

	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>		<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES:

NOMBRE: OSCAR ANDRÉS APELLIDOS: GAITÁN PARADA

NOMBRE: EDUARDO APELLIDOS: TOLOZA BAYONA

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRES: CARLOS HUMBERTO APELLIDOS: FLOREZ GONGORA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANALISIS COMPARATIVO PARA ESTABILIZACION DE  
SUELOS ARCILLOSOS USANDO MEZCLAS EN PESO DE CAL CEMENTO Y CENIZAS

VOLANTES

Esta investigación desarrollo una comparación de mezclas en peso usando cal, cemento y cenizas volantes en arcilla que clasifica como expansiva. Las pruebas se hicieron para un tiempo de mezcla de inicial, uno, dos y tres meses para verificar la modificación del comportamiento expansivo sobre material arcilloso correspondiente a la zona occidental de la ciudad de San José de Cúcuta. Se evaluó el valor de los límites de Atterberg y la presión de expansión en el aparato de Lambe de muestras de suelo mezcladas con diferentes porcentajes de aditivos. En los resultados obtenidos del suelo natural se encontró que, los suelos son cohesivos de alta plasticidad (CH), según sus límites Atterberg, su grado de expansión es muy alto, y según el ensayo del aparato de lambe tiene una condición muy crítica. Se encontró que, con adición de diferentes porcentajes de cal en mezclas con el suelo, se obtuvo la mayor reducción de los índices de plasticidad, también estableciéndose una disminución del potencial de expansión entre el 60% y el 80%. Esta condición muestra que las mezclas con cal ofrecen una buena referencia en la búsqueda de estabilización del suelo.

PALABRAS CLAVE: Expansividad, Arcillas, Mezclas, Limites de Atterberg, Presión de expansión.

CARACTERISTICAS: PAGINAS: 322. FIGURAS: 21. TABLAS: 23. ANEXOS:23

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE UN SUELO EXPANSIVO USANDO  
CAL, CEMENTO Y CENIZAS VOLANTES

EDUARDO TOLOZA BAYONA  
OSCAR ANDRES GAITAN PARADA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSE DE CÚCUTA,

2019

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE UN SUELO EXPANSIVO USANDO  
CAL, CEMENTO Y CENIZAS VOLANTES

EDUARDO TOLOZA BAYONA  
OSCAR ANDRES GAITAN PARADA

Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniera Civil

DIRECTOR:

Carlos Humberto Flórez Góngora  
Ingeniero civil, Esp., MSc

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSE DE CUCUTA,

2019

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 19 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 4:00 p. m.

LUGAR: SALA DE JUNTAS VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES - UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

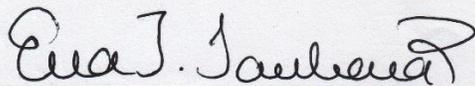
TITULO DE LA TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE UN SUELO  
EXPANSIVO USANDO CAL, CEMENTO Y CENIZAS VOLANTES".

JURADOS: ING. EVA ISABEL LOMBANA PAZ  
ING. ANDREA JOVANNA CACIQUE ARIAS

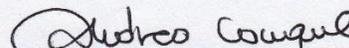
DIRECTOR: INGENIERO CARLOS HUMBERTO FLOREZ GONGORA

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
OSCAR ANDRES GAITAN PARADA	1111326	4,7	CUATRO, SIETE
EDUARDO TOLOZA BAYONA	1111634	4,7	CUATRO, SIETE

# MERITORIA

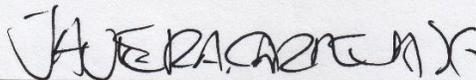


ING. EVA ISABEL LOMBANA PAZ



ING. ANDREA JOVANNA CACIQUE ARIAS

Vo. Bo.



JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ

Coordinador Comité Curricular

Betty M.



