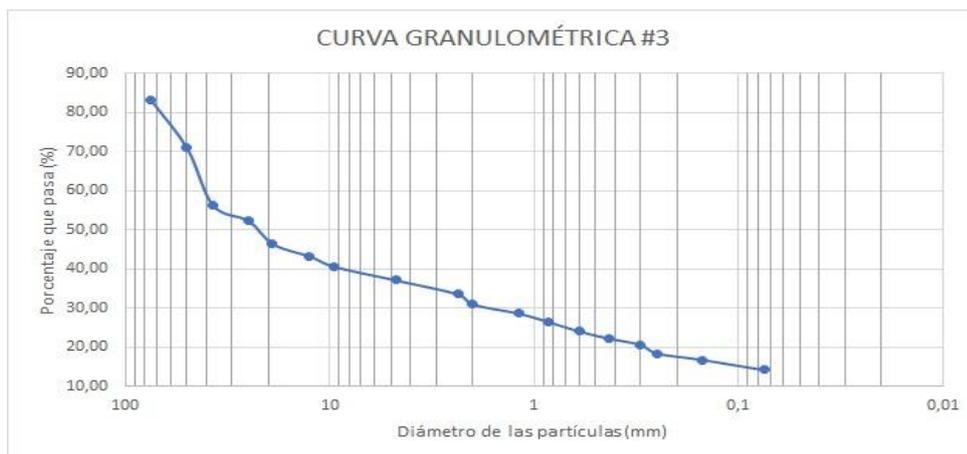


Ilustración 16 Curva Granulométrica #3

Fuente: Construladesa S.A.

Ensayos Granulométricos realizados en el mes de diciembre

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	4
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión	Fecha:	04/12/2018
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro		

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							
	TAMIZ INEN (ASTM)			Masa Retenida Parcial	Masa Retenida Acumulada	Masa Retenida Acumulada	% que pasa
				gr	gr	%	
SERIE GRUESA	4"	100	mm	NO APLICA			
	3"	75	mm				
	2"	50	mm				
	1 1/2"	37,5	mm				
	1"	25	mm				
	3/4"	19	mm	142	142	1,98	98,02
	1/2"	12,5	mm	384	526	7,34	92,66
	3/8"	9,5	mm	838	1364	19,04	80,96
	N° 4	4,75	mm	524	1888	26,35	73,65
SERIE FINA	N° 8	2,36	mm	1150	3038	42,40	57,60
	N° 10	2	mm	772	3810	53,18	46,82
	N° 16	1,18	mm	106	3916	54,65	45,35
	N° 20	0,85	mm	318	4234	59,09	40,91
	N° 30	0,6	mm	196	4430	61,83	38,17
	N° 40	0,425	mm	188	4618	64,45	35,55
	N° 50	0,3	mm	124	4742	66,18	33,82
	N° 60	0,25	mm	134	4876	68,05	31,95
	N° 100	0,15	mm	74	4950	69,09	30,91
	N° 200	0,075	mm	184	5134	71,65	28,35
	FONDO			204	5338	74,50	25,50
	(Peso Inicial)	Σ=		1827	7165	100,00	0,00

Masa Inicial =	7165	gr.
Grava =	42,40	%
Arena =	32,10	%
Finos =	25,50	%

Tabla 14 Resultados obtenidos del Ensayo Granulometría #4

Fuente: Autores

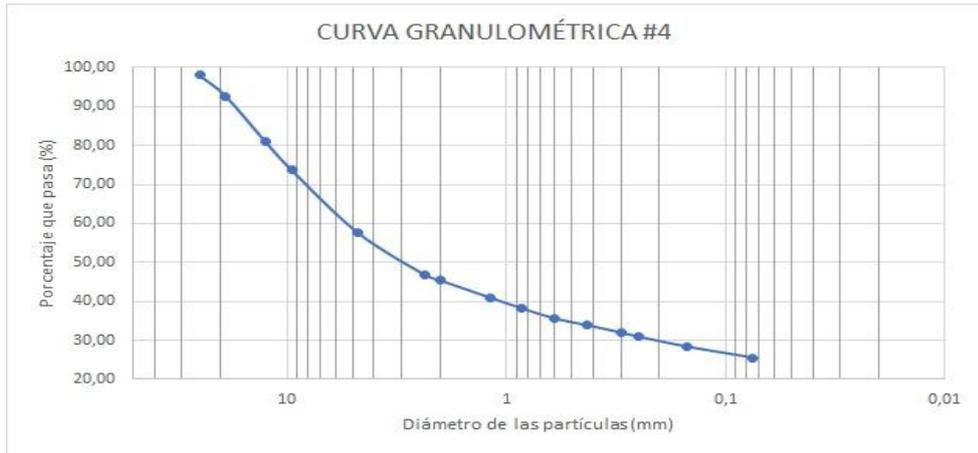


Ilustración 17 Curva Granulométrica #4

Fuente: Autores

3.3.2. HUMEDAD



Ilustración 18 Proceso para ensayo de Humedad bajo la norma ASTM D2216

Fuente: Autores

La Humedad es un parámetro que determina el contenido de humedad presente en una muestra a ensayar. Se lo realiza bajo la **norma ASTM D2216**, mediante una comparación entre el peso de la muestra en donde se deja el suelo en su estado natural con respecto al peso seco después del horno.

RESULTADOS

Alumnos:	Bárbara Larrea O.		
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018		
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo	Temp. Ambiente :	23 °C
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro	Fecha:	4/12/2018

Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
CONTENIDO DE AGUA (ASTM D2216)							
732		432,9	402,7	54,6	30,2	348,1	8,68
719		449,1	416,4	53,5	32,7	362,9	9,01
						W_{prom}	8,84

Tabla 15 Resultados obtenidos del Ensayo de Humedad

Fuente: Autores

Nota: Es recomendable usar por lo menos dos muestras para disminuir el margen de error en los resultados.

3.3.3. LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D4318



Ilustración 19 Proceso para ensayo de Límite Líquido bajo la norma ASTM D4318

Fuente: Autores

Estos ensayos ayudan a determinar el grado de consistencia que tenga el suelo una vez que entre en un estado plástico. Este parámetro es sumamente importante ya que es un indicador de la capacidad de deformación del suelo

Este ensayo se realizó bajo la **norma ASTM D4318** en la cual especifica que la muestra a ensayar debe ser el pasante del Tamiz No. 40.

LÍMITE LÍQUIDO

Es aquel punto de transición entre los estados: Plástico y Líquido.

RESULTADOS

Ensayos del Límite Líquido realizados en el mes de octubre facilitados por la compañía Construladesa S.A. para el proyecto “Sistema 3” de la empresa H&H.

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión	Fecha:	18/10/2018
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro		

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
437	11	20,77	19,2	15,6	1,57	3,6	43,52
438	18	21,04	19,4	15,4	1,64	4	41,05
439	26	20,79	19,3	15,5	1,49	3,8	39,20
440	34	20,99	19,4	15,2	1,59	4,2	37,86
441	44	21,37	19,8	15,5	1,57	4,3	36,56

Tabla 16 Resultados obtenidos del Ensayo de Límite Líquido #1

Fuente: Construladesa S.A.

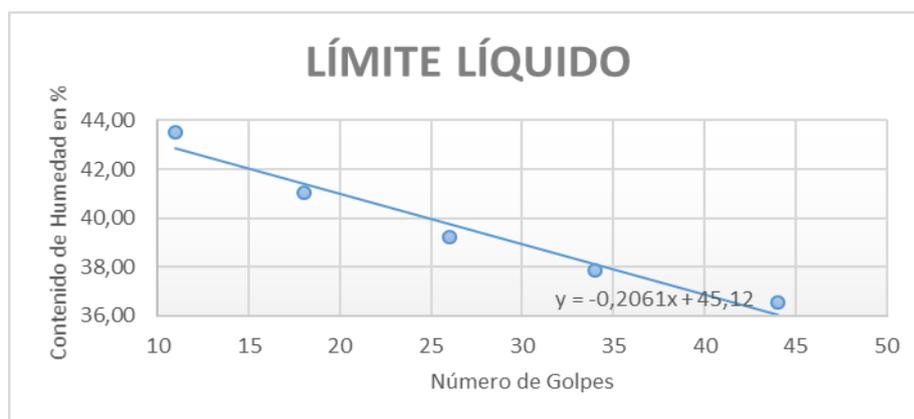


Ilustración 20 Gráfica resultante del Límite Líquido #1.

Fuente: Construladesa S.A.

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	2
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión	Fecha:	19/10/2018
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro		

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
95	12	23,22	21	15,8	2,22	5,2	42,72
96	18	20,92	19,2	15	1,72	4,2	41,00
97	25	22,5	20,6	15,8	1,9	4,8	39,60
98	32	23,67	21,4	15,5	2,27	5,9	38,55
99	42	21,81	19,9	14,8	1,91	5,1	37,39

Tabla 17 Resultados obtenidos del Ensayo de Límite Líquido #2

Fuente: Construladesa S.A.

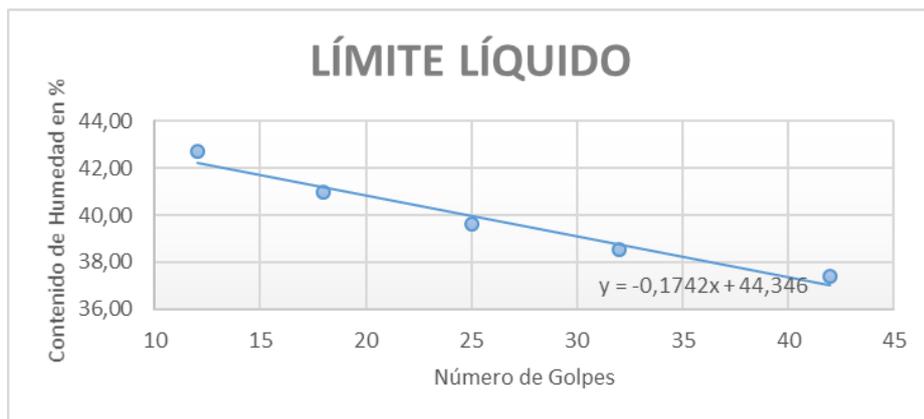


Ilustración 21 Gráfica resultante del Límite Líquido #2

Fuente: Construladesa S.A.

Ensayos del Límite Líquido realizados en el mes de diciembre

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	3
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión	Fecha:	04/12/2018
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro		

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
102	12	25,5	22,7	15,6	2,8	7,1	39,44
103	19	24,5	22	15,3	2,5	6,7	37,31
104	28	23,8	21,6	15,4	2,2	6,2	35,48
105	34	20,3	19	15,2	1,3	3,8	34,21
106	42	23,9	21,9	15,6	2	6,3	31,75

Tabla 18 Resultados obtenidos del Ensayo de Límite Líquido #3

Fuente: Autores

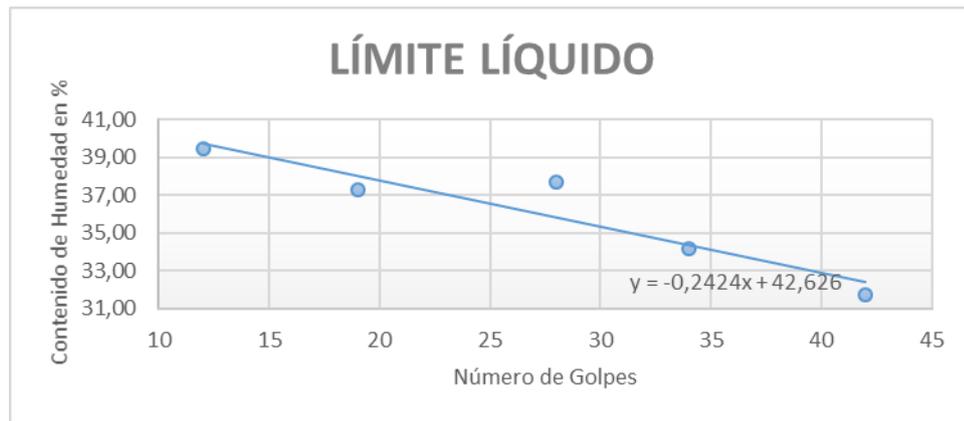


Ilustración 22 Gráfica resultante del Límite Líquido #3

Fuente: Autores

Al obtener gráficas con puntos dispersos, se hizo una interpolación de los resultados obtenidos entre los límites superior e inferior más cercanos al N° de golpes 25. También se hizo una línea de tendencia para darle cierta linealidad a los puntos.

LÍMITE PLÁSTICO



Ilustración 23 Proceso para ensayo de Límite Plástico bajo la norma ASTM D4318

Fuente: Autores

Es aquel punto de transición entre los estados: Semisólido y Plástico.

RESULTADOS

Ensayos del Límite Plástico realizados en el mes de octubre facilitados por la compañía Construladesa S.A. para el proyecto “Sistema 3” de la empresa H&H.

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro	Fecha:	18/10/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE PLÁSTICO							
442		20,95	19,9	15,2	1,05	4,7	22,38
443		21,35	20,4	16,2	0,95	4,2	22,67
						<i>LP_{prom}</i>	22,53

Tabla 19 Resultados obtenidos del Ensayo del Límite Plástico #1

Fuente: Construladesa S.A.

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	2
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro	Fecha:	19/10/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE PLÁSTICO							
100		22,58	21,3	15,6	1,28	5,7	22,39
101		21,66	20,5	15,3	1,16	5,2	22,23
						<i>LP_{prom}</i>	22,31

Tabla 20 Resultados obtenidos del Ensayo del Límite Plástico #2

Fuente: Construladesa S.A.

Ensayos del Límite Plástico realizados en el mes de diciembre

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	3
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra:	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente:	23 °C
Solicita:	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material:	Sistema 3 Flor de Bastión	Fecha:	04/12/2018
Tipo de material:	Grava arcillosa color café claro		

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE PLÁSTICO							
107		20,9	20	15,5	0,9	4,5	20,00
108		20,2	19,4	15,6	0,8	3,8	21,05
						<i>LP_{prom}</i>	20,53

Tabla 21 Resultados obtenidos del Ensayo del Límite Plástico #3

Fuente: Autores

3.3.4. CLASIFICACIÓN DE SUELO – SUCS

Identifica el tipo de suelo en base a su granulometría, y los resultados obtenidos por los ensayos de los Límites de Atterberg. Esta clasificación fue realizada bajo la **norma ASTM D2487**.

RESULTADOS

En base a la granulometría adquiridas se hizo un promedio en donde refleja los siguientes datos:

Grava =	58,40	%
Arena =	23,46	%
Finos =	18,14	%

Tabla 22 Porcentaje promedio de Grava, Arena y Finos de la muestra

Fuente: Autores

Se observa que el mayor porcentaje del tamaño de las partículas se concentra en la serie gruesa, específicamente en los límites de las gravas. Es por esto que recibe el prefijo de G (grava). La determinación del sufijo, se lo obtiene por el contenido de finos y de los resultados de límites.

Ya que contenido de finos resultante de la granulometría dio un 18.14% de finos, las condiciones a usarse son las siguientes:

Con esta información, se puede decir que el suelo tiene un $IP > 7$ y este está por encima de la Línea A de Plasticidad. Por lo tanto, la nomenclatura que recibe es:

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	
SUCS =	GC

3.3.5. CLASIFICACIÓN DE SUELO – AASHTO

GRANULOMETRÍA - PROMEDIO	
Tamiz	%Pasante
N°10 (2mm)	29.44
N°40 (0.425mm)	21.60
N°200 (0.075mm)	15.69
LL	39.33
IP	17.33

Tabla 24 Valores promedios de los ensayos de granulometría realizados.

Fuente: Autores

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% que pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
% que pasa el Tamiz											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP \geq 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Tabla 25 Ubicación de los resultados en la Tabla AASHTO

Fuente: Autores

Grupo	A-2-6 (4)
--------------	------------------

3.3.6. PROCTOR

PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557



Ilustración 25 Proceso para ensayo de Proctor Modificado bajo la norma ASTM D1557

Fuente: Autores

Este ensayo consiste en compactar el material dentro de un molde metálico ya establecido. Donde el objetivo es poder determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco del suelo, tomando como referencia la **norma ASTM D1557**, hay dos formas de hacer el método Proctor: Standard y Modificado.

PROCTOR STANDARD			
	Método A	Método B	Método C
Molde	4" (101.6 mm)	4" (101.6 mm)	6" (125.4 mm)
Peso del martillo	5.5 lbs	5.5 lbs	5.5 lbs
Altura de caída	12"	12"	12"
Volumen del molde	0.000944 m ³	0.000944 m ³	0.002124 m ³
Material	Pasante N°4 (4.75mm)	Pasante 3/8" (4.75mm)	Pasante 3/4" (19.00mm)
Capas	3	3	3
Golpes por capa	25	25	56

Tabla 26 Métodos del Proctor standard

Fuente: Construladesa S.A.

PROCTOR MODIFICADO			
	Método A	Método B	Método C
Molde	4" (101.6 mm)	4" (101.6 mm)	6" (125.4 mm)
Peso del martillo	10 lbs	10 lbs	10 lbs
Altura de caída	18"	18"	18"
Volumen del molde	0.000944 m ³	0.000944 m ³	0.002124 m ³
Material	Pasante N°4 (4.75mm)	Pasante 3/8" (4.75mm)	Pasante 3/4" (19.00mm)
Capas	5	5	5
Golpes por capa	25	25	56

Tabla 27 Métodos del Proctor Modificado

Fuente: Construladesa S.A.

RESULTADOS

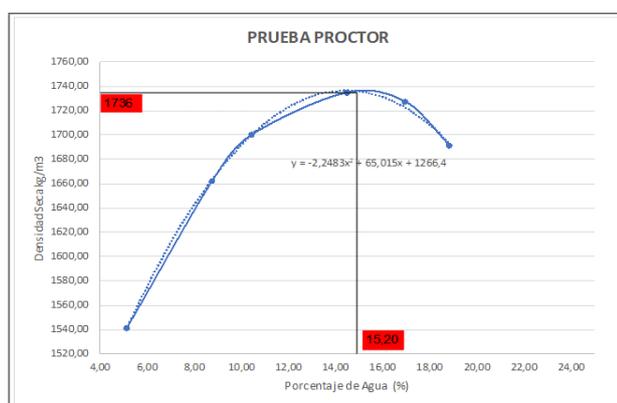
PRUEBA PROCTOR

Material:	Grava Arcillosa (GC)	Fecha:	04/12/2018
Volumen del cilindro:	0,002124 m ³	Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.
Peso de cilindro:	6768 g	Solicitado por:	Ing. Daniel De La Pared Condo
Diámetro cilindro:	6 pulg.	Obra:	Tesis UCSG B-2018
Peso del martillo:	10 Lbs.	Fuente material:	Sistema 3 Flor de Bastión
# de golpes por capa:	56	Tipo de material:	Grava Arcillosa (existente) color café claro
# de capas:	5		
Altura de caída:	18 pulg.		

Cantidad de Agua	Recipiente	Peso Tierra Humeda + recipiente	Peso Tierra Seca + recipiente	Peso del Recipiente	Peso Agua	Peso Seco	Agua	Peso Tierra + Cilindro	Peso Tierra Humedad W	1+W/100	Peso de Tierra Seca WS	Densidad Seca
cm ³		gr	gr	gr	gr	gr	%	gr	Kg		Kg	kg/m ³
NATURAL	755,00	390,50	374,00	52,50	16,50	321,50	5,13	10210	3,44	1,05	3,27	1541,42
150	760,00	436,00	404,90	49,30	31,10	355,60	8,75	10607	3,84	1,09	3,53	1662,08
300	719,00	441,30	404,70	53,50	36,60	351,20	10,42	10755	3,99	1,10	3,61	1699,96
450	732,00	322,20	288,40	54,60	33,80	233,80	14,46	10985	4,22	1,14	3,68	1734,63
600	550,00	246,50	217,80	48,50	28,70	169,30	16,95	11058	4,29	1,17	3,67	1727,01
750	509,00	289,20	250,90	47,40	38,30	203,50	18,82	11036	4,27	1,19	3,59	1691,13

Tabla 28 Hoja de cálculo para prueba Proctor del Suelo Patrón

Fuente: Autores



Contenido de Humedad Inicial %	5,13
Contenido Óptimo de Humedad %	15,2
Densidad Seca Máxima Kg/m ³	1736

Ilustración 26 Resultados del ensayo Proctor modificado

Fuente: Autores

Sabiendo que el suelo es una grava arcillosa, se escogió el Método del Proctor Modificado ya que más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/4" y menos del 30% es retenido en el tamiz 3/4".

3.3.7. C.B.R.



Ilustración 27 Proceso para ensayo de Proctor Modificado bajo la norma ASTM D1883

Fuente: Autores

El ensayo C.B.R. sirve para determinar un índice de resistencia de los suelos (esfuerzo cortante) y para poder analizar la calidad del terreno que se podría usar para una sub-rasante, sub base y base de pavimentos.

El C.B.R. se lo puede determinar en el laboratorio sobre muestra que están inalteradas o muestras en campo sobre la capa que se va a evaluar.

Este ensayo fue realizado bajo la **norma ASTM D1883**

RESULTADOS

C.B.R.						
Fecha :	04/12/2018		Obra :	Tesis UCSG B-2018		
Alumno :	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.		Fuente material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Solicitado por :	Ing. Daniel De La Pared		Descripción :	Grava Arcillosa color café claro		
			Cantidad de agua (cm3)	495		
N° CAPAS : 5	VOL DEL MOLDE	2316	cm3	PESO DEL MARTILLO	10 Lbs.	
N° DE GOLPES POR CAPA:			56	25	10	
ANTES DE LA INMERSIÓN						
HUMEDAD	N° de Recipiente			742	315	746
	Recipiente + suelo húmedo	gr		360,2	276,4	374,5
	Recipiente + peso seco	gr		325,3	245,3	335,4
	Recipiente	gr		54,1	43,7	56
	Agua	gr	Ww	34,9	31,1	39,1
	Peso Seco	gr	Ws	271,2	201,6	279,4
	Contenido de Agua	%	w	12,9	15,4	14,0
	Número de Molde			19	18	13
	Molde + suelo húmedo	gr	P	13911	13688	13364
	Molde	gr		9370	9266	9226
	Suelo Húmedo	gr	W	4541	4422	4138
	Suelo Seco = 100 x W / (100+w)	gr	Ws	4023,3	3831,0	3630,0
	Contenido de Agua (w)	gr	w	12,87	15,43	13,99
	Densidad Húmeda	gr/cm3		1,96	1,91	1,79
	Densidad Seca	gr/cm3		1,74	1,65	1,57
HINCHAMIENTO						
	LECTURA INICIAL			0,000	0,000	0,000
	24 HORAS			0,030	0,037	0,059
	48 "			0,031	0,037	0,059
	72 "			0,031	0,037	0,059
	96 "			0,031	0,037	0,059
	Observaciones	NORMA ASTM D1883				

Tabla 29 Resultados del suelo compactado a 56, 25, 10 golpes e Hinchamiento

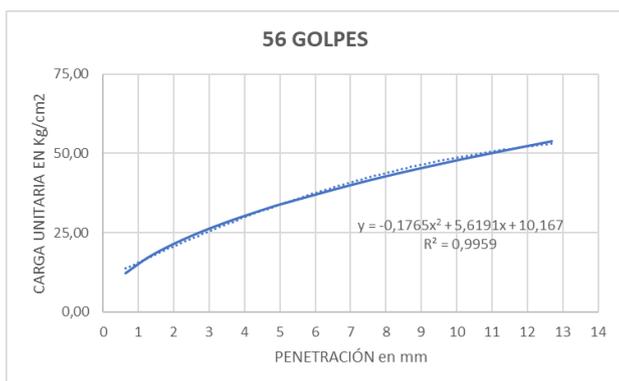
Fuente: Autores

PENETRACIÓN	
Fecha :	04/12/2018
Alumnos :	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.
Solicitado por :	Ing. Daniel De La Pared Condo
Obra :	Tesis UCSG B 2018
Fuente de Material :	Sistema 3 Flor de Bastión
Descripción :	Grava arcillosa color café claro

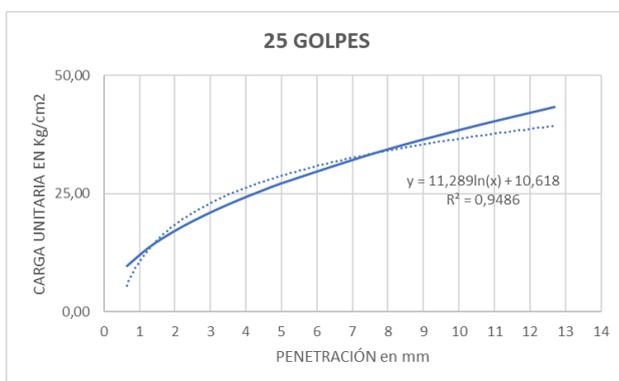
ABERTURA		NÚMERO DE GOLPES POR CAPA			NÚMERO DE GOLPES POR CAPA		
		56	25	10	56	25	10
mm	pulg.	Carga de penetración en Kilogramos			Carga de penetración en Kg/cm2		
0,64	0,025	35,14	28,24	21,09	12,09	9,72	7,26
1,27	0,050	49,5	39,78	29,72	17,03	13,69	10,23
1,91	0,075	60,7	48,79	36,44	20,88	16,79	12,54
2,54	0,100	70	56,26	42,02	24,08	19,36	14,46
3,18	0,125	78,33	62,95	47,02	26,95	21,66	16,18
3,81	0,150	85,73	68,91	51,47	29,50	23,71	17,71
4,45	0,175	92,66	74,47	55,62	31,88	25,62	19,14
5,08	0,200	99	79,57	59,43	34,06	27,38	20,45
7,62	0,300	121,25	97,45	72,79	41,72	33,53	25,04
10,16	0,400	140	112,52	84,05	48,17	38,71	28,92
12,7	0,500	156,53	125,8	93,97	53,86	43,28	32,33

Tabla 30 Resultados por penetración del ensayo C.B.R.

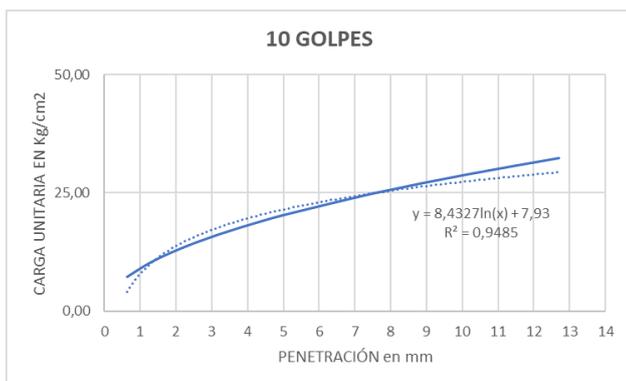
Fuente: Autores



56 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	24,08	Kg/cm ²
CBR	34,41	%
Hinchamiento	0,62	%



25 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	19,36	Kg/cm ²
CBR	27,65	%
Hinchamiento	0,74	%

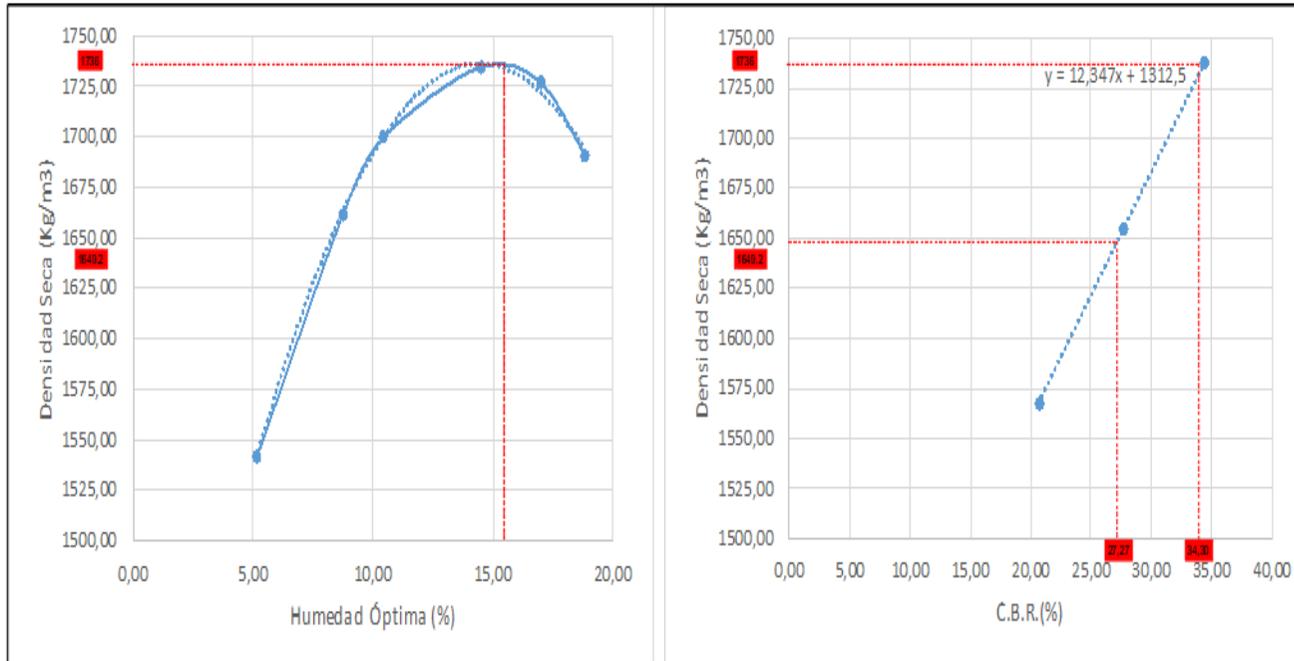


10 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	14,46	Kg/cm ²
CBR	20,65	%
Hinchamiento	1,18	%

Ilustración 28 Resultados de la carga unitaria a una penetración de 2.54mm

Fuente: Autores

DETERMINACIÓN DEL C.B.R (ASTM D1883)



	%	D.S.M (kg/cm3)
C.B.R. 100%	34,30	1736
C.B.R. 95%	27,27	1649,2

Ilustración 29 Determinación del Porcentaje de CBR del Suelo Patrón

Fuente: Autores

3.3.8. COLORIMETRÍA



Ilustración 30 Proceso para ensayo de Proctor Modificado bajo la norma ASTM D1883

Fuente: Autores

Este ensayo realizado bajo la **norma ASTM C40**, ayuda determinar el contenido de impurezas orgánicas perjudiciales en el agregado fino. Para determinar el grado de impurezas de la muestra se lo clasifica mediante un color patrón estándar.

RESULTADOS

COLOR ESTÁNDAR GARDNER	PLACA ORGÁNICA
5	1
8	2
11	3
14	4
16	5

Tabla 31 Color patrón estándar Gardner y placa orgánica

Fuente: Autores

Según la norma se especifica que si la muestra pasa del color patrón (3), se determina que el material tiene una cierta cantidad de materia orgánica.

Alumnos:	Bárbara Larrea O.		
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018		
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo	Temp. Ambiente : 23 °C	
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro	Fecha: 04/12/2018	
ENSAYO REALIZADO EN SOLUCIÓN ESTÁNDAR (SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO) VEMOS QUE DE ACUERDO A LA TABLA DE COLOR ESTÁNDAR GARDNER, COINCIDE CON EL NÚMERO			
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="background-color: #f0e68c;">2</td> </tr> </table>			2
2			
DE LA PLACA ORNÁNICA			

3.3.9. PH DEL SUELO



Ilustración 31 Proceso para ensayo del PH bajo la norma ASTM D4972-18

Fuente: Autores

Este ensayo realizado bajo la **norma ASTM D4972-18**, ayuda determinar el potencial de hidrógeno existente en una muestra para así determinar si el suelo es ácido o alcalino.

RESULTADOS

PH DE SUELO (ASTM D4972-18)	
%	PH
0	8.35

Tabla 32 Resultados obtenidos del ensayo del pH del suelo patrón

Fuente: Autores

3.4. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS

Alumnos:	Bárbara Larrea O.			Temp. Ambiente :	23 °C
	Juan Carlos Rivas C.				
Obra :	Tesis UCSG B-2018				
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo				
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión			Fecha:	04/12/2018
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro				

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)		
Grava =	58,40	%
Arena =	23,46	%
Finos =	18,14	%

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)		
W	8,84	%
LP	22	%
LL	39	%
IP	17	%

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CLASIFICACIÓN AASHTO
GC	A2-6(4)

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557)		
Contenido de Humedad Inicial	5,13	%
Contenido Optimo de Humedad	15,2	%
Densidad Seca Máxima	1736	Kg/m3

COLORIMETRÍA (ASTM C40)		
ENSAYO REALIZADO EN SOLUCIÓN ESTÁNDAR (SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO)		
VEMOS QUE DE ACUERDO A LA TABLA DE COLOR ESTÁNDAR GARDNER, COINCIDE CON		
2		
DE LA PLACA ORNÁNICA		

C.B.R COMPACTACIÓN (ASTM D1883)			
No. Golpes por Capa	Densidad Seca		
56	1737	gr/cm3	
25	1654	gr/cm3	
10	1567	gr/cm3	

C.B.R HINCHAMIENTO (ASTM D1883)			
No. Golpes por Capa	Lectura Inicial (in)	Lectura Final (in)	%
56	0,000	0,031	0,62
25	0,000	0,037	0,74
10	0,000	0,059	1,18

C.B.R PENETRACIÓN (ASTM D1883)		
No. Golpes por Capa	Carga Unitaria (kg/cm2)	% C.B.R.
56	24,08	34,41
25	19,36	27,65
10	14,46	20,65

C.B.R % (ASTM D1883)			
	%	D.S.M.	
C.B.R. 100%	34,30	1736,00	Kg/m3
C.B.R. 95%	27,27	1649,20	Kg/m3

pH (ASTM D4972-18)	
8,35	Alcalino

Tabla 33 Ficha Técnica del Suelo a Ensayar

Fuente: Autores

El suelo con el que se está trabajando pertenece al tipo granular. Si bien es cierto, es una grava arcillosa, pero el alto porcentaje de finos que posee, hace que su comportamiento sea semejante a un suelo arcilloso de alta plasticidad no apto para ser utilizado como un material de mejoramiento.

En base a los resultados obtenidos del suelo patrón se compara con los requerimientos del MTOP (2012) y se llega a la conclusión que el suelo no cumple con todas las exigencias, específicamente el Índice de Plasticidad y el Límite Líquido sobrepasan el valor máximo de la norma, para ser usado como un material de mejoramiento, es por este motivo que se implementará diferentes agentes químicos (Cloruro de Sodio / Cloruro de Calcio) para estabilizar por humedad.

Se realizarán ensayos a las dosificaciones de: 1%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio. Una vez encontrado el porcentaje óptimo de los agentes estabilizadores, a estos se le realizarán:

Límites Atterberg (para su confirmación de los resultados obtenidos), Proctor Modificado, C.B.R y PH bajo normas ASTM.

		Requerimientos del MTOP	Suelo Patrón	¿Cumple?
Tipo de Suelo	Granular		✓	SI
	Rocoso			
	Ambos			
Contenido de Materia Orgánica y Escombros		0%	0%	SI
Pasante Tamiz 4" (100 mm)		100%	100%	SI
Pasante Tamiz N° 200 (0,075 mm)		< 20%	18,14%	SI
Material pasante Tamiz N° 40	IP	< 9	17	NO
	LL	< 35%	39%	NO
	CBR	> 10%	27,27%	SI

Tabla 34 Comparación de los requerimientos del MTOP con el suelo patrón.

Fuente: Autores

CAPITULO #4

4. ENSAYOS CON CLORURO DE SODIO:

Para la preparación de la muestra:

- Se escoge una cantidad de muestra representativa y se pesa.
- Posteriormente a esto, se calcula la cantidad de Cloruro de Sodio en base a las dosificaciones correspondientes con relación al peso del suelo.
- Se mezcla de manera homogénea el suelo.
- Se realizar los procedimientos dependiendo de la norma del ensayo.

%	Peso del suelo + Tara	Tara	Peso del suelo	Cant de Cloruro de Sodio
	g	g	g	g
1	1862	156	1706	17,1
5	1764	155	1609	80,5
10	1706	156	1550	155,0
15	1746	157	1589	238,4
20	1861	158	1703	340,6
25	1832	161	1671	417,8

Tabla 35 Cantidad de Cloruro de Sodio para el suelo.