Vigilante Educación



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

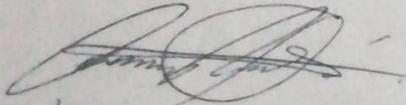
Señores  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS  
Ciudad

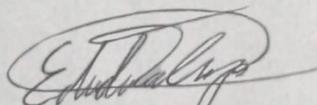
Cordial saludo:

**EDUARDO TOLOZA BAYONA Y OSCAR ANDRES GAITAN PARADA**, identificados con la C.C. N° 1090489165 Y 1090477607 RESPECTIVAMENTE, autores de la tesis y/o trabajo de grado titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE UN SUELO EXPANSIVO USANDO CAL, CEMENTO Y CENIZAS VOLANTES**, presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de Ingeniero civil; autorizamos a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que "**los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores**", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

  
1090477607

  
1090489165

FIRMA Y CEDULA

## **Dedicatoria**

*A mis padres Rosaura Bayona Quintero y Luis Gustavo Toloza Yáñez por el apoyo brindado a lo largo de mi vida y de mi carrera universitaria, y la confianza puesta sobre mí. A mi tía María Esther Bayona Quintero por su cuidado incondicional durante toda mi vida. A mi hermana Keily Daniela Amaris Bayona por cumplir su papel como hermana y ayudarme a mejorar.*

*A mis padres Gladys Teresa Parada Rondon y Oscar Alfonso Gaitan Villalba por estar a mi lado apoyándome a lo largo de mi vida y en cada proyecto que me propongo son los pilares de mi futuro. A mi familia con sus palabras de aliento en los momentos difíciles y en formarme con buena educación para ser alguien con moral.*

## **Agradecimientos**

Los autores del presente proyecto de grado expresan sus agradecimientos:

A nuestros padres por creer en nosotros y ayudarnos a pesar de todos los inconvenientes.

Al M.Sc. Carlos Humberto Flórez Góngora por su correcta guía en la realización del proyecto, por sus enseñanzas en el área de la geotecnia y por ser una excelente persona.

Al ingeniero Oscar Alberto Dallos Luna por su ayuda, y dedicación a lo largo de nuestro proyecto siendo nuestro mentor en la elaboración de los ensayos de laboratorios.

A la Universidad Francisco de Paula Santander por brindarnos los conocimientos para nuestra carrera de ingeniería civil.

Al personal de laboratorios de suelo de ingeniería civil por la colaboración durante la realización de los laboratorios.

## Tabla de contenido

Resumen	17
Introducción	18
1. Descripción del problema	19
1.1. Título	19
1.2. Planteamiento del problema	19
1.3. Formulación del problema	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. General.	19
1.4.2. Específicos	20
1.5. Justificación	20
1.6. Alcances y limitaciones	21
1.6.1. Alcances.	21
1.6.2. Limitaciones.	21
1.7. Delimitaciones	21
1.7.1. Delimitación Espacial.	21
1.7.2. Delimitación Temporal.	22
2. Marco referencial	23
2.1. Antecedentes	23
2.1.1 Antecedentes empíricos.	23
2.1.2. Antecedentes bibliográficos.	24
2.2. Marco teórico	25
2.2.1 El suelo.	25
2.2.2. Clasificación de los suelos.	26
2.2.3. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.	27

2.2.4. Clasificación de la AASHTO.	29
2.2.5. Suelos cohesivos.	31
2.2.6. Definición de arcilla.	32
2.2.7. Origen de las arcillas.	32
2.2.8. La clasificación de las arcillas.	32
2.2.9. Propiedades y características de los suelos expansivos.	33
2.2.10. Caracterización de los suelos expansivos.	34
2.2.11. Mineralogía de las arcillas.	35
2.2.12. Métodos de mejoramiento o estabilización de suelos arcillosos	36
2.2.13. Estabilización de suelos con cal.	40
2.2.14. Estabilización con cemento.	42
2.2.15. Estabilización con cenizas.	43
2.3. Marco conceptual	44
2.4. Marco contextual	49
3. Diseño metodológico	52
3.1. Tipo de investigación	52
3.2. Ensayos de laboratorio	52
3.2.1. Determinación del potencial de cambio volumétrico de un suelo empleando el aparato de lambe (I.N.V.E - 120 - 13).	52
3.2.2. Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo –agregado. (I.N.V. E – 122 - 13).	55
3.2.3. Determinación del límite líquido de los suelos. (I.N.V. E – 125 - 13).	55
3.2.4. Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. (I.N.V. E – 126 - 13).	56
3.2.5. Determinación de los factores de contracción de los suelos (I.N.V. E – 127 -13).	57
3.2.6. Determinación de Suelos Expansivos (I.N.V. E – 132 - 13).	59
3.2.7. Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y de la	