Fuente: Autores

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA



Ilustración 32 Preparación de las muestras con Cloruro de Sodio

4.1. DOSIFICACIÓN: 1 %

4.1.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro + 1% de cloruro de sodio	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
416	12	24	21,9	16	2,1	5,9	35,59
417	18	24,8	22,4	15,6	2,4	6,8	35,29
418	26	24,6	22,3	15,6	2,3	6,7	34,33
419	33	25,6	23,2	15,8	2,4	7,4	32,43
420	45	24,8	22,6	15,6	2,2	7	31,43
LÍMITE PLÁSTICO							
421		19,7	19	15,4	0,7	3,6	19,44
422		20,7	19,9	15,6	0,8	4,3	18,60
						<i>LP_{prom}</i>	19,02

Tabla 36 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 1% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

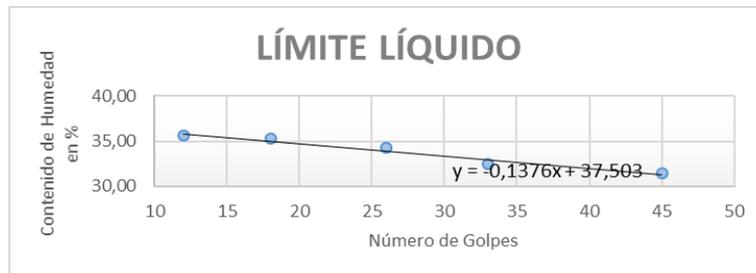


Ilustración 33 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 1% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	19,02	LP	22,00
LL	34,06	LL	39,00
IP	15,04	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %	11,54		
Diferencia numérica (IP)	1,96		

Tabla 37 Comparaciones del IP con la dosificación del 1% del Cloruro de Sodio

4.2. DOSIFICACIÓN: 5%

4.2.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
	Grava arcillosa color café claro + 5% de cloruro de sodio		
Tipo de material :		Fecha:	19/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
458	12	24,5	22,3	15,6	2,2	6,7	32,84
459	17	23,8	21,8	15,6	2	6,2	32,26
460	25	23,2	21,3	15,3	1,9	6	31,67
461	32	21,7	20,3	15,8	1,4	4,5	31,11
462	40	22,4	20,9	15,8	1,5	5,1	29,41
LÍMITE PLÁSTICO							
463		20,0	19,2	15,4	0,8	3,8	21,05
422		19,5	19	15,8	0,5	3,2	15,63
						<i>LP_{prom}</i>	18,34

Tabla 38 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 5% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

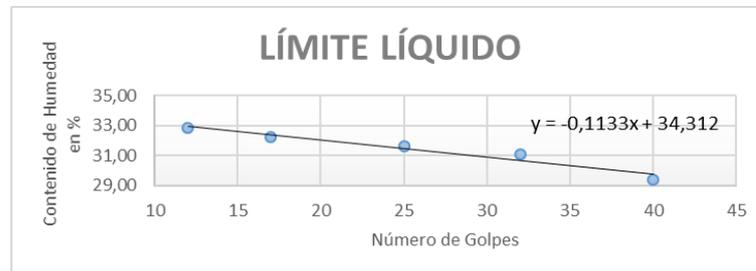


Ilustración 34 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 5% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	18,34	LP	22,00
LL	31,48	LL	39,00
IP	13,14	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %	22,70		
Diferencia numérica (IP)	3,86		

Tabla 39 Comparaciones del IP con la dosificación del 5% del Cloruro de Sodio

4.3. DOSIFICACIÓN: 10%

4.3.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra:	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra:	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente:	23 °C
Solicita:	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material:	Sistema 3 Flor de Bastión		
	Grava arcillosa color café claro + 10% de cloruro de sodio	Fecha:	19/12/2018
Tipo de material:			

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
458	12	26,4	23,9	15,6	2,5	8,3	30,12
459	20	22,7	21,1	15,6	1,6	5,5	29,09
460	27	24	22,05	15,3	1,95	6,75	28,89
461	35	24,8	22,8	15,8	2	7	28,57
462	45	24	22,2	15,8	1,8	6,4	28,13
LÍMITE PLÁSTICO							
463		20,6	19,8	15,4	0,8	4,4	18,18
464		20,5	19,8	15,8	0,7	4	17,50
						<i>LP_{prom}</i>	17,84

Tabla 40 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 10% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

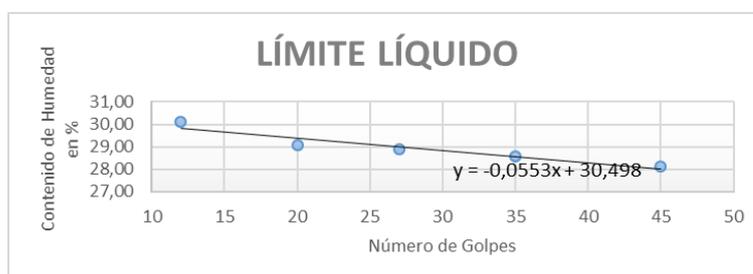


Ilustración 35 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 10% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	17,84	LP	22,00
LL	29,12	LL	39,00
IP	11,27	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %	33,68		
Diferencia numérica (IP)	5,73		

Tabla 41 Comparaciones del IP con la dosificación del 10% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

4.4. DOSIFICACIÓN: 15%

4.4.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23°C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
	Grava arcillosa color café claro + 15%		
Tipo de material :	de cloruro de sodio	Fecha:	19/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
430	14	25,2	23,3	15,9	1,9	7,4	25,68
431	20	23,4	21,9	15,7	1,5	6,2	24,19
432	26	25,1	23,3	15,7	1,8	7,6	23,68
433	34	25,1	23,3	15,5	1,8	7,8	23,08
434	44	22,9	21,6	15,6	1,4	6,0	22,69
LÍMITE PLÁSTICO							
67		20,1	19,3	14,9	0,8	4,4	17,65
68		20,6	19,9	15,5	0,7	4,4	15,91
						LP_{prom}	16,78

Tabla 42 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

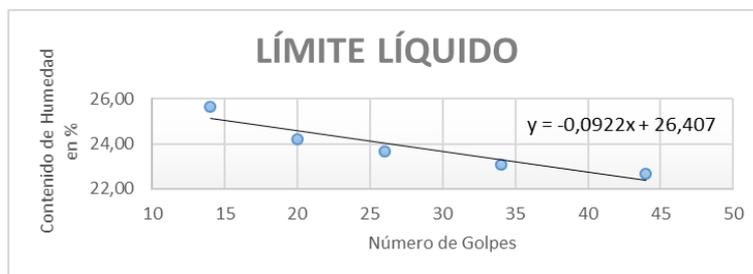


Ilustración 36 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 15% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	16,78	LP	22,00
LL	24,10	LL	39,00
IP	7,32	IP	17,00

Reducción del IP inicial en %	56,92
Diferencia numérica (IP)	9,68

Tabla 43 Comparaciones del IP con la dosificación del 15% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

4.5. DOSIFICACIÓN: 15% (PARA SU CONFIRMACIÓN)

4.5.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	2
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
	Grava arcillosa color café claro + 15%		
Tipo de material :	de cloruro de sodio	Fecha:	19/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
486	12	23,1	21,6	16	1,5	5,6	26,79
487	19	24,3	22,5	15,4	1,8	7,1	25,35
488	27	25	23,2	15,6	1,8	7,6	23,68
489	33	23,3	21,9	15,8	1,4	6,1	22,95
490	44	25,3	23,6	15,7	1,7	7,9	21,52
LÍMITE PLÁSTICO							
491		18,7	18,2	15,2	0,5	3,0	16,67
492		20,8	20,1	16	0,7	4,1	17,07
						LP_{prom}	16,87

Tabla 44 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de NaCl (Para su confirmación)

Fuente: Autores

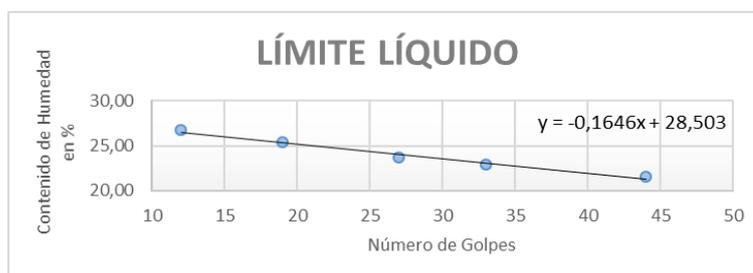


Ilustración 37 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 15% del NaCl (Para su confirmación)

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	16,87	LP	22,00
LL	24,39	LL	39,00
IP	7,52	IP	17,00

Reducción del IP inicial en %	55,78
Diferencia numérica (IP)	9,48

Tabla 45 Comparaciones del IP con la dosificación del 15% del NaCl (Para su confirmación)

Fuente: Autores

4.6. DOSIFICACIÓN: 20%

4.6.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	1
Obra :	Juan Carlos Rivas C.	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Tesis UCSG B-2018		
Fuente de material :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro + 20% de cloruro de sodio	Fecha:	19/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
430	13	24.3	22.6	15.9	1.7	6.7	25.37
431	20	23.4	21.85	15.7	1.55	6.15	25.20
432	26	23.4	21.9	15.7	1.5	6.2	24.19
433	37	21.9	20.7	15.5	1.2	5.2	23.08
434	42	23.2	21.8	15.6	1.4	6.2	22.58
LÍMITE PLÁSTICO							
435		18.9	18.4	15.6	0.5	2.8	17.86
436		19.3	18.8	15.5	0.5	3.3	15.15
						L_{Pprom}	16.50

Tabla 46 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 20% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

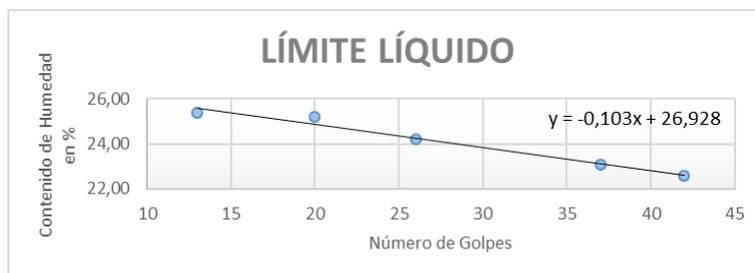


Ilustración 38 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 20% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	16.50	LP	22.00
LL	24.35	LL	39.00
IP	7.85	IP	17.00

Reducción del IP inicial en %	53.83
Diferencia numérica (IP)	9.15

Tabla 47 Comparaciones del IP con la dosificación del 20% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

4.7. DOSIFICACIÓN: 25%

4.7.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro + 25% de cloruro de sodio	Fecha:	19/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
409	13	25,5	23,45	15,8	2,05	7,65	26,80
410	18	24,9	22,95	15,2	1,95	7,75	25,16
411	25	24,2	22,4	15,1	1,8	7,3	24,66
412	32	24,5	22,7	15,3	1,8	7,4	24,32
413	43	23,3	21,85	15,6	1,45	6,25	23,20
LÍMITE PLÁSTICO							
414		18,5	18,09	15,6	0,41	2,49	16,47
415		17,8	17,4	14,9	0,4	2,5	16,00
						L_{Pprom}	16,23

Tabla 48 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 25% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

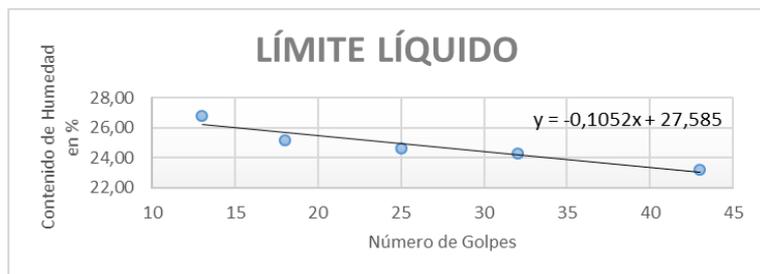


Tabla 49 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 25% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	16,23	LP	22,00
LL	24,96	LL	39,00
IP	8,72	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %		48,69	
Diferencia numérica (IP)		8,28	

Tabla 50 Comparaciones del IP con la dosificación del 25% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

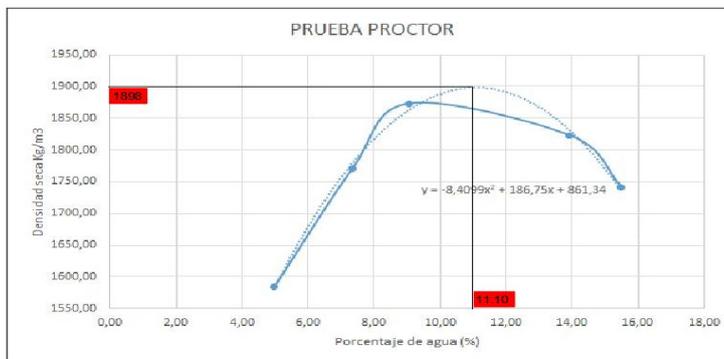
4.8. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

PRUEBA PROCTOR			
Material: Grava Arcillosa (GC) Volumen del cilindro: 0.002124 m ³ Peso de cilindro: 6767 g Diámetro cilindro: 6 pulg. Peso del martillo: 10 Lbs. # de golpes por capa: 56 # de capas: 5 Altura de caída: 18 pulg.	Fecha: 03/01/2019 Alumnos: Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C. Solicitado por: Ing. Daniel De La Pared Condo Obra: Tesis UCSG B-2018 Fuente material: Sistema 3 Flor de Bastión Tipo de material: Grava Arcillosa (existente) color café claro + 15 Cloruro de Sodio		

Cantidad de Agua	Recipiente	Peso Tierra Humeda + recipiente	Peso Tierra Seca + recipiente	Peso del Recipiente	Peso Agua	Peso Seco	Agua	Peso Tierra Húmeda+ Cilindro	Peso Tierra Humedad W	1+W/100	Peso de Tierra Seca WS	Densidad Seca
		gr	gr	gr	gr	gr	%	gr	Kg		Kg	kg/m3
NATURAL	545.00	271.60	261.10	50.40	10.50	210.70	4.98	10300	3.53	1.05	3.37	1584.41
150	558.00	310.40	292.50	48.50	17.90	244.00	7.34	10803	4.04	1.07	3.76	1770.32
300	536.00	270.30	252.10	50.80	18.20	201.30	9.04	11105	4.34	1.09	3.98	1873.03
450	510.00	248.20	222.80	40.50	25.40	182.30	13.93	11177	4.41	1.14	3.87	1822.36
600	314.00	275.30	244.30	44.10	31.00	200.20	15.48	11039	4.27	1.15	3.70	1741.62

Tabla 51 Hoja de cálculo para prueba Proctor del 15% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores



Contenido de Humedad Inicial %	4,98
Contenido Optimo de Humedad %	11,1
Densidad Seca Máxima Kg/m3	1898

Ilustración 39 Gráfica Densidad seca vs Porcentaje de agua (%) del suelo + 15% Cloruro de Sodio.

Fuente: Autores

4.9. ENSAYO C.B.R

C.B.R.						
Fecha :	04/12/2018			Obra :	Tesis UCSG B-2018	
Alumno :	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.			Fuente material :	Sistema 3 Flor de Bastión	
Solicitado por :	Ing. Daniel De La Pared			Descripción :	Grava Arcillosa color café claro + 15% Cloruro de Sodio	
				Cantidad de agua (cm3)	362	
N° CAPAS :	5	VOL DEL MOLDE	2316 cm3	PESO DEL MARTILLO	10 Lbs.	
N° DE GOLPES POR CAPA:				56	25	10
ANTES DE LA INMERSIÓN						
HUMEDAD	N° de Recipiente			542	732	714
	Recipiente + suelo húmedo			381,4	392,9	441,3
	Recipiente + peso seco			344,4	352	398,6
	Recipiente			41,4	54,6	52,5
	Agua			37	40,9	42,7
	Peso Seco			303	297,4	346,1
Contenido de Agua			12,2	13,8	12,3	
Número de Molde				5	26	31
Molde + suelo húmedo			14175	14113	13836	
Molde			9240	9329	9304	
Suelo Húmedo			4935	4784	4532	
Suelo Seco = 100 x W / (100+w)			4398,0	4205,6	4034,3	
Contenido de Agua (w)			12,21	13,75	12,34	
Densidad Húmeda			2,13	2,07	1,96	
Densidad Seca			1,90	1,82	1,74	
HINCHAMIENTO						
LECTURA INICIAL				0,000	0,000	0,000
24 HORAS				0,009	0,014	0,016
48 "				0,010	0,015	0,020
72 "				0,011	0,015	0,025
96 "				0,011	0,015	0,025
Observaciones				NORMA ASTM D1883		

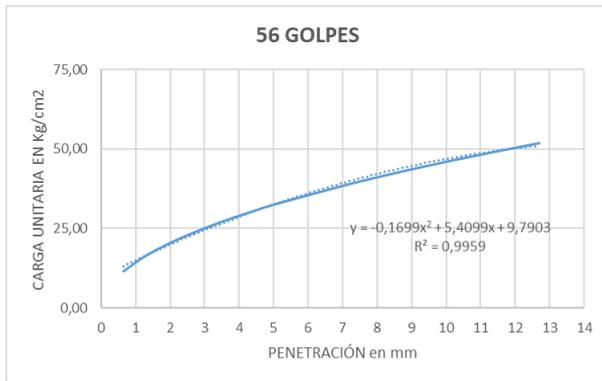
Tabla 52 Resultados del suelo compactado+ 15% de Cloruro de Sodio a 56, 25, 10 golpes e Hinchamiento

Fuente: Autores

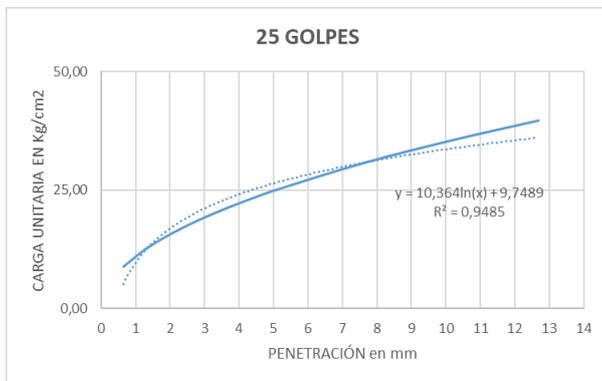
PENETRACIÓN							
Fecha :	04/12/2018						
Alumnos :	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.						
Solicitado por :	Ing. Daniel De La Pared Condo						
Obra :	Tesis UCSG B 2018						
Fuente de Material :	Sistema 3 Flor de Bastión						
Descripción :	Grava arcillosa color café claro + 15% de Cloruro de Sodio						
ABERTURA		NÚMERO DE GOLPES POR CAPA			NÚMERO DE GOLPES POR CAPA		
		56	25	10	56	25	10
mm	pulg.	Carga de penetración en Kilogramos			Carga de penetración en Kg/cm2		
0,64	0,025	33,83	25,93	18,88	11,64	8,92	6,50
1,27	0,050	47,66	36,53	26,6	16,40	12,57	9,15
1,91	0,075	58,45	44,79	32,62	20,11	15,41	11,22
2,54	0,100	67,4	51,66	37,62	23,19	17,77	12,94
3,18	0,125	75,42	57,8	42,09	25,95	19,89	14,48
3,81	0,150	82,55	63,26	46,07	28,40	21,77	15,85
4,45	0,175	89,21	68,37	49,79	30,69	23,52	17,13
5,08	0,200	95,32	73,05	53,2	32,80	25,13	18,30
7,62	0,300	116,74	89,47	65,15	40,17	30,78	22,42
10,16	0,400	134,8	103,31	75,23	46,38	35,54	25,88
12,7	0,500	150,72	115,5	84,11	51,86	39,74	28,94

Tabla 53 Resultados por penetración del ensayo C.B.R +15% de Cloruro de Sodio

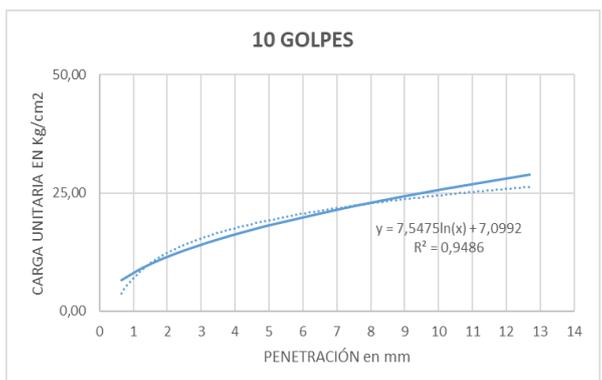
Fuente: Autores



56 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	23,19	Kg/cm ²
CBR	33,13	%
Hinchamiento	0,22	%



25 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	17,77	Kg/cm ²
CBR	25,39	%
Hinchamiento	0,3	%

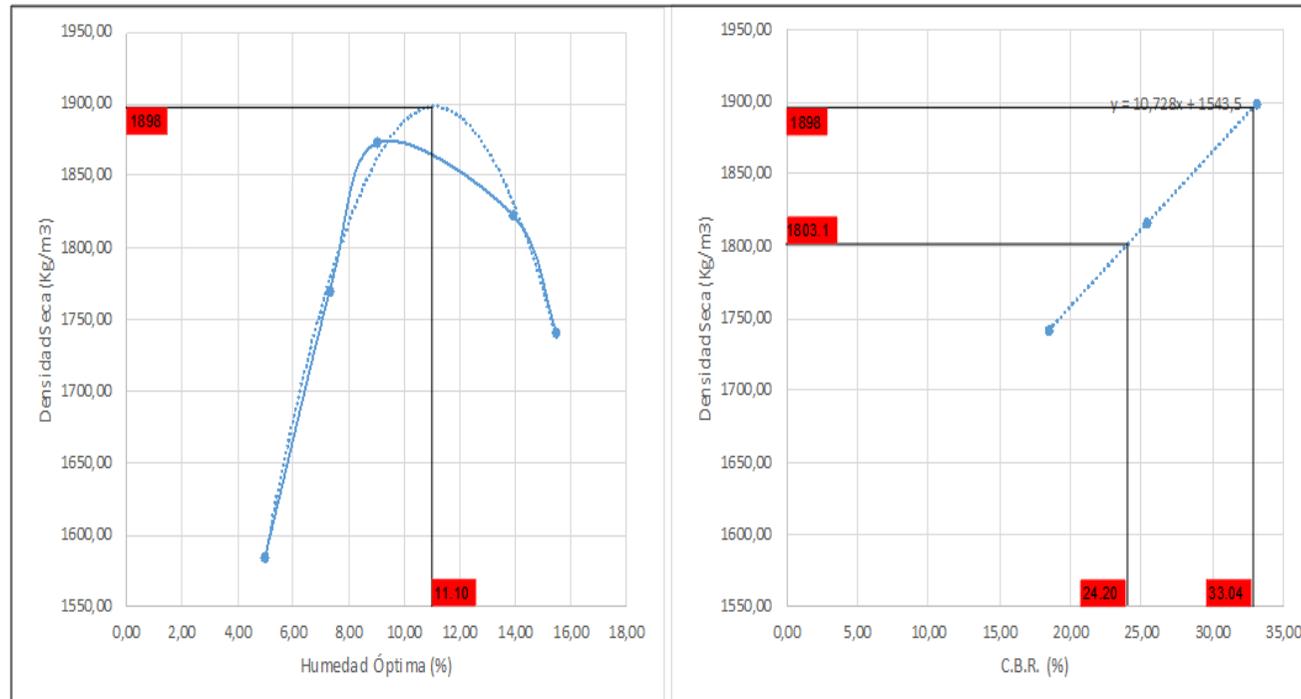


10 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	12,94	Kg/cm ²
CBR	18,49	%
Hinchamiento	0,5	%

Ilustración 40 Resultados de la carga unitaria a una penetración de 2.54mm + 15% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

DETERMINACIÓN DEL C.B.R (ASTM D1883)



	%	D.S.M (kg/cm3)
C.B.R. 100%	33,04	1898
C.B.R. 95%	24,20	1803,1

Ilustración 41 Determinación del Porcentaje de CBR del Suelo Patrón + 15% Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

CAPITULO #5

5. ENSAYOS CON CLORURO DE CALCIO:

%	Peso del suelo + Tara	Tara	Peso del suelo	Cant. De Cloruro de Calcio
	g	g	g	g
1	1697	159	1538	15,38
5	1765	160	1605	80,25
10	1671	155	1516	151,6
15	1763	154	1609	241,35
20	1723	154	1569	313,8
25	1784	158	1626	406,5

Ilustración 42 Cantidad de Cloruro de Calcio para el suelo.

Fuente: Autores

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA



Ilustración 43 Preparación de las muestras con Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

5.1. DOSIFICACIÓN: 1%

5.1.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra:	1
Obra:	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente:	23 °C
Solicita:	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material:	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material:	Grava arcillosa color café claro + 1% de cloruro de calcio	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
500	13	22	20,3	15,7	1,7	4,6	36,96
501	18	23,5	21,5	15,9	2	5,6	35,71
502	26	22,7	20,8	15,4	1,9	5,4	35,19
503	34	21,5	20,1	15,8	1,45	4,25	34,12
504	42	21,5	20	15,5	1,5	4,5	33,33
LÍMITE PLÁSTICO							
505		23,1	21,6	15,4	1,5	6,2	24,19
506		21,8	20,8	15,8	1	5	20,00
						<i>LP_{prom}</i>	22,10

Tabla 54 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 1% de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

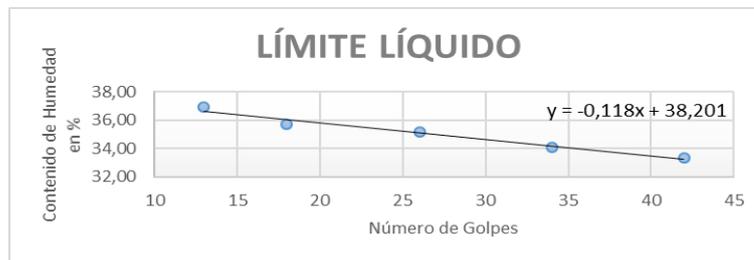


Ilustración 44 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 1% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	22,10	LP	22,00
LL	35,25	LL	39,00
IP	13,15	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %		22,62	
Diferencia numérica (IP)		3,85	

Tabla 55 Comparaciones del IP con la dosificación del 1% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

5.2. DOSIFICACIÓN: 5%

5.2.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra:	1
Obra:	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente:	23 °C
Solicita:	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material:	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material:	Grava arcillosa color café claro + 5% de cloruro de calcio	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
402	12	24,5	22,3	15,5	2,2	6,8	32,35
403	18	23,2	21,5	16	1,7	5,5	30,91
404	27	23,6	21,7	15,1	1,9	6,6	28,79
405	34	22,9	21,4	15,7	1,55	5,65	27,43
406	43	23,5	21,8	15,4	1,7	6,4	26,56
LÍMITE PLÁSTICO							
407		20,6	19,85	15,5	0,75	4,35	17,24
408		21,1	20,3	15,6	0,8	4,7	17,02
						LP_{prom}	17,13

Tabla 56 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 5% de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

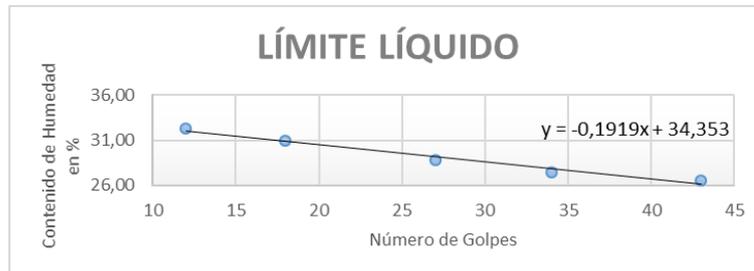


Ilustración 45 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 5% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
IP	17,13	LP	22,00
LL	29,56	LL	39,00
IP	12,42	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %	26,92		
Diferencia numérica (IP)	4,58		

Tabla 57 Comparaciones del IP con la dosificación del 5% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

5.3. DOSIFICACIÓN: 10%

5.3.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra:	1
Obra:	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente:	23 °C
Solicitante:	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material:	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material:	Grava arcillosa color café claro + 10% de cloruro de calcio	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
409	13	24,1	22,2	15,8	1,9	6,4	29,69
410	18	23,7	21,8	15,2	1,9	6,6	28,79
411	25	23,1	21,4	15,1	1,7	6,3	26,98
412	32	22,7	21,3	15,7	1,4	5,6	25,00
413	43	22,9	21,5	15,6	1,4	5,9	23,73
LÍMITE PLÁSTICO							
414		20,9	20,2	15,3	0,7	4,9	14,29
415		21	20,2	15,6	0,8	4,6	17,39
						<i>LP_{prom}</i>	15,84

Tabla 58 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 10% de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

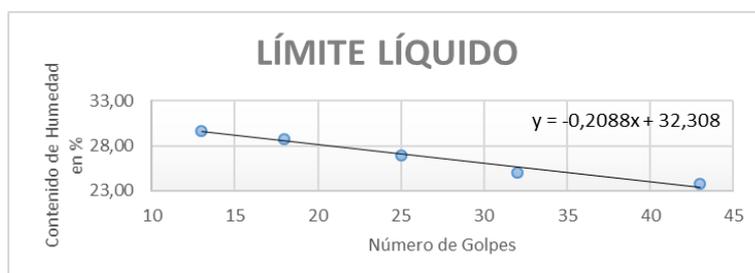


Ilustración 46 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 10% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	15,84	LP	22,00
LL	27,09	LL	39,00
IP	11,25	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %	33,83		
Diferencia numérica (IP)	5,75		

Tabla 59 Comparaciones del IP con la dosificación del 10% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

5.4. DOSIFICACIÓN: 15%

5.4.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra:	1
Obra:	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente:	23 °C
Solicita:	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material:	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material:	Grava arcillosa color café claro + 15% de cloruro de calcio	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
493	11	24,2	22,4	15,7	1,82	6,68	27,25
494	18	26,1	23,9	15,8	2,18	8,12	26,85
495	25	25,7	23,6	15,4	2,1	8,2	25,61
496	32	25	23,2	16	1,8	7,2	25,00
497	42	20,9	19	11,3	1,9	7,7	24,68
LÍMITE PLÁSTICO							
498		20,7	20	15,6	0,7	4,4	15,91
499		21,1	20,4	15,5	0,73	4,87	14,99
						LP_{prom}	15,45

Tabla 60 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

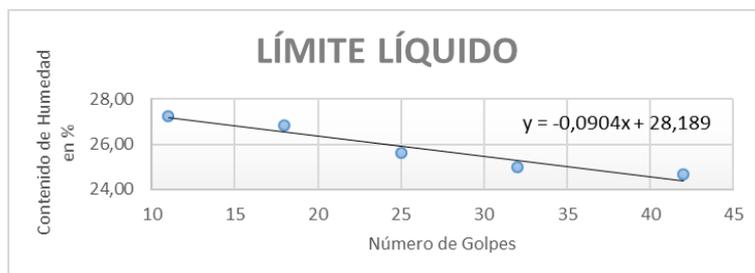


Ilustración 47 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 15% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	15,45	LP	22,00
LL	25,93	LL	39,00
IP	10,48	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %	38,36		
Diferencia numérica (IP)	6,52		

Tabla 61 Comparaciones del IP con la dosificación del 15% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

5.5. DOSIFICACIÓN: 20%

5.5.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra :	1
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicitada :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro + 20% de cloruro de calcio	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
486	13	25,7	23,7	16	2	7,7	25,97
487	19	24,3	22,55	15,4	1,75	7,15	24,48
488	26	23,5	22	15,6	1,5	6,4	23,44
489	31	25,6	23,8	15,8	1,8	8	22,50
490	42	23,6	22,2	15,7	1,4	6,5	21,54
LÍMITE PLÁSTICO							
491		20,8	20,1	15,2	0,7	4,9	14,29
492		21	20,3	16	0,7	4,3	16,28
						LP_{prom}	15,28

Tabla 62 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 20% de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

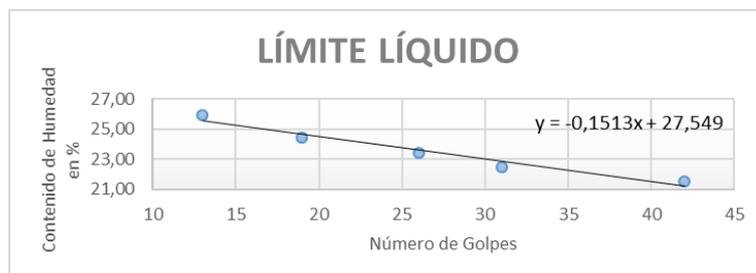


Ilustración 48 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 20% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	15,28	LP	22,00
LL	23,77	LL	39,00
IP	8,48	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %	50,09		
Diferencia numérica (IP)	8,52		

Tabla 63 Comparaciones del IP con la dosificación del 20% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

5.6. DOSIFICACIÓN: 20% (PARA SU CONFIRMACIÓN)

5.6.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra :	2
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro + 20% de cloruro de calcio	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
402	12	25	23,1	15,5	1,95	7,55	25,83
403	19	23,4	22,0	16	1,45	5,95	24,37
404	25	24,3	22,6	15,1	1,75	7,45	23,49
405	35	23,5	22,1	15,7	1,45	6,35	22,83
406	45	24,3	22,8	15,4	1,55	7,35	21,09
LÍMITE PLÁSTICO							
407		20	19,4	15,5	0,6	3,9	15,38
408		19,7	19,2	15,6	0,55	3,55	15,49
						LP_{prom}	15,44

Tabla 64 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 20% de $CaCl_2$ (Para su confirmación)

Fuente: Autores

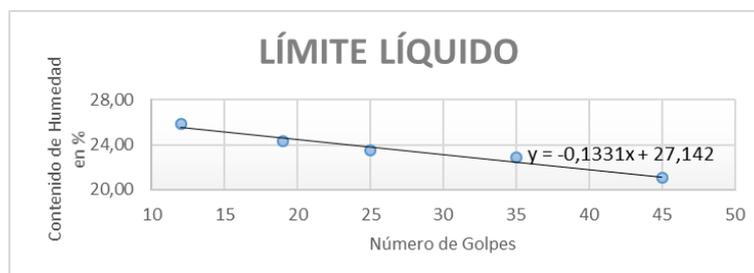


Ilustración 49 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 20% del Cloruro de Calcio (Para su confirmación)

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	15,44	LP	22,00
LL	23,81	LL	39,00
IP	8,38	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %	50,73		
Diferencia numérica (IP)	8,62		

Tabla 65 Comparaciones del IP con la dosificación del 20% del Cloruro de Calcio (Para su confirmación)

Fuente: Autores

5.7. DOSIFICACIÓN: 25%

5.7.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra:	1
Obra:	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente:	23 °C
Solicita:	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material:	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material:	Grava arcillosa color café claro + 25% de cloruro de calcio	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
493	11	25,4	23,6	15,7	1,8	7,9	22,78
494	17	25	23,4	15,8	1,6	7,6	21,05
495	26	24,2	22,7	15,4	1,5	7,3	20,55
496	33	23,5	22,3	16	1,25	6,25	20,00
497	43	20,9	19,35	11,3	1,55	8,05	19,25
LÍMITE PLÁSTICO							
498		20,4	19,7	15,3	0,7	4,4	15,91
499		21,1	20,4	15,6	0,7	4,8	14,58
						LP_{prom}	15,25

Tabla 66 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 25% de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

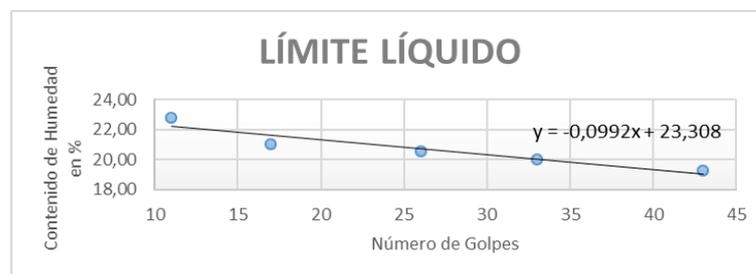


Ilustración 50 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 25% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	15,25	LP	22,00
LL	20,83	LL	39,00
IP	5,58	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %		67,17	
Diferencia numérica (IP)		11,42	

Tabla 67 Comparaciones del IP con la dosificación del 25% del Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

5.8. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

PRUEBA PROCTOR

Material:	Grava Arcillosa (GC)	Fecha:	04/12/2018
Volumen del cilindro:	0,002124 m ³	Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.
Peso de cilindro:	5902 g	Solicitado por:	Ing. Daniel De La Pared Condo
Diámetro cilindro:	6 pulg.	Obra:	Tesis UCSG B-2018
Peso del martillo:	10 Lbs.	Fuente material:	Sistema 3 Flor de Bastión
# de golpes por capa:	56	Tipo de material:	Grava Arcillosa (existente) color café claro + 20% Cloruro de Calcio
# de capas:	5		
Altura de caída:	18 pulg.		

Cantidad de Agua	Recipiente	Peso Tierra Humeda + recipiente	Peso Tierra Seca + recipiente	Peso del Recipiente	Peso Agua	Peso Seco	Agua	Peso Tierra + Cilindro	Peso Tierra Humedad W	1+W/100	Peso de Tierra Seca WS	Densidad Seca
cm ³		gr	gr	gr	gr	gr	%	gr	Kg		Kg	kg/m ³
NATURAL	309,00	194,50	177,90	43,50	16,60	134,40	12,35	10067	4,17	1,12	3,71	1745,35
100	271,00	223,30	202,00	42,20	21,30	159,80	13,33	10252	4,35	1,13	3,84	1807,15
200	273A	203,23	183,60	42,40	19,63	141,20	13,90	10308	4,41	1,14	3,87	1821,20
300	719,00	345,61	308,30	53,50	37,31	254,80	14,64	10321	4,42	1,15	3,85	1814,77
400	521,00	278,68	246,70	44,10	31,98	202,60	15,78	10209	4,31	1,16	3,72	1751,33

Tabla 68 Hoja de cálculo para prueba Proctor del 20% de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

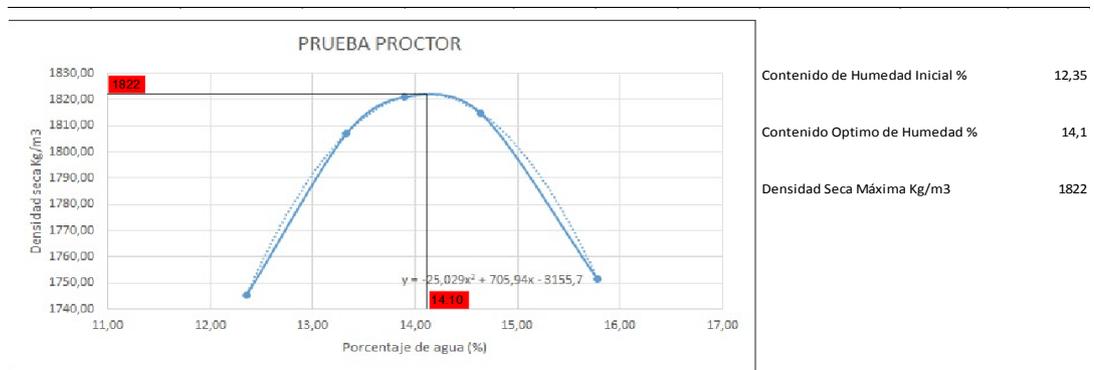


Ilustración 51 Gráfica Densidad seca vs Porcentaje de agua (%) del suelo + 20% Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

5.9. ENSAYO C.B.R

C.B.R.						
Fecha :	04/12/2018		Obra :	Tesis UCSG B-2018		
Alumno :	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.		Fuente material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Solicitado por:	Ing. Daniel De La Pared		Descripción :	Grava Arcillosa color café claro + 20% Cloruro de Calcio		
			Cantidad de agua (cm3)	208		
N° CAPAS :	5	VOL DEL MOLDE	2316	cm3	PESO DEL MARTILLO	10 Lbs.
N° DE GOLPES POR CAPA:			56	25	10	
ANTES DE LA INMERSIÓN						
HUMEDAD	N° de Recipiente			550	321	564
	Recipiente + suelo húmedo		gr	334,1	287,5	353,2
	Recipiente + peso seco		gr	298,3	255,5	311,9
	Recipiente		gr	48,5	45	50,4
	Agua		gr Ww	35,8	32	41,3
	Peso Seco		gr Ws	249,8	210,5	261,5
Contenido de Agua		% w	14,3	15,2	15,8	
Número de Molde				4	30	12
Molde + suelo húmedo		gr P	11217	14033	13629	
Molde		gr	6390	9375	13629	
Suelo Húmedo		gr W	4827	4658	4508	
Suelo Seco = 100 x W / (100+w)		gr Ws	4221,9	4043,3	3893,1	
Contenido de Agua (w)		gr w	14,33	15,20	15,79	
Densidad Húmeda		gr/cm3	2,08	2,01	1,95	
Densidad Seca		gr/cm3	1,82	1,75	1,68	
HINCHAMIENTO						
LECTURA INICIAL			0,000	0,000	0,000	
24 HORAS			0,022	0,024	0,026	
48 "			0,034	0,045	0,049	
72 "			0,060	0,068	0,070	
96 "			0,065	0,070	0,073	
Observaciones			NORMA ASTM D1883			