llenante mineral, empleando un picnómetro con agua (I.N.V. E – 128 - 13).	60
3.2.8. Cálculo de la actividad de los suelos.	62
4. Procedimiento general	63
4.1. Descripción del suelo natural.	63
4.2. Ensayos de laboratorios realizados	65
4.3. Caracterización de las muestras tomadas.	66
4.4. Selección del Porcentaje de aditivo para cada muestra.	71
4.4.1. Selección de porcentajes de diferentes aditivos para cada suelo.	81
5. Resultados y discusión	84
5.1. Límites de Atterberg de las mezclas suelo-aditivo a través del tiempo.	84
5.2. Cambio volumétrico potencial de las mezclas suelo-aditivo a través del tiempo.	92
6. Conclusiones y recomendaciones	97
7. Artículo	101
8. Referencias	110
9. Anexos	114

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Sistema unificado; Símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.	27
<b>Tabla 2.</b> Características típicas de suelos según la AASHTO	30
<b>Tabla 3.</b> Alternativa de compactación de la probeta	53
<b>Tabla 4.</b> Laboratorios físicos, y mecánicos para la caracterización del suelo	66
<b>Tabla 5.</b> Caracterización de las muestras de suelo natural.	67
<b>Tabla 6.</b> Caracterización de las muestras seleccionadas de los suelos.	69
<b>Tabla 7.</b> Correlaciones del IP, IC, LL, IEL Y CVP, con el grado de expansión.	70
<b>Tabla 8.</b> Actividad de minerales de arcilla.	70
<b>Tabla 9.</b> Actividad de las arcillas	71
<b>Tabla 10.</b> Grados de expansión del suelo, según los diferentes parámetros geotécnicos.	71
<b>Tabla 11.</b> Resultados de los ensayos de límites de Atterberg en suelos mezcla con cal.	73
<b>Tabla 12.</b> Resultados de los ensayos de límites de Atterberg en suelos mezcla con cemento.	74
<b>Tabla 13.</b> Resultados de los ensayos de límites de Atterberg en suelos mezcla con cenizas volantes.	75
<b>Tabla 14.</b> Resumen de los índices de plasticidad de las muestras estabilizadas con varios porcentajes de aditivo.	76
<b>Tabla 15.</b> Resumen del CVP de las muestras estabilizadas en diferentes porcentajes.	79
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de aditivo seleccionado para cada muestra.	83
<b>Tabla 17.</b> Límites de Atterberg muestra natural y mezclas del suelo A1-M3.	84
<b>Tabla 18.</b> Límites de Atterberg muestra natural y mezclas del suelo A2-M3.	85
<b>Tabla 19.</b> Límites de Atterberg muestra natural y mezclas del suelo A3-M3.	85
<b>Tabla 20.</b> Grado de expansión a partir del IP del suelo natural y las muestras de suelo estabilizado del A1-M3	91

<b>Tabla 21.</b> Grado de expansión a partir del IP del suelo natural y las muestras de suelo estabilizado del A2-M3	91
<b>Tabla 22.</b> Grado de expansión a partir del IP del suelo natural y las muestras de suelo estabilizado del A3-M3	92
<b>Tabla 23.</b> Valores del CVP al límite plástico, a través del tiempo.	93

## Lista de figuras

<i>Figura 1</i> Carta de plasticidad AASHTO. Fuente: Duque & Escobar (2002).	31
<i>Figura 2.</i> Aspectos teóricos y observados de la hidratación - deshidratación de suelos expansivos – contractivos.	34
<i>Figura 3.</i> Ubicación de la Urbanización Cormoranes en la ciudad de San José de Cúcuta.	50
<i>Figura 4.</i> Urbanización Cormoranes.	50
<i>Figura 5.</i> Geolocalización de los apiques realizados en la Urbanización Cormoranes.	51
<i>Figura 6.</i> Índice de hinchamiento vs Cambio de volumen potencial.	54
<i>Figura 7.</i> Cambio de los índices de plasticidad con respecto a los porcentajes de cal.	77
<i>Figura 8.</i> Cambio de los índices de plasticidad con respecto a los porcentajes de cemento.	77
<i>Figura 9.</i> Cambio de los índices de plasticidad con respecto a los porcentajes de cenizas.	78
<i>Figura 10.</i> Comparación del CVP en diferentes porcentajes de cal por muestra.	80
<i>Figura 11.</i> Comparación del CVP en diferentes porcentajes de cemento por muestra.	80
<i>Figura 12.</i> Comparación del CVP en diferentes porcentajes de cenizas volantes por muestra.	81
<i>Figura 13.</i> Cambio del IP de las mezclas con cal a través del tiempo.	86
<i>Figura 14.</i> Cambio del IP de las mezclas con cemento a través del tiempo.	86
<i>Figura 15.</i> Cambio del IP de las mezclas con cenizas volantes a través del tiempo.	87
<i>Figura 16.</i> Cambio de los Limites de Atterberg en la muestra de suelo A1-M3 por aditivo a lo largo del tiempo.	88
<i>Figura 17.</i> Cambio de los Limites de Atterberg en la muestra de suelo A2-M3 por aditivo a lo largo del tiempo.	89
<i>Figura 18.</i> Cambio de los Limites de Atterberg en la muestra de suelo A3-M3 por aditivo a lo largo del tiempo.	90
<i>Figura 19.</i> CVP de las muestras de suelo estabilizadas con cal a través del tiempo.	94