Tabla 69 Resultados del suelo compactado + 20% de Cloruro de Calcio a 56, 25, 10 golpes e Hinchamiento

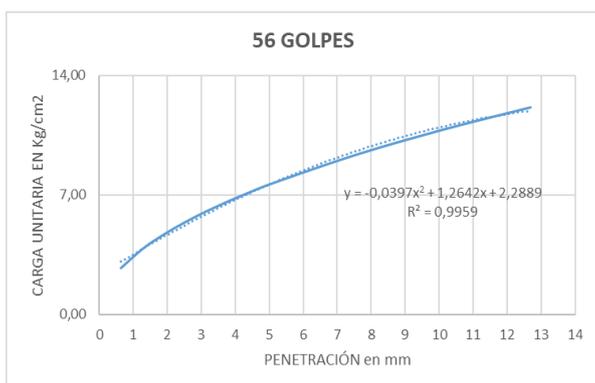
Fuente: Autores

PENETRACIÓN	
Fecha :	04/12/2018
Alumnos :	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.
Solicitado por :	Ing. Daniel De La Pared Condo
Obra :	Tesis UCSG B 2018
Fuente de Material :	Sistema 3 Flor de Bastión
Descripción :	Grava arcillosa color café claro + 20% de Cloruro de Calcio

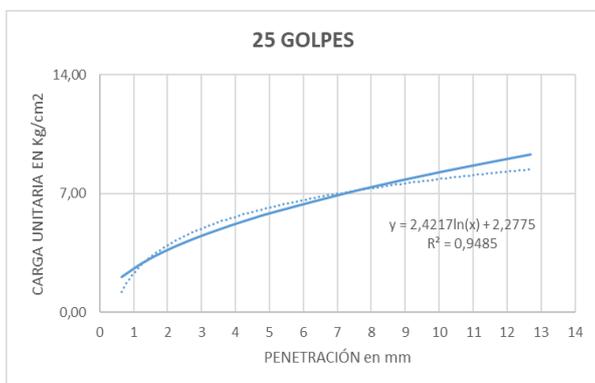
ABERTURA		NÚMERO DE GOLPES POR CAPA			NÚMERO DE GOLPES POR CAPA		
		56	25	10	56	25	10
mm	pulg.	Carga de penetración en Kilogramos			Carga de penetración en Kg/cm2		
0,64	0,025	7,91	6,06	4,5	2,72	2,08	1,55
1,27	0,050	11,14	8,53	6,34	3,83	2,93	2,18
1,91	0,075	13,66	10,47	7,77	4,70	3,60	2,67
2,54	0,100	15,75	12,07	8,96	5,42	4,15	3,08
3,18	0,125	17,63	13,5	10,02	6,07	4,64	3,45
3,81	0,150	19,29	14,78	10,97	6,64	5,09	3,77
4,45	0,175	20,85	15,97	11,86	7,17	5,49	4,08
5,08	0,200	22,28	17,07	12,67	7,67	5,87	4,36
7,62	0,300	27,28	20,9	15,52	9,39	7,19	5,34
10,16	0,400	31,5	24,14	17,92	10,84	8,31	6,17
12,7	0,500	35,22	26,99	20,03	12,12	9,29	6,89

Tabla 70 Resultados por penetración del ensayo C.B.R +20% de Cloruro de Calcio

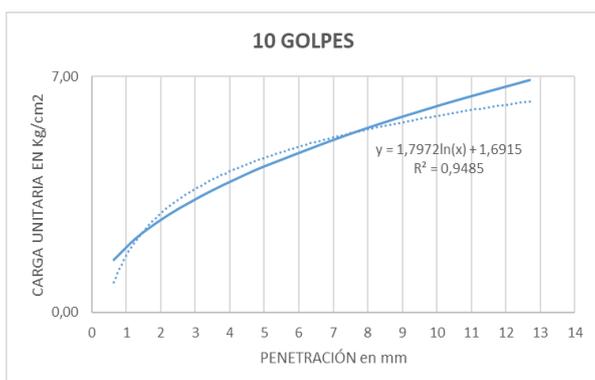
Fuente: Autores



56 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	5,42	Kg/cm2
CBR	7,74	%
Hinchamiento	1,3	%



25 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	4,15	Kg/cm2
CBR	5,93	%
Hinchamiento	1,4	%

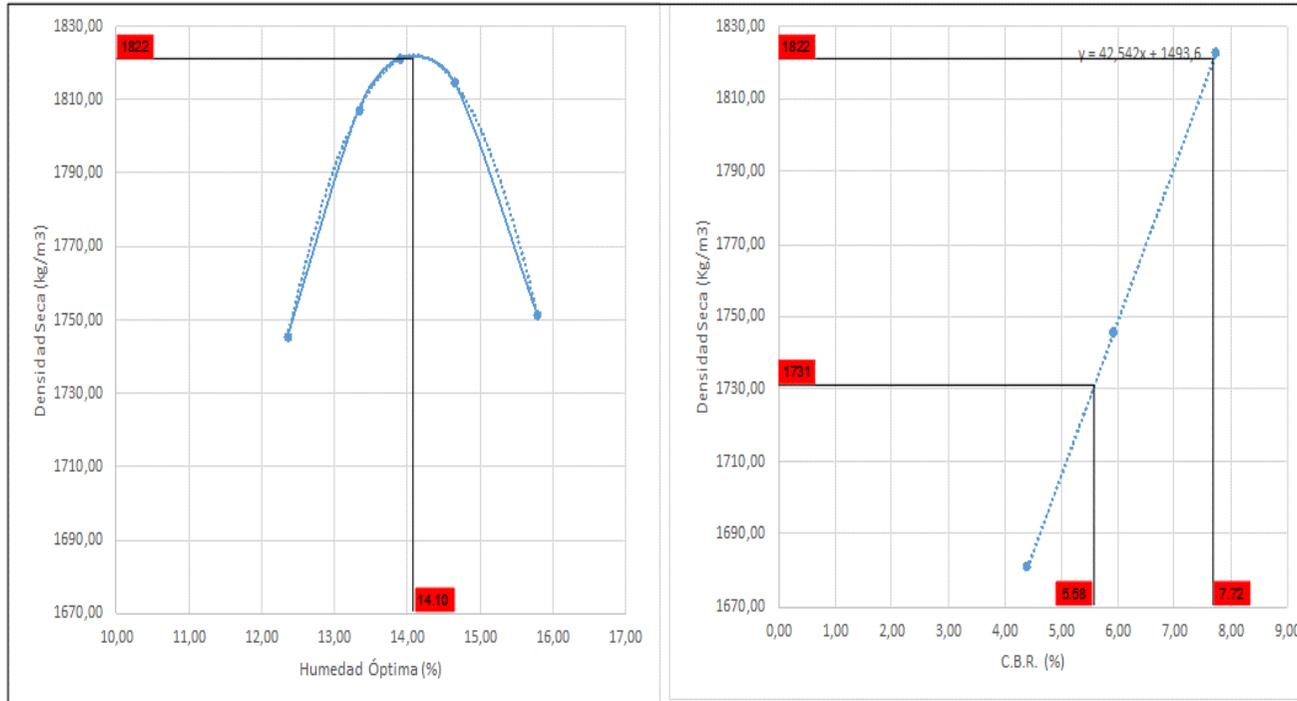


10 GOLPES		
Penetración	2,54	mm
Carga Unitaria	3,08	Kg/cm2
CBR	4,40	%
Hinchamiento	1,46	%

Ilustración 52 Resultados de la carga unitaria a una penetración de 2.54mm + 20% de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

DETERMINACIÓN DEL C.B.R (ASTM D1883)



	%	D.S.M (kg/cm3)
C.B.R. 100%	7,72	1822
C.B.R. 95%	5,58	1730,9

Ilustración 53 Determinación del Porcentaje de CBR del Suelo Patrón + 20% Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

CAPITULO #6

6. ENSAYOS CON ARENA FINA:

6.1. GRANULOMETRÍA

Este ensayo fue realizado bajo la **norma ASTM D422**.

RESULTADOS

Alumnos:	Bárbara Larrea O. Juan Carlos Rivas C.	Muestra:	1
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo	Fecha:	18/10/2018
Fuente de material :			
Tipo de material :	Arena Fina		

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)							
	TAMIZ INEN (ASTM)			Masa Retenida Parcial	Masa Retenida Acumulada	Masa Retenida Acumulada	% que pasa
				gr	gr	%	
SERIE GRUESA	4"	100	mm				
	3"	75	mm				100,00
	2"	50	mm				100,00
	1 1/2"	37,5	mm				100,00
	1"	25	mm				100,00
	3/4"	19	mm				100,00
	1/2"	12,5	mm	21	21	1,16	98,84
	3/8"	9,5	mm	30	51	2,83	97,17
SERIE FINA	N° 4	4,75	mm	32	83	4,60	95,40
	N° 8	2,36	mm	29	112	6,20	93,80
	N° 10	2	mm	6	118	6,54	93,46
	N° 16	1,18	mm	33	151	8,37	91,63
	N° 20	0,85	mm	60	211	11,69	88,31
	N° 30	0,6	mm	405	616	34,13	65,87
	N° 40	0,425	mm	533	1149	63,66	36,34
	N° 50	0,3	mm	292	1441	79,83	20,17
	N° 60	0,25	mm	163	1604	88,86	11,14
	N° 100	0,15	mm	147	1751	97,01	2,99
	N° 200	0,075	mm	45	1796	99,50	0,50
	FONDO			9	1805	100,00	0,00
	(Peso Inicial) Σ=			1805			

Masa Inicial =	1805	gr.
Grava =	4,60	%
Arena =	94,90	%
Finos =	0,50	%

Tabla 71 Resultados obtenidos del Ensayo de Granulometría de la Arena Fina

Fuente: Autores

6.2. CLASIFICACIÓN SUCS

Esta clasificación fue realizada bajo la **norma ASTM D2487**.

A partir de la granulometría, se observa que el mayor porcentaje del tamaño de las partículas se concentra en la serie gruesa, específicamente en los límites de las arenas. Es por esto que recibe el prefijo de S (arena). La determinación del sufijo, se lo obtiene por el contenido de finos y de los resultados de límites.

Ya que contenido de finos resultante de la granulometría dio un 0.50% de finos, las condiciones a usarse son las siguientes:

ARENAS

- Cuando el porcentaje de finos es menor al 5%

$$C_u \geq 6 \text{ y } 1 \leq C_c \leq 3$$

SW(Arena Bien Gradada)

$$C_u < 6 \text{ y } 1 > C_c > 3$$

SP(Arena Pobrementemente Gradada)

En base a la curva granulométrica los Coeficiente de Uniformidad y de Curvatura son:

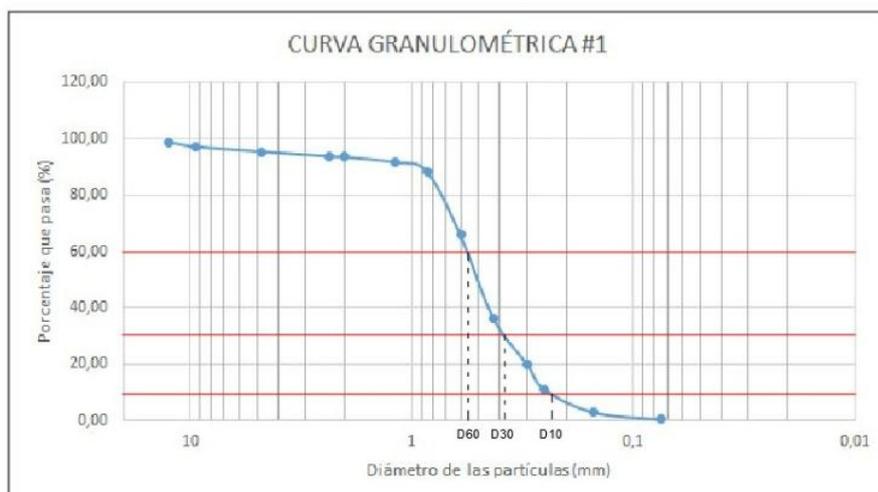


Ilustración 54 Curva Granulométrica de la Arena Pobrementemente Gradada. Factores para C_c y C_u

Fuente: Autores

$$D_{60} = 0.56$$

$$D_{30} = 0.38$$

$$D_{10} = 0.24$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.56}{0.24} = 2.33$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{0.38^2}{0.24 * 0.56} = 1.07$$

Con esta información, se puede decir que el suelo tiene un $2.33 < 6$ y $1 > 1.07 > 3$ y este está por encima de la Línea A de Plasticidad.

Por lo tanto, la nomenclatura que recibe es:

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	
SUCS =	SP

6.3. DOSIFICACIÓN: 15%

6.3.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro + 15% de arena fina	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
402	13	24,3	22,2	15,7	2,1	6,5	32,31
403	20	24,1	22,1	15,8	2	6,3	31,75
404	27	23,6	21,7	15,4	1,9	6,3	30,16
405	32	29	26,1	16	2,9	10,1	28,71
406	46	20,3	18,3	11,3	2	7	28,57
LÍMITE PLÁSTICO							
407		21,1	20,3	15,5	0,8	4,8	16,67
408		20,3	19,6	15,6	0,7	4	17,50
						<i>LP_{prom}</i>	17,08

Tabla 72 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de la Arena Mal Gradada

Fuente: Autores

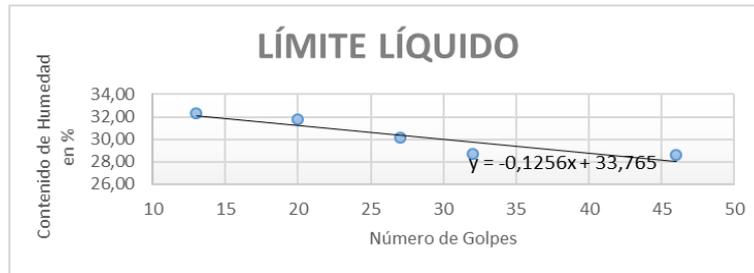


Ilustración 55 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 15% de la Arena Mal Gradada

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	17,08	LP	22,00
LL	30,63	LL	39,00
IP	13,54	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %		20,34	
Diferencia numérica (IP)		3,46	

Tabla 73 Comparaciones del IP con la dosificación del 15% de la Arena Mal Gradada

Fuente: Autores

6.4. DOSIFICACIÓN: 20%

6.4.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
Tipo de material :	Grava arcillosa color café claro + 20% de arena fina	Fecha:	04/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
416	12	23,8	22,1	16	1,7	6,1	27,87
417	19	24,1	22,3	15,6	1,8	6,7	26,87
418	27	22,5	21,1	15,6	1,4	5,5	25,45
419	34	22,4	21,1	15,8	1,3	5,3	24,53
420	44	24,5	22,8	15,6	1,7	7,2	23,61
LÍMITE PLÁSTICO							
421		20,3	19,6	15,4	0,7	4,2	16,67
422		20,9	20,1	15,6	0,8	4,5	17,78
						<i>LP_{prom}</i>	17,22

Tabla 74 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 20% de la Arena Mal Gradada

Fuente: Autores

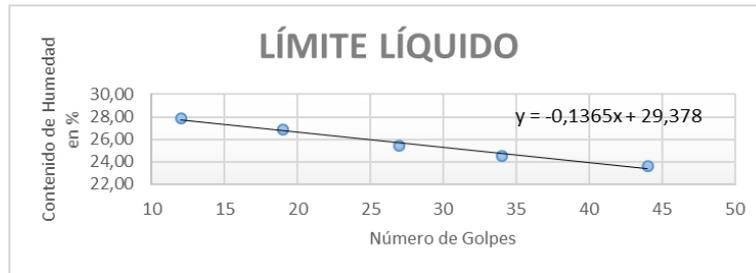


Ilustración 56 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 20% de la Arena Mal Gradada

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	17,22	LP	22,00
LL	25,97	LL	39,00
IP	8,74	IP	17,00

Reducción del IP inicial en %	48,57
Diferencia numérica (IP)	8,26

Tabla 75 Comparaciones del IP con la dosificación del 20% de la Arena Mal Gradada

Fuente: Autores

CAPITULO #7:

7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1. CLORURO DE SODIO (15%)

Las arcillas están conformadas por silicatos de aluminio hidratados que poseen carga negativa, y al momento de reaccionar con los agentes estabilizadores, cuya carga es positiva, establecen una reacción en la cual proporciona mayor atracción entre sus partículas teniendo como efecto la reducción del Límite Líquido, Límite Plástico y por consiguiente el Índice de Plasticidad, además de que disminuye la humedad óptima de compactación del suelo y por lo tanto aumenta su densidad máxima seca del suelo.

7.1.1. LÍMITES DE ATTERBERG

RESUMEN DE RESULTADOS CLORURO DE SODIO			
%	LL	LP	IP
0	39.00	22.00	17.00
1	34.06	19.02	15.04
5	31.48	18.34	13.14
10	29.12	17.84	11.27
15	24.10	16.78	7.32
20	24.35	16.50	7.85
25	24.96	16.23	8.72
30	26.34	16.00	10.34

Tabla 76 Resultados de los ensayos de los Límites de Atterberg usando varias dosificaciones de Cloruro de Sodio.

Fuente: Autores

En base a los resultados adquiridos a través de los ensayos, se pueden manifestar dos comportamientos diferentes en los Límites de Atterberg.

Límite Líquido

En primer lugar, a medida que aumenta el porcentaje del cloruro de sodio, el límite líquido empieza a disminuir hasta que llega a la dosificación óptima (15%). A partir de ese punto, el valor tiende a subir ligeramente. Este comportamiento podría indicar que el Límite Líquido nuevamente podría

incrementar, pero el imperceptible aumento no es razón suficiente para señalar esto como un hecho.

Es por esta razón, que se hizo otro ensayo con el 30% del agente para verificar si hay una tendencia al aumento del LL, o simplemente el valor tiende a coger una constante a partir de la dosificación óptima.