<i>Figura 20.</i> CVP de las muestras de suelo estabilizadas con cemento a través del tiempo.	95
<i>Figura 21.</i> CVP de las muestras de suelo estabilizadas con cenizas a través del tiempo.	96

## Tabla de anexos

<b>Anexo 1</b> Ensayos de laboratorio de clasificación de suelos, suelos naturales.	114
<b>Anexo 2</b> Ensayos de laboratorio de humedad natural, suelo natural.	123
<b>Anexo 3</b> Ensayos de laboratorio de gravedad específica, suelo natural.	126
<b>Anexo 4</b> Ensayos de laboratorio de expansión libre de los suelos, suelo natural.	129
<b>Anexo 5</b> Laboratorios de análisis granulométrico por hidrómetro, suelo natural.	133
<b>Anexo 6</b> Ensayos de laboratorio de límite de contracción, suelo natural.	139
<b>Anexo 7</b> Laboratorios presión de expansión de lambe, suelo natural.	147
<b>Anexo 8</b> Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, suelo natural	158
<b>Anexo 9</b> Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A1-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.	166
<b>Anexo 10</b> Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A2-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.	181
<b>Anexo 11</b> Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A3-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.	196
<b>Anexo 12</b> Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A1-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.	211
<b>Anexo 13</b> Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A2-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.	220
<b>Anexo 14</b> Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A3-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.	229
<b>Anexo 15</b> Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A1-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.	238

<b>Anexo 16</b> Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A2-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.	253
<b>Anexo 17</b> Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A3-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.	268
<b>Anexo 18</b> Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A1-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.	283
<b>Anexo 19</b> Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A2-M3 estabilizada con los aditivos a través del tiempo.	292
<b>Anexo 20</b> Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A3-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.	301
<b>Anexo 21</b> Fotografías de la extracción de muestras en la Urbanización Cormoranes.	310
<b>Anexo 22</b> Fotografías de la preparación de las muestras para realizar los ensayos.	313
<b>Anexo 23</b> Fotografías de la realización de ensayos de laboratorio para el proyecto.	317

## Resumen

Esta investigación desarrollo una comparación de mezclas en peso usando cal, cemento y cenizas volantes en arcilla que clasifica como expansiva.

Las pruebas se hicieron para un tiempo de mezcla de inicial, uno, dos y tres meses para verificar la modificación del comportamiento expansivo sobre material arcilloso correspondiente a la zona occidental de la ciudad de San José de Cúcuta.

Se evaluó el valor de los límites de Atterberg y la presión de expansión en el aparato de Lambe de muestras de suelo mezcladas con diferentes porcentajes de aditivos.

En los resultados obtenidos del suelo natural se encontró que, los suelos son cohesivos de alta plasticidad (CH), según sus límites Atterberg, su grado de expansión es muy alto, y según el ensayo del aparato de lambe tiene una condición muy crítica. Se encontró que, con adición de diferentes porcentajes de cal en mezclas con el suelo, se obtuvo la mayor reducción de los índices de plasticidad, también estableciéndose una disminución del potencial de expansión entre el 60% y el 80%. Esta condición muestra que las mezclas con cal ofrecen una buena referencia en la búsqueda de estabilización del suelo.

## Introducción

Los suelos expansivos son un tema de gran importancia en la ingeniería civil, por la manera como estos interactúan con las estructuras construidas sobre estos. Por estudios previos se ha sabido que la presencia o escasez de agua en un suelo expansivo, es el factor más influyente a la hora del suelo cambiar su volumen. Estos cambios de volumen en algunos casos generan presiones con magnitudes tan grandes que conducen a cambios negativos en las obras civiles, algunos de estos pueden ser agrietamientos, levantamientos y hundimientos de la estructura.

La manera con la que se corrigen o previenen estos problemas estructurales es por medio de la estabilización del suelo o por diseños de cimentaciones exclusivos que se adapten al tipo de suelo donde se van a construir. La estabilización de suelos la podemos definir como las modificaciones a las características que se hacen al suelo por diferentes medios, como los mecánicos o químicos, para que este tenga resultados favorables y se comporte de manera menos expansiva al estar en contacto con el agua.

En el presente proyecto estudiamos la estabilización química, con la mezcla de tres diferentes aditivos y las muestras de suelo recolectadas en la urbanización cormoranes, la cual presenta problemas estructurales en sus torres de apartamentos, tales como asentamientos, agrietamientos en las paredes, levantamientos de lozas de concreto y adoquines de la vía.

Los tres aditivos fueron cal, cemento y cenizas volantes, estos se mezclaron con las muestras de suelo de tres apiques realizados en la zona de estudio, con estas mezclas se analizaron y se compararon los resultados de diferentes ensayos de laboratorio, realizados a lo largo de tres meses de acción.

**1.****Descripción del problema****1.1. Título**

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE UN SUELO EXPANSIVO  
USANDO CAL, CEMENTO Y CENIZAS VOLANTES

**1.2. Planteamiento del problema**

En la región se han hecho estudios del comportamiento de los suelos expansivos estabilizándolos con algunos aditivos de uso común como la cal, el cemento y cenizas volantes.

La urbanización Cormoranes construida relativamente hace poco en la zona noroccidental de San José de Cúcuta presenta problemas estructurales, estos podrían deberse a la presencia de suelos expansivos, por esto se realizaron ensayos con diferentes mezclas de suelo-aditivo para comparar los resultados y seleccionar el aditivo más eficaz para ese punto de la ciudad.

**1.3. Formulación del problema**

¿Con los datos obtenidos al comparar las características del suelo expansivo de la urbanización Cormoranes en San José de Cúcuta estabilizado con cal, cemento y cenizas volantes, se podrán implementar para mejorar las propiedades geotécnicas?

**1.4. Objetivos**

**1.4.1. General.** Comparar los resultados obtenidos al estabilizar el suelo expansivo de la Urbanización Cormoranes con cal cemento y cenizas volantes para seleccionar el aditivo que mejor se adapte al suelo de la misma.

### **1.4.2. Específicos**

- Recolectar muestras de suelo inalteradas a 0.8m, 1.5 m y 2.5 m de profundidad en los apiques realizados en la Urbanización Cormoranes.
- Realizar los ensayos: Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos, Lavado en el tamiz 200, Sistema unificado y AASHTO para clasificación de suelos, Determinación de suelos expansivos, Limite líquido, Limite plástico e índice de plasticidad, Factores de contracción, Cambio volumétrico con el aparato de lambe, Determinación de la humedad natural para conocer las características de los suelos en su estado natural y estabilizado.
- Comparar los datos obtenidos inmediatamente, a un mes, a dos meses y a tres meses después de realizada la mezcla suelo-aditivo.
- Escribir un resumen de la investigación para enviar a una revista indexada a nombre del Grupo de investigación en Geotecnia Ambiental, GIGA, adscrito a la Facultad de ingenierías, Departamento de Geotecnia y Minería. Universidad Francisco de Paula Santander.

### **1.5. Justificación**

El estudio realizado pretende mediante la aplicación de técnicas de análisis de datos comparar, y utilizar los resultados obtenidos en el laboratorio para determinar la óptima utilización de los aditivos (cal, cemento y cenizas volantes), en el suelo expansivo de la Urbanización Cormoranes de San José de Cúcuta (Colombia).

## **1.6. Alcances y limitaciones**

**1.6.1. Alcances.** El presente estudio exploró el cambio en las propiedades del suelo generado por la estabilización con cal, cemento y cenizas volantes, en cada una de las muestras. La investigación abarcó únicamente suelos arcillosos con probable expansividad, pertenecientes a las formaciones geológicas donde se encuentre la urbanización cormoranes, ubicada en el municipio de San José de Cúcuta.