Alumnos:	Bárbara Larrea O.	Muestra :	1
	Juan Carlos Rivas C.		
Obra :	Tesis UCSG B-2018	Temp. Ambiente :	23 °C
Solicita :	Ing. Daniel De La Pared Condo		
Fuente de material :	Sistema 3 Flor de Bastión		
	Grava arcillosa color café claro + 30%		
	de cloruro de sodio	Fecha:	19/12/2018

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D2487)							
Recipiente No.	Número de golpes	Masa del recip. + suelo húmedo	Masa del recipiente + suelo seco	Masa del recipiente	Masa del agua	Masa del suelo seco	Contenido de agua W
		gr	gr	gr	gr	gr	%
LÍMITE LÍQUIDO							
339	13	19	17,0	10	2	7	28,57
340	20	20,3	18,1	9,9	2,25	8,15	27,61
341	27	20	18,1	10,9	1,9	7,2	26,39
342	34	21,5	19,3	10	2,25	9,25	24,32
343	45	18,4	16,9	10	1,5	6,9	21,74
LÍMITE PLÁSTICO							
344		14,3	13,8	10,1	0,55	3,65	15,07
345		13,6	13,1	9,8	0,55	3,25	16,92
						L_{prom}	16,00

Tabla 77 Resultados obtenidos de los Límites de Atterberg + 30% de Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

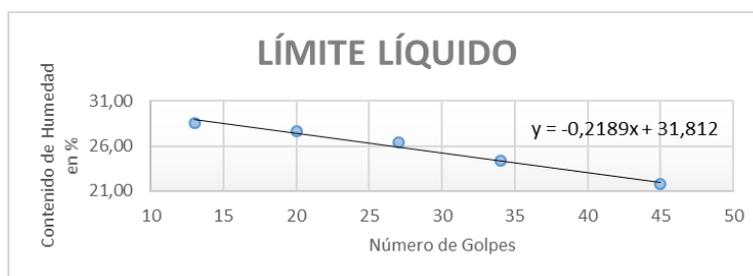


Ilustración 57 Gráfico del Límite Líquido para la dosificación del 30% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

Datos Obtenidos		Datos Iniciales	
Número de Golpes	25	Número de Golpes	25
LP	16,00	LP	22,00
LL	26,34	LL	39,00
IP	10,34	IP	17,00
Reducción del IP inicial en %		39,15	
Diferencia numérica (IP)		6,66	

Tabla 78 Comparaciones del IP con la dosificación del 30% del Cloruro de Sodio

Fuente: Autores

Por lo tanto, las variaciones de los Límites Líquidos con respecto al porcentaje del agente estabilizador se demuestran en los siguientes gráficos adjuntos:

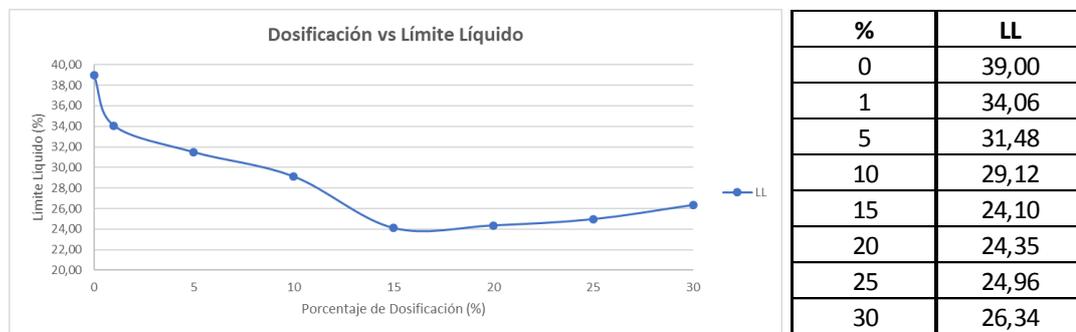


Ilustración 58 Gráfica de Dosificación del NaCl(%) vs Límite Líquido (LL)

Fuente: Autores

A lo largo del gráfico resultante del Límite Líquido vs Porcentaje de Dosificación, se puede demostrar que al principio se tiene una reducción drástica con el 1% de dosificación y esta misma se presenta cuando se llega al porcentaje óptimo del agente estabilizador (15%). A partir de este punto, el límite líquido se va incrementando de poco a poco, hasta que con el porcentaje de 25% ya hay un cambio poco significativo, mientras que el 30%, presenta un resultado más notorio.

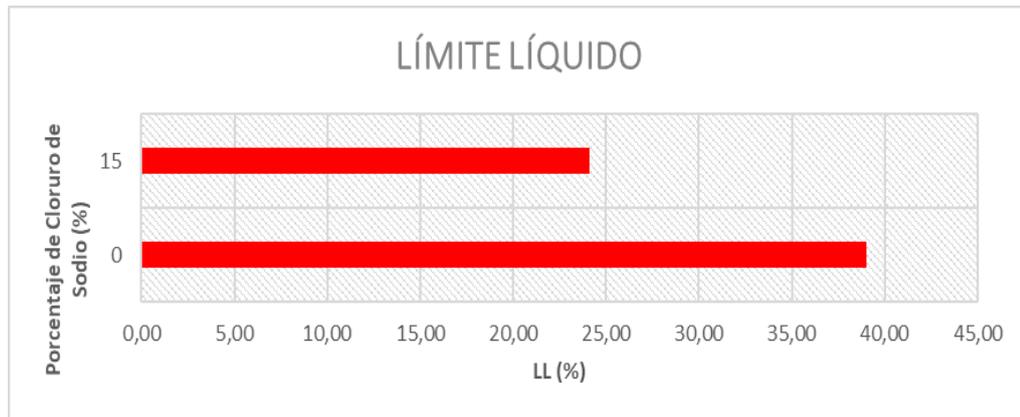


Ilustración 59 Comparación del LL entre el suelo patrón y el 15% del NaCl

Fuente: Autores

Con la dosificación óptima (15% del cloruro de sodio), del 39% que indicaba el Límite Líquido del suelo patrón se alcanzó un 24.10%. Es decir, se llegó a una reducción del 38.21%.

Límite Plástico

El comportamiento del límite plástico es diferente al límite líquido ya que éste se relaciona de manera inversa al aumento de la dosificación del agente estabilizador.

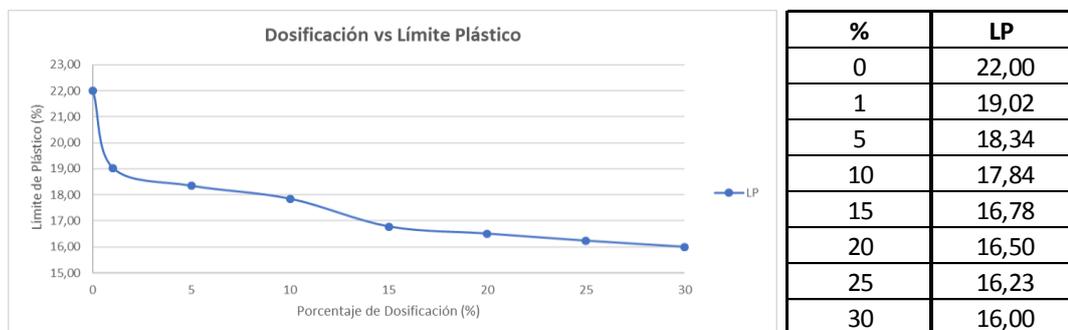


Ilustración 60 Gráfica de Dosificación del NaCl (%) vs Límite Plástico (LP)

Fuente: Autores

Los decrementos que tiene la curva, a la dosificación del 1% se tiene una reducción brusca, pero conforme se va aumentando el porcentaje del cloruro de sodio, los puntos configuran una pendiente negativa casi perfecta. Ya poco después del porcentaje óptimo, los cambios son casi imperceptibles por lo tanto al final de las dosificaciones, se tiene un comportamiento constante

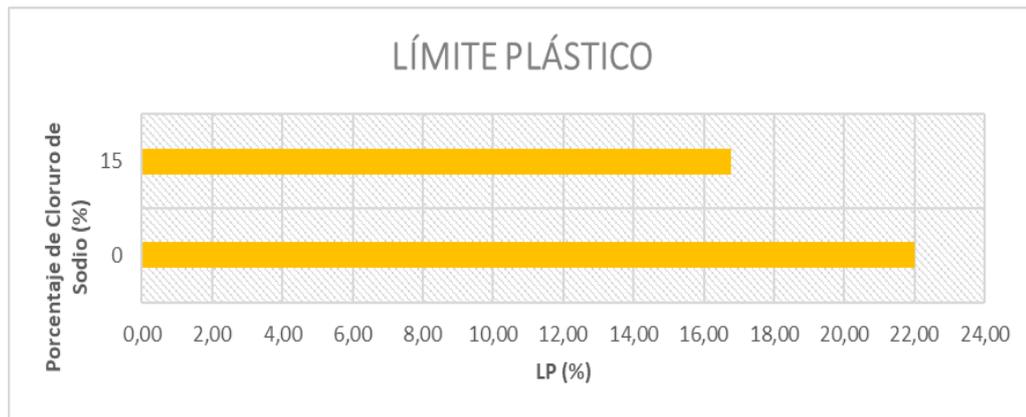


Ilustración 61 Comparación del LP entre el suelo patrón y el 15% del NaCl

Fuente: Autores

Con la dosificación óptima, el Límite Plástico del suelo patrón dio un 22%, mientras que con el 15% del cloruro de sodio se llegó a un 16,78%. Es decir, se obtuvo una reducción del 23.73%.

Índice de Plasticidad

Como se mencionó anteriormente, el Índice de Plasticidad está influenciado tanto por el comportamiento del Límite Líquido como el Límite Plástico.

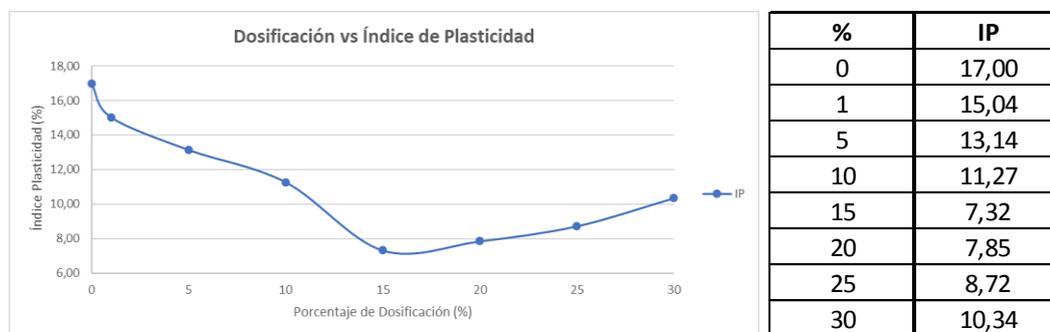


Ilustración 62 Gráfica de Dosificación del NaCl (%) vs Índice de Plasticidad (IP)

Fuente: Autores

Se puede apreciar, la configuración que demuestra la curva del Índice de Plasticidad vs Porcentaje de Dosificación se asemeja a la que se obtuvo para el Límite Líquido vs Porcentaje de Dosificación. Es importante conocer el comportamiento del Índice de Plasticidad, ya que a través de éste se conoce que el máximo valor al que se redujo el IP fue a un 7,32% y después de ello, el IP vuelve a incrementarse a un 10,34%.

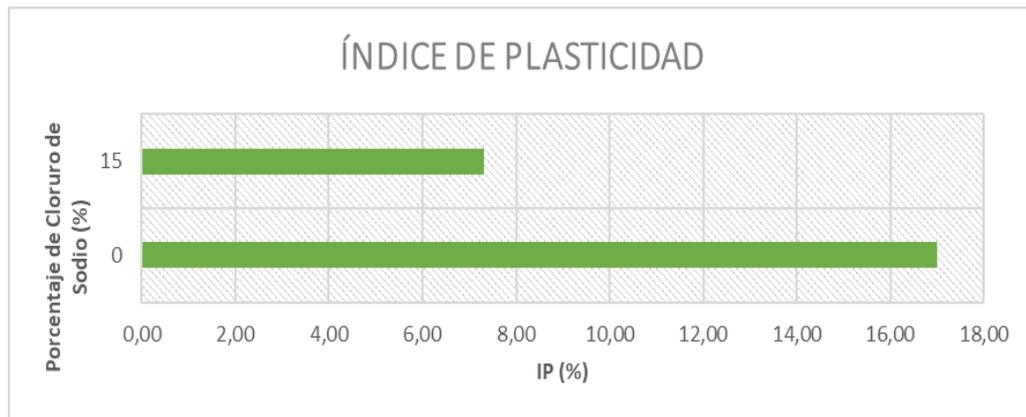


Ilustración 63 Comparación del IP entre el suelo patrón y el 15% del NaCl

Fuente: Autores

Con la dosificación óptima, el Índice de Plasticidad del suelo patrón dio un 17%, mientras que con el 15% del cloruro de sodio se llegó a un 7,32%. Es decir, se obtuvo una reducción del 56,92%

7.1.2. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

Si bien es cierto, el objetivo principal de este trabajo es la estabilización por humedad, es decir, reducir los Límites de Atterberg con el fin de que el Límite Líquido y el Índice de Plasticidad cumpla lo que exige la norma para ser utilizada como material de mejoramiento. Con el 15% del cloruro de sodio que corresponde a la dosificación óptima, se puede apreciar una reducción de la humedad óptima y un aumento de la densidad máxima seca.

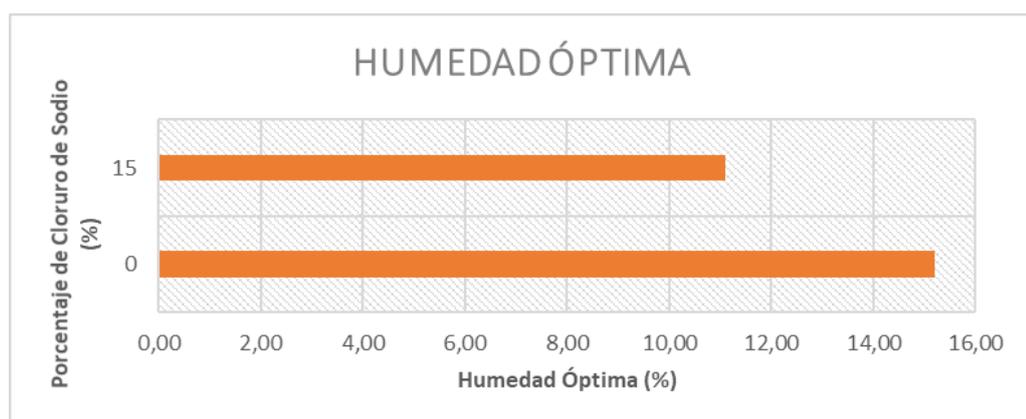


Ilustración 64 Comparación de la Humedad Óptima entre el suelo patrón y el 15% del NaCl

Fuente: Autores

Con respecto a la humedad óptima inicial (suelo patrón) se tiene 15,20%, pero con la implementación del agente estabilizador se redujo a un 11,10% que corresponde a un decremento del 27%.

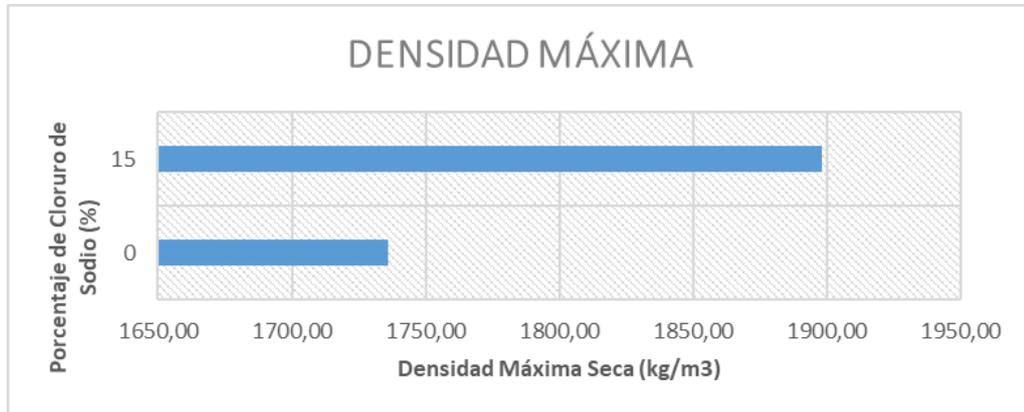


Ilustración 65 Comparación de la Densidad Máxima Seca entre el suelo patrón y el 15% del NaCl

Fuente: Autores

La densidad máxima seca resultante del suelo patrón es de 1736 kg/m³, pero con la adición del 15% del cloruro de sodio, la densidad máxima seca aumentó a 1898 kg/m³, obteniendo un incremento del 9,33%.

7.1.3. ENSAYO C.B.R

Ensayo C.B.R, el comportamiento del suelo patrón (GC) con la el 15% de Cloruro de Sodio se comporta de la siguiente manera:

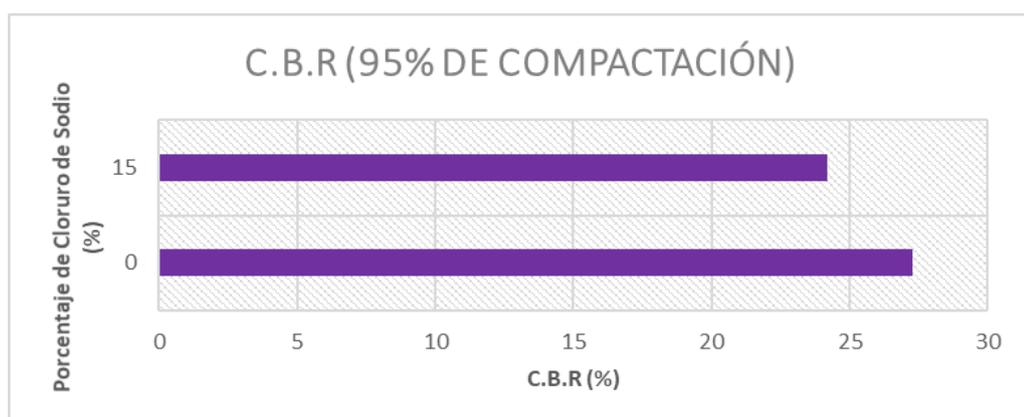


Ilustración 66 Comparación del % C.B.R entre el suelo patrón y el 15% del NaCl

Fuente: Autores

Con la combinación de este agente estabilizador, se obtuvo valores que han disminuido ligeramente con respecto al suelo patrón, de un 27.27 kg/m³ baja a 24.20 kg/m³, lo que representa una pérdida del 11.26%. Esta poca diferencia no se la considerará, sino que el porcentaje del C.B.R tiende a mantenerse constante.

Parámetros	Unidades	Suelo Patrón	15% de Cloruro de Sodio	
Hinchamiento				
	56	%	0,62	0,22
	25	%	0,74	0,3
	10	%	1,18	0,5
				-64,52%
				-59,46%
				-57,63%

Tabla 79 Comparación de los Hinchamientos entre el suelo patrón y el 15% del NaCl

Fuente: Autores

Con respecto a los hinchamientos, presentaron valores favorables ya que son menores a comparación del suelo patrón.

7.1.4. ENSAYO PH

PH DE SUELO (ASTM D4972-18)		
	%	PH
	0	8.35
NaCl	15	6.26

Tabla 80 Resultados obtenidos del ensayo del pH con el 15% del NaCl

Fuente: Autores

Con la adición del 15% de Cloruro de Sodio, se puede observar que el suelo pasó de ser alcalino a ser un suelo ácido al tener un potencial de hidrógeno menor a 7.

7.2. CLORURO DE CALCIO (20%)

7.2.1. LÍMITES DE ATTERBERG

Al igual que los ensayos con el Cloruro de Sodio (NaCl), se le realizó varias dosificaciones del Cloruro de Calcio al suelo con el objetivo de bajar el Índice

de Plasticidad para poder considerarlo como un material de mejoramiento según MTOP.

RESUMEN DE RESULTADOS CLORURO DE CALCIO			
%	LL	LP	IP
0	39.00	22.00	17.00
1	35.25	22.10	13.15
5	29.56	17.13	12.42
10	27.09	15.84	11.25
15	25.93	15.45	10.48
20	23.77	15.28	8.48
25	20.83	15.25	5.58

Tabla 81 Resultados de los ensayos de los Límites de Atterberg usando varias dosificaciones de Cloruro de Calcio

Fuente: Autores

Límite de Líquido

Tras las diferentes dosificaciones del agente estabilizador (CaCl_2), hay una reducción del Límite Líquido, tal como se muestra en la gráfica.

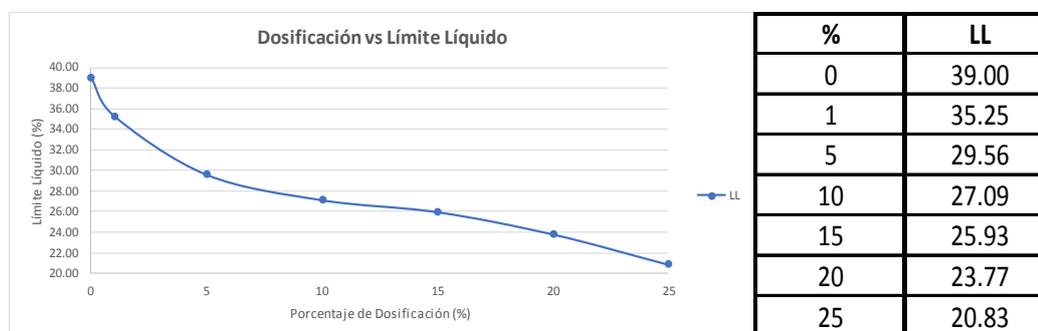


Ilustración 67 Gráfica de Dosificación del CaCl_2 (%) vs Límite Líquido (LL)

Fuente: Autores

Se puede apreciar, que la configuración de la curva de la Gráfica de Dosificación (%) vs Límite de Líquido (LL) toma desde la primera dosificación una reducción de manera moderada incluso pasando por el porcentaje óptimo (20%).

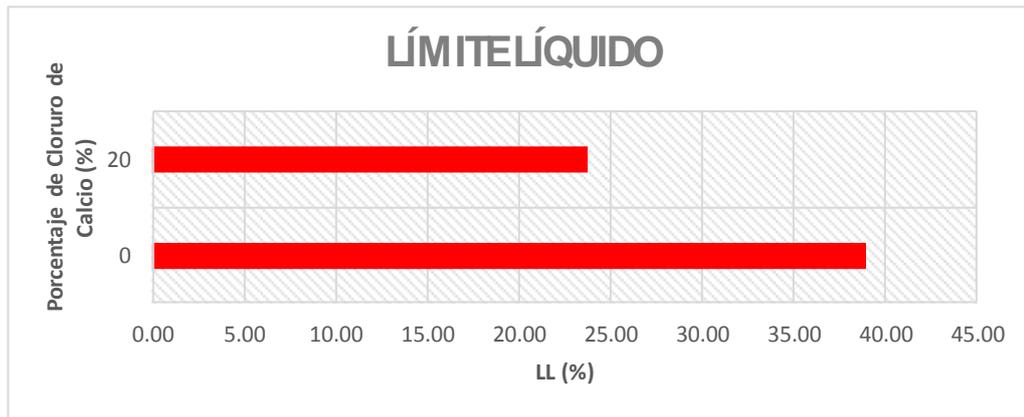


Ilustración 68 Comparación del LL entre el suelo patrón y el 20% de CaCl_2

Fuente: Autores

Con la dosificación óptima (20% Cloruro de Calcio), del 39% que indicaba el Límite Líquido del suelo patrón reduce a un 23.77%, es decir hay una reducción de un 39.05% que se vuelve apto para material de mejoramiento según MTOP.

Límite de Plástico

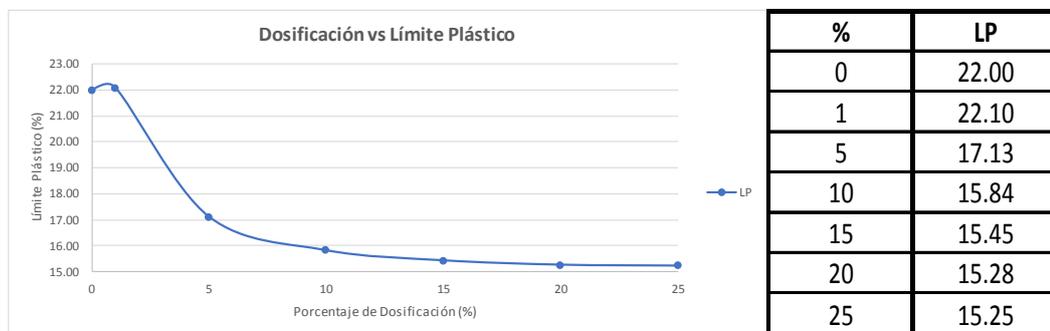


Ilustración 69 Gráfica de Dosificación del CaCl_2 (%) vs Límite Plástico (LP)

Fuente: Autores

Como se ve en la gráfica del Límite Plástico vs Porcentaje de Dosificación, se demuestra que con el porcentaje del 1% no hay reducción alguna en el LP, sino que a partir del 5% toma una curva decreciente moderada donde ahí se vuelve una línea constante.

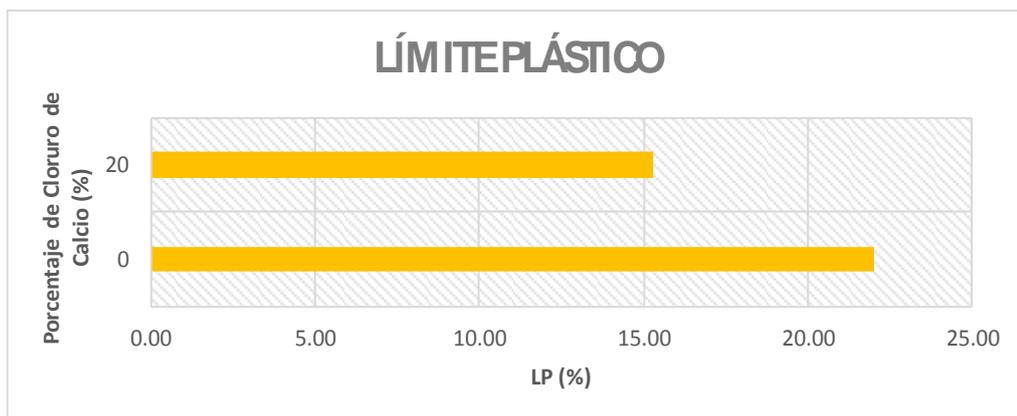


Ilustración 70 Comparación del LL entre el suelo patrón y el 20% del CaCl₂

Fuente: Autores

Con la dosificación óptima (20% Cloruro de Calcio), del 22% que indicaba el Límite Líquido del suelo patrón reduce a un 15.28%, es decir hay una reducción de un 30.55%

Índice de Plasticidad

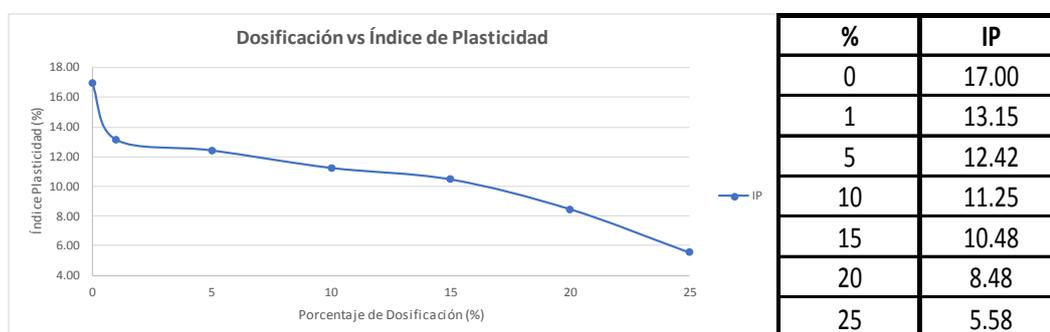


Ilustración 71 Gráfica de Dosificación del CaCl₂ (%) vs Índice de Plasticidad (IP)

Fuente: Autores

Como el índice de plasticidad es el resultado del comportamiento entre límite de líquido y el límite Plástico, la curva que se representa en la gráfica toma una trayectoria de forma decreciente, pero en el 1% toma una reducción muy drástica. A partir de ese se presenta ligeras reducciones del Índice de Plasticidad a medida que se va aumentando la dosificación del agente. Con la adición de la porcentaje óptimo de CaCl₂ (20%) dio un IP de 8.48% ,

teniendo como referencia de que el IP del suelo patrón era del 17% hubo una reducción del 50.12%.

7.2.2. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

Ensayo Proctor modificado, el comportamiento del suelo patrón (GC) con la dosificación óptima de Cloruro de Calcio (CaCl_2) del 20%, se comporta de la siguiente manera.

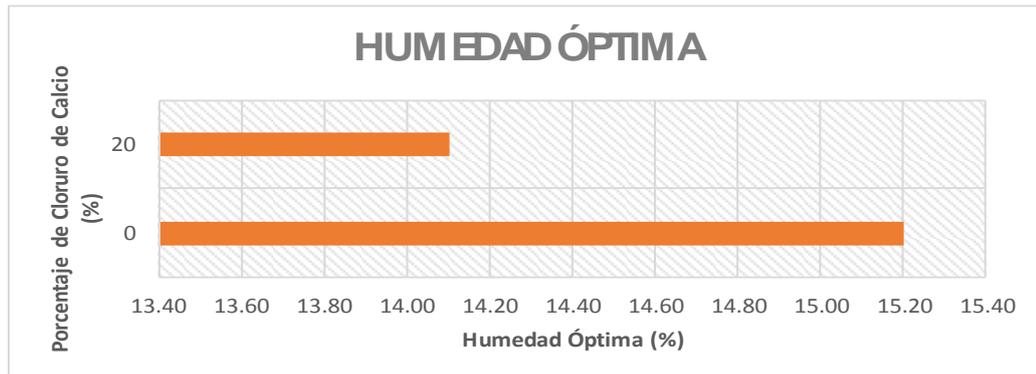


Ilustración 72 Comparación de la Humedad Óptima entre el suelo patrón y el 20% del CaCl_2

Fuente: Autores

La humedad inicial del suelo patrón fue de 15.20% pero con la adicción (20%) del CaCl_2 se redujo a 14.10%, que corresponde a una reducción del 7.24%

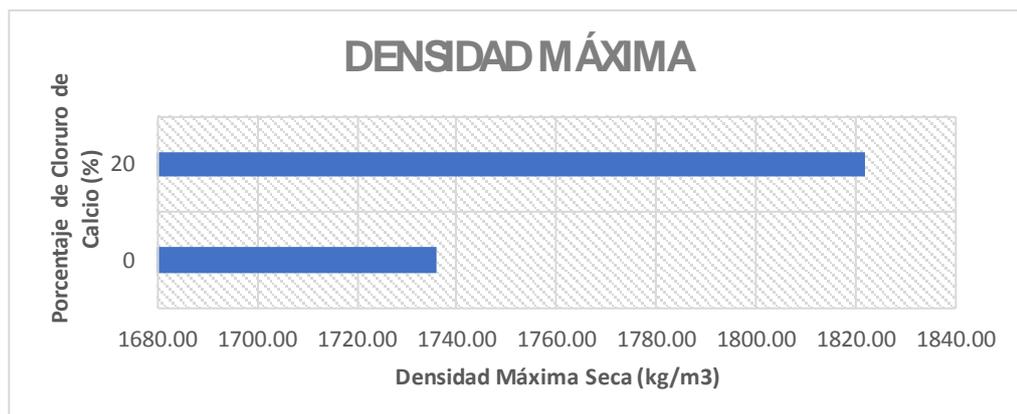


Ilustración 73 Comparación de la Densidad Máxima Seca entre el suelo patrón y el 20% de CaCl_2

Fuente: Autores

La densidad máxima seca del suelo patrón es de 1736 (Kg/m³) pero con la dosificación (20%) de CaCl₂, ha tenido un aumento de 4.95%, teniendo una densidad máxima seca de 1822 Kg/m³.

7.2.3. ENSAYO C.B.R

Ensayo C.B.R, el comportamiento del suelo patrón (GC) con la el 20% de Cloruro de Calcio se comporta de la siguiente manera:

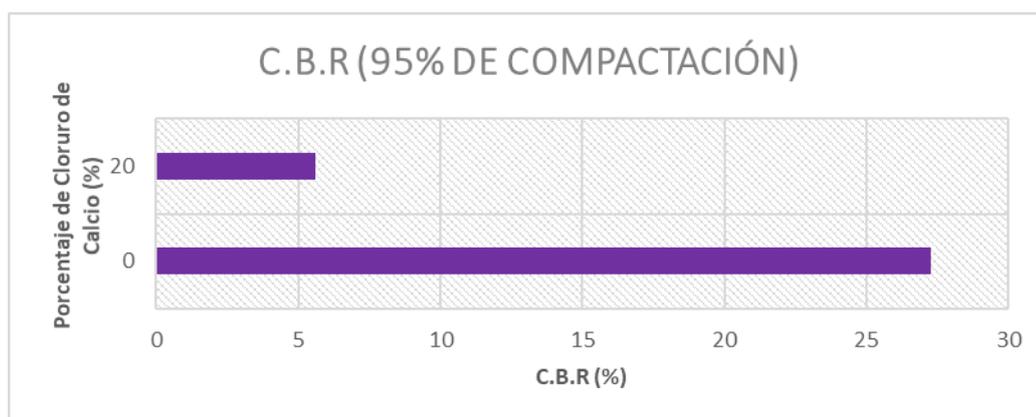


Ilustración 74 Comparación del % C.B.R entre el suelo patrón y el 20% del CaCl₂

Fuente: Autores

Con la combinación de este agente estabilizador, se obtuvo valores críticos con respecto al suelo patrón, de un 27.27 kg/m³ baja a 5.58 kg/m³, lo que representa una pérdida del 79.54%. Desde este punto de vista, dichos resultados no cumplen con el porcentaje mínimo de CBR que pide la Norma MTOP (2012)

Parámetros	Unidades	Suelo Patrón	20% de Cloruro de Calcio	
Hinchamiento				
56	%	0,62	1,3	109,68%
25	%	0,74	1,4	89,19%
10	%	1,18	1,46	23,73%

Tabla 82 Comparación de los Hinchamientos entre el suelo patrón y el 20% del CaCl₂

Fuente: Autores

Debido al pobre porcentaje de C.B.R resultante de la mezcla con la dosificación óptima del CaCl_2 , generaron hinchamientos no favorables para la puesta en un pavimento.

7.2.4. ENSAYO PH

PH DE SUELO (ASTM D4972-18)		
	%	PH
	0	8.35
CaCl_2	20	6.71

Tabla 83 Resultados obtenidos del ensayo del pH con el 20% del CaCl_2

Fuente: Autores

Con la adición del 20% de Cloruro de Calcio, al igual que el otro agente estabilizador, convierte al suelo patrón en un material ácido.

7.3. COMPARACIÓN

7.3.1. LÍMITES DE ATTERBERG

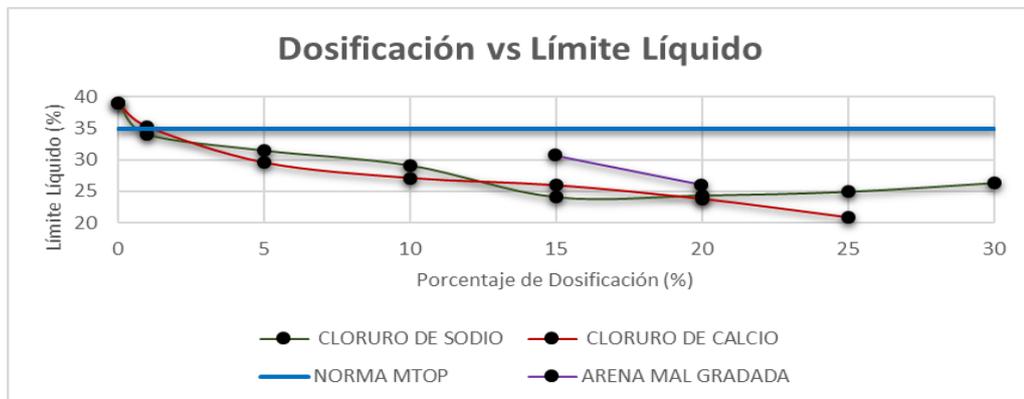


Ilustración 75 Resumen de los resultados del Límite Líquido.

Fuente: Autores

Con respecto a la gráfica mostrada, se observa que a partir de la dosificación (1%), solo el Cloruro de Sodio se encuentran por encima del valor que exige la norma MTOP.

El que presenta un mejor desempeño dentro de las 3 primeras dosificaciones es el Cloruro de Calcio ya que su curva se encuentra por debajo de las otras mezclas. Dentro del rango de las “dosificaciones

óptimas” el Cloruro de Sodio presenta valores más convenientes a pesar de que si hay un exceso en los porcentajes de este agente, los valores del LL vuelven aumentar, por tal motivo es importante determinar la dosificación óptima en este tipo de suelo.

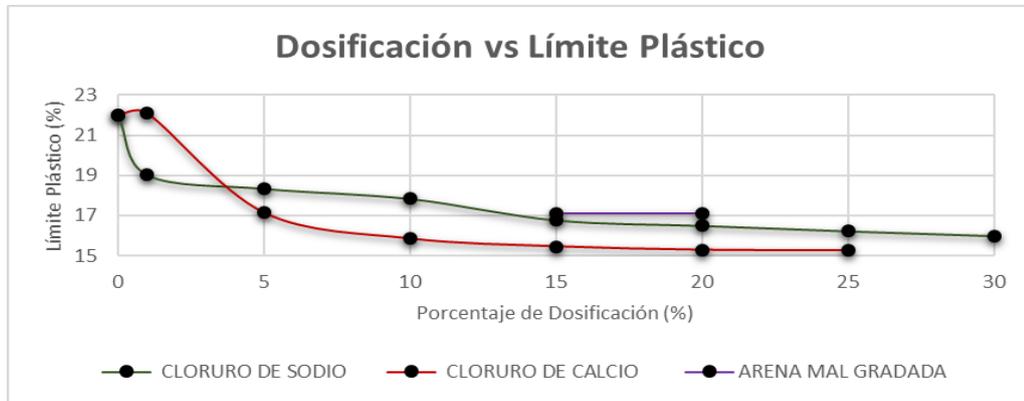


Ilustración 76 Resumen de los resultados del Límite Plástico.

Fuente: Autores

El comportamiento de las curvas, ya sea con el NaCl, o CaCl₂, al inicio tiene un decremento significativo, pero a medida que se va aumentando el porcentaje de dosificación (desde el 15%), su comportamiento se torna constante, lo mismo sucede con la mezcla con la Arena (SP). Desde un punto vista objetivo, el mejor desempeño que provee es la curva del Arena ya que se encuentran por encima a lo largo de todas dosificaciones.

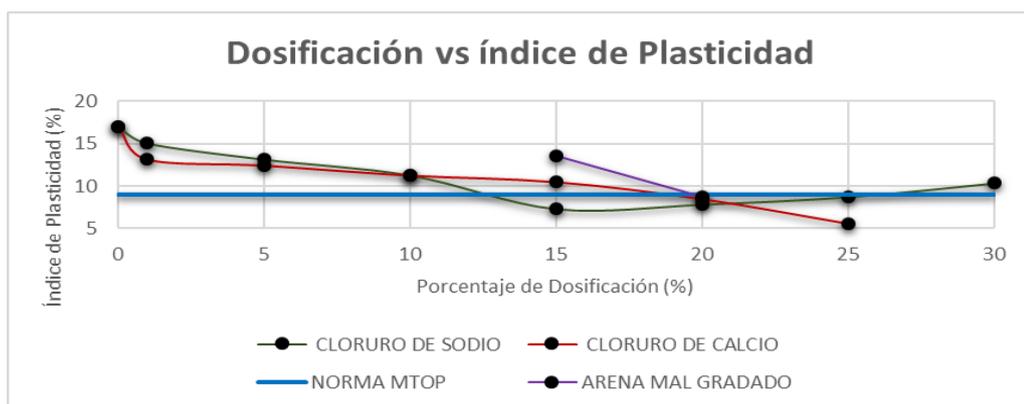


Ilustración 77 Resumen de los resultados del Índice de Plasticidad

Fuente: Autores

El primero en tener un valor que cumpla con la norma es el NaCl con un 15% mientras que, con el CaCl₂ y la arena, recién logran cumplir usando el 20% de dosificación.

Como se puede demostrar en la gráfica, el cloruro de sodio a lo largo de sus primeras dosificaciones, los valores de IP bajan, pero hasta un cierto punto (15%). En este mismo comportamiento se puede observar que hay una tendencia a ser constante entre los rangos (15-20%), donde arroja valores alrededor de un IP (7-8).

7.3.2. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

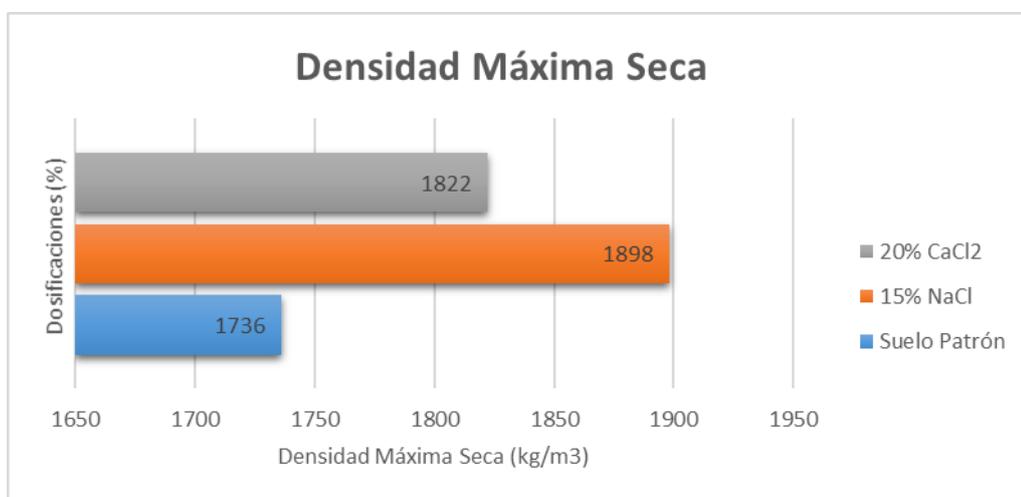


Ilustración 78 Resumen de los resultados de la Densidad Máxima Seca

Fuente: Autores

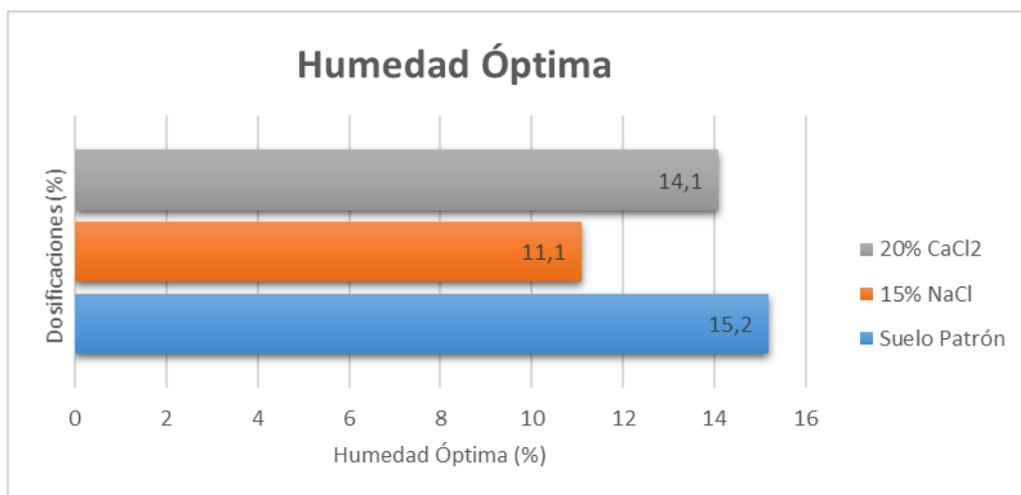


Ilustración 79 Resumen de los resultados de la Humedad Óptima

Fuente: Autores

CAPITULO #8:

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Las siguientes conclusiones y recomendaciones sólo se apoyarán en base a los resultados obtenidos. Para su aplicación, será necesario la realización de más ensayos que certifiquen su buen desempeño.

8.1. CONCLUSIONES

- El suelo tratado bajo esta investigación se denominó como un material granular {SUCS [Grava arcillosa (GC)]; AASHTO [A2-6(4)]} del cual va a ser utilizado para mejoramiento donde debe cumplir con las exigencias que dictaminan el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO,212).
- Tras examinar las propiedades físico-mecánicas del suelo patrón, se llega a la conclusión que los límites resultantes sobrepasaban del valor máximo requerido por la norma; estos son Límite Líquido ($39 > 35$) y el Índice de Plasticidad ($17 > 9$), esto se debe a que el material se comporta como un suelo arcilloso por el alto contenido de finos (18.14%) que si bien es cierto cumple con la norma al ser $< 20\%$.
- La finalidad del trabajo de investigación se enfoca en el estudio de la plasticidad del suelo en la cual se basa en un intercambio físico-químico a través de la reacción de las moléculas de arcilla cuya carga es negativa con los agentes estabilizadores (sales) con carga positiva, la concentración de los cationes y su valencia. Esta unión permite un balance entre los cationes y los aniones reduciendo significativamente el espesor de la doble capa difusa encargada de la plasticidad del suelo.

CLORURO DE SODIO

- En base a los resultados obtenidos se aprecia que la dosificación correspondiente al 15% se lo considerará como el óptimo ya que

reduce el Límite Líquido de un 39% (perteneciente al suelo patrón) a un **24.10%** implementando este agente. Así mismo, el Índice de Plasticidad reduce de un 17% (suelo patrón) a un **7.32%**, valores que se los considera permitidos en el MTOP. Por otra parte, se puede evaluar que la relación del Límite de Líquido y del Índice de Plasticidad es directamente proporcional al aumento de dosificación luego del % óptimo, esto se debe a las propiedades de la sal. La mezcla llega a un punto en el que la concentración de cationes que experimenta con la arcilla provoca una repulsión entre las partículas incrementando nuevamente su plasticidad.

- Se ha observado que al combinar el suelo patrón con el cloruro de sodio estas liberan sílice y alúmina que genera una mezcla cementante lo que proporciona una mejora en las propiedades funcionales del suelo y que presenta un ligero decremento (se considera que se mantiene) en la capacidad de soporte del mismo; la humedad óptima de compactación tiene una reducción de 27% que significa una diferenciación desde un 15.20% a **11.10%**. En cambio, la densidad máxima seca (1736 kg/m³) experimentó un incremento del 9.33%, correspondiente a **1898 kg/m³** y el porcentaje del CBR baja de un 27,27% a un **24.20%** al 95% de compactación que representa una reducción poco significativa del **11.26%**

CLORURO DE CALCIO

- Gracias a la combinación del suelo patrón con el cloruro de calcio, se obtuvieron resultados similares al cloruro de sodio a pesar de mostrar inicialmente cambios mucho más bruscos en la reducción tanto del Límite Líquido y el índice de Plasticidad, esto se debe a que el CaCl₂ presenta una valencia mayor al otro agente estabilizador (NaCl)
- Tras los ensayos realizados con este agente, se ha establecido como porcentaje óptimo al 20% la cual da como resultado en el Límite Líquido una reducción del 39.05% que comprende una variación de

39% a **23.77%**. Del mismo modo, se tiene un decremento del Índice Plasticidad de un 17% a un **8.48%** que significa la pérdida del 50.12%. El valor resultante con el porcentaje óptimo del agente estabilizador no permite un factor de seguridad con respecto a lo indicado en la norma. Tampoco se pudo elegir un mayor porcentaje de dosificación ya que la mezcla se torna menos trabajable al tomar una textura lodosa. A lo largo de todas las dosificaciones, el comportamiento del Límite Líquido o del índice de Plasticidad presenta una trayectoria de forma decreciente.

- Si bien es cierto, la combinación del cloruro de calcio con el suelo patrón mejora el comportamiento plástico del suelo, pero no aporta en la capacidad de soporte. Con los ensayos obtenidos del Proctor, se pudo dar cuenta que no genera ninguna reducción significativa en la Humedad Óptima (**14.10%**), de la misma forma la Densidad Seca Máxima no presenta una variación considerable (**1822 kg/m³**) pero si hay un incremento en la Humedad Inicial de la mezcla (**12.35%**). En cuanto al CBR se experimentó un descenso crítico desde el 27,27% a un **5.58%** al 95% de compactación que representa una caída del **79.54%**. El motivo de estos resultados se debe gracias al comportamiento que genera el CaCl_2 al interactuar con el medio ambiente por ser una sal deliquescente, es decir agarra la humedad del aire y se disuelve en ella.

COMPARACIÓN

Parámetros	Unidades	Suelo Patrón	15% de Cloruro de Sodio		20% de Cloruro de Calcio		
Límite Líquido (LL)	%	39	24,1	-38,21%	23,77	-39,05%	
Límite Plástico (LP)	%	22	16,78	-23,73%	15,28	-30,55%	
Índice de Plasticidad (IP)	%	17	7,32	-56,94%	8,48	-50,12%	
Humedad Óptima	%	15,2	11,1	-26,97%	14,1	-7,24%	
Densidad Máxima Seca	Kg/m ³	1736	1898	9,33%	1822	4,95%	
Hinchamiento							
	56	%	0,62	0,22	-64,52%	1,3	109,68%
	25	%	0,74	0,3	-59,46%	1,4	89,19%
	10	%	1,18	0,5	-57,63%	1,46	23,73%
C.B.R							
	95% Compactación	%	27,27	24,2	-11,26%	5,58	-79,54%
	100% Compactación	%	34,3	33,04	-3,67%	7,72	-77,49%
pH	-	8,35	6,26	-25,03%	6,71	-19,64%	

Tabla 84 Resumen de los datos obtenidos (Suelo Patrón, NaCl, y CaCl₂)

Fuente: Autores

- Como ya se había mencionado, en base a la reducción de la plasticidad (Límite Líquido e Índice de Plasticidad), el agente estabilizador que tuvo mejores resultados fue el Cloruro de Sodio a pesar de que el Cloruro de Calcio también reduce la plasticidad del suelo, pero el suelo estabilizado pierda propiedades de resistencia, esto se ve reflejado en el porcentaje de CBR e hinchamientos.
- Con respecto a la arena, éste tiene un comportamiento similar al Cloruro de Calcio, utilizando el 15% no logra cumplir con lo que se requiere en el MTOP sino recién al 20% se logra disminuir de manera cercana al límite permitido por lo que genera una desconfianza en su aplicación. Una alternativa no conveniente es aumentar la dosificación de estos agentes ya que implementar más porcentaje de arena prácticamente se estaría cambiando el suelo por su totalidad, en cambio con el Cloruro de Calcio, como se mencionó anteriormente, afecta en los parámetros de resistencia.
- Una de las mejoras del Cloruro de Sodio tiene la propiedad de mantener la humedad en el suelo y reduce la cantidad de agua necesaria para alcanzar la densidad máxima seca. Con el Cloruro de

Calcio, dichos resultados se mantienen semejantes a los del suelo patrón por lo que su implementación no tiene efecto alguno.

- Con respecto a su facilidad de obtención, el Cloruro de Sodio es de fácil comercialización ya que es un producto cuya principal finalidad es de uso doméstico, de lo contrario del Cloruro de Calcio, la adquisición de este agente es más complicada debido a las restricciones que tiene su venta al público al ser producto base en la fabricación de sustancias psicotrópicas. Por tal motivo, se ha visto que hay muchas más obras viales que han optado por usar el Cloruro de Sodio como un agente estabilizador por humedad.
- Tener presente que este trabajo de investigación es destinado a la implementación de vías, el uso de estos agentes altera el potencial de hidrógeno de los suelos, es decir los convierte en material ácidos y son más propensos a producir corrosión, por lo que el uso de metales es restringido, por ejemplo: en la instalación de tuberías metálicas.
- Como ya se había hablado, el Cloruro de Calcio es más higroscópica que el Cloruro de Sodio, por tal motivo es más factible su aplicación en climas más secos mientras que el Cloruro de Sodio se puede emplear en zonas costeras y con poca precipitación,
- Asimismo, con la adición de este agente se puede mitigar los efectos de ahuellamientos, calaminas, polvo en suspensión y desprendimiento del material granular.

8.2. RECOMENDACIONES

CLORURO DE CALCIO

- El uso de este compuesto químico no sería recomendado para ser destinado como agente estabilizador para suelos con características semejantes a las del suelo patrón (IP = 17; LL = 39; Tamiz #200 =

18,14%). A más de ser considerado como producto de “venta controlada”, genera afectaciones negativas en los parámetros de resistencia con respecto al suelo patrón, a pesar de que estabiliza por humedad ($IP < 9$). Esta desestabilización en la resistencia provocada por el uso de este químico ocasiona que el porcentaje de CBR disminuya de tal manera que no cumpla con lo exigido en el MTOP (2012), además de que los porcentajes de hinchamientos se incrementan al implementar este compuesto haciendo que su funcionamiento en obra no sea la adecuada.

CLORURO DE SODIO

- Esta investigación contribuye en la recomendación del uso de este compuesto químico como agente estabilizador por humedad. En primer lugar, es de fácil adquisición, disminuye la plasticidad del suelo, mantiene el C.B.R (solo varía en 1%) y aumenta la densidad significativamente.
- A pesar de las ventajas que proporciona este material, su aplicación se encuentra limitada para vías terciarias con bajas cargas de tránsito vehicular y en zonas de poca precipitación, además de que se recomienda verificar las elevaciones del proyecto respecto a los niveles de inundación para así evitar el efecto de lavado del material por precipitación o flujos de agua.
- Como una medida de control luego de su aplicación, se aconseja definir un programa de mantenimiento periódico especialmente en épocas de lluvia.

CAPITULO #9

9. BIBLIOGRAFÍA:

- AASHTO. (2004). *M145-91 Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction purpose*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ASTM . (2006). *ASTM D422-63 Standard Test Method For Particle-Size Analysis of Soil*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2004). *C40-04 Standard Test Method for Organic Impurities infine Agregate for Concrete*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2007). *D4318-00 Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index od Soils*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2010). *D2216-10 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2011). *D2487-11 Standard Practice for Classification of Soil for Engeneering Purpose (Unified Soil Classification System)*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2012). *D1557 -12 Standard Test Methods For Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2014). *D1883-14 Standard Test Method For California Bearing Ratio (CBR) od Laboraty-Compacted Soils*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2018). *D4972-18 Standard Test Methods for pH of Soils*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.

- Benítez, S., Álvarez, V., & Vera, X. M. (2005). *Investigación y estudio del comportamiento dinámico del subsuelo y microzonificación sísmica de la ciudad de Guayaquil. ESTUDIO GEOLÓGICO*. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Cedeño, P. D. (2018). *Análisis Comparativo de Base Estabilizada con Cemento Holcim Fuerte Tipo GU y Holcim Base Vial Tipo MH para Implementar en Vías*. Guayaquil: U.C.S.G.
- Díaz, M. L. (2010). *Análisis Compartativo para Ejecución de Estabilización de Suelos, entre Procesos Tradicionales y el Estabilizador de Suelos SOILTAC*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Diccionario Geotécnia*. (s.f.). Obtenido de Carta de Plasticidad de Casagrande: <https://diccionario.geotecnia.online/palabra/carta-de-plasticidad-de-casagrande/>
- Dokumen*. (08 de Noviembre de 2015). Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/clasificacion-de-suelos-aashto.html>
- Elizondo Arrieta , F., & Sibaja Obando, D. (2008). *Guía para la Estabilización o Mejoramiento de Rutas No Pavimentadas*. San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.
- FAO. (s.f.). Obtenido de Textura del suelo: http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm
- Garnica Anguas, P., Pérez Salazar, A., Gómez López, J. A., & Obil Veiza, E. Y. (2002). *Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio para su Uso en las Vías Terrestres*. Chihuahua: Instituto Mexicano de Transporte .
- Geotécnia* . (s.f.). Obtenido de Límites de Atterberg. Definición e Interpretación: <http://geotecniafacil.com/limites-de-atterberg/>
- Iler, I. I. (2016). *Estudio del Comportamiento de un Suelo Arcilloso Estabilizado por dos Métodos Químicos (Cal y Cloruro de Sodio)*. AMBATO: Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniería Civil. (DICIEMBRE de 2010). Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/12/origen-del-suelo-y-ciclo-de-la-roca.html>

Lambe, T. (1997). *Mecánico de Suelos*. México.

Osorio, S. (19 de Noviembre de 2010). *Apuntes de Geotecnia con Énfasis en Laderas*. Obtenido de http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010_11_14_archive.html

Paz, J. R. (2010). *Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio (NaCl) para Bases y Sub-Bases*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Pradena, M. M. (Diciembre de 2010). Estabilización y mantenimiento de caminos no pavimentados sometidos a condiciones de hielo-nieve en zona de montaña. *Revista de la Construcción*, 97 - 107. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2010000200010

Públicas., M. d. (Noviembre de 2011). *Política de Conservación*. . Obtenido de http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/Documents/Políticas/Política_conservacion_vial_caminos_basicos.pdf

Universidad de Jaén. (s.f.). Obtenido de <http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/color.htm>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Larrea Olivero, Bárbara Romina** con C.C: # **(0929025583)** y **Rivas Cajo, Juan Carlos** con C.C: # **(0924157696)** autores del trabajo de titulación: “**Estabilización de suelos arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio**” previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de marzo de 2019

f. _____

Nombre: **Larrea Olivero Bárbara
Romina**

f. _____

Nombre: **Rivas Cajo Juan Carlos**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estabilización de suelos arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio		
AUTORES	Larrea Olivero, Bárbara Romina; Rivas Cajo, Juan Carlos		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. De La Pared Condo, Daniel, MSc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero/a Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 de marzo de 2019	No. PÁGINAS:	138
ÁREAS TEMÁTICAS:	Geotecnia, Ingeniería Vial y Geología		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Plasticidad, Estabilización, Dosificación, ASTM, Cloruro de Calcio, Cloruro de Sodio.		

RESUMEN En el presente trabajo de titulación se enfoca en evaluar y comparar el uso del Cloruro de Calcio y Cloruro de Sodio como posibles agentes estabilizadores que proporcionarán un mejor desempeño al reducir la plasticidad de un suelo arcilloso destinado a usarse como un material de mejoramiento. Así mismo, se analizará su incidencia en la capacidad de soporte del suelo para que éste cumpla con los requerimientos del MTOP (2012). En primer lugar, se definirán las características del suelo a usar (denominado suelo patrón) mediante ensayos de: Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado, C.B.R., Colorimetría y pH. A este suelo se variará su plasticidad utilizando los siguientes porcentajes de agentes: 1%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. Se desea hallar la dosificación óptima para cada uno de los agentes con la cual cumpla con lo que se exige en la norma. A este porcentaje óptimo, se le realizarán ensayos como: Límites de Atterberg, Proctor Modificado, C.B.R y pH para conocer la interacción entre el suelo y los agentes, de tal forma se efectuarán comparaciones entre ellos. Todos los ensayos se regirán bajo normas ASTM.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-42268074 +593-42831206	E-mail: barbara15romina@hotmail.com Juancrivas96@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos	
	Teléfono: +593-4 -2206956	
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	