Se realizaron las debidas comparaciones de los resultados obtenidos, después de realizar los ensayos en el suelo antes y después de haberse mezclado con los aditivos.

**1.6.2. Limitaciones.** La principal limitante fue el tiempo de ejecución del proyecto, puesto que una gran cantidad de porcentajes de aditivos, incrementó la duración del mismo debido a los múltiples ensayos.

La manera de ejecutar los ensayos de laboratorio estuvo limitada por la cantidad y disposición de los equipos en el laboratorio de suelos de la universidad, esto generó una reducción y descarte de algunos ensayos para el proyecto.

La ausencia de información mineralógica de la zona limitó el conocimiento sobre la expansividad real de los suelos en la urbanización Cormoranes.

## **1.7. Delimitaciones**

**1.7.1. Delimitación Espacial.** El proyecto se realizó en el área metropolitana de Cúcuta.

Los puntos específicos de donde se tomaron las muestras fueron ubicados en la urbanización Cormoranes ubicada al noroccidente de San José de Cúcuta en la ciudadela Juan Atalaya.

**1.7.2. Delimitación Temporal.** El tiempo de ejecución fue de 3 meses, se comenzó desde la aprobación del anteproyecto por parte del comité de ingeniería civil.

## 2. Marco referencial

### 2.1. Antecedentes

**2.1.1 Antecedentes empíricos.** Desde hace décadas se conocen las características y propiedades de los suelos del municipio de San José de Cúcuta, la cual está constituida en su mayoría por arcillas con un probable alto grado de expansividad, generando problemas estructurales en las edificaciones.

Un caso particular se ha visto en la urbanización Cormoranes, en la que se han presentado agrietamientos en las obras civiles causando daños estructurales, esto generó quejas por parte de la comunidad hacia la constructora, además estos daños se presentaron al poco tiempo de terminar la obra, y la causa pudo haber sido la ausencia de análisis de suelos expansivos en los estudios de suelos.

Caracol Radio hizo pública la noticia en su página web donde mostró algunos comentarios de los habitantes del sitio. Según los reportajes se encuentran fallas no solo en las torres de apartamentos si no en el Centro de Desarrollo Infantil (CDI), lo más importante de estos reportajes son los testimonios dados por los mismos habitantes del sector, los cuales evidencian que la problemática es muy real, y no se conocen sus causas.

“Nosotros lo que queremos es que se tenga un lugar seguro, no queremos que solo hagan unas reparaciones pequeñas y después vuelvan a presentarse las grietas como ocurre en los apartamentos, suficiente tenemos con nuestras casas en mal estado para que ahora tampoco podamos tener a nuestros hijos recibiendo la atención” dijo José Gilberto Ordoñez presidente de la junta de acción comunal de la urbanización. ([www.caracol.com.co](http://www.caracol.com.co))

El lugar en el que más se han encontrados problemas relacionados con las llamadas arcillas expansivas en el área metropolitana de San José de Cúcuta es la urbanización Colinas de Vista Hermosa, la cual al parecer se construyó sin darle la debida importancia a la función estructural que tiene el sistema suelo-edificación y por efecto de esto se presentaron daños en las vías y casas cuando se presenta la temporada invernal o una temporada de sequía.

En la ciudadela Juan Atalaya ubicada al occidente de la ciudad de San José de Cúcuta es muy común encontrar edificaciones con problemas relacionados con el suelo, tales como hundimientos, levantamientos, y grietas; el crecimiento de la población en esta zona genera que los ciudadanos construyan sin ningún estudio previo de los suelos, y esto ocasiona que aparezcan los problemas anteriormente mencionados.

**2.1.2. Antecedentes bibliográficos.** Engineering Properties of Expansive Clays fue una ponencia presentada en el seminario de cimentaciones superficiales en arcillas expansivas, realizado en Regina, Saskatchewan provincia de Canadá en 1975, el autor fue D.G. Fredlund Docente asociado a la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Saskatchewan Saskatoon.

El documento muestra de manera clara, la clasificación de los suelos, y las propiedades ingenieriles más importantes de suelos arcillosos, también en los capítulos siguientes habla de cómo controlar el comportamiento del suelo debido a esfuerzos variables y muestra los cambios en las propiedades volumétricas debido a los esfuerzos variables. Estos tres capítulos son los que más se tuvieron en cuenta de este documento, puesto que se centran en las propiedades del suelo expansivo y los cambios de volumen, lo cual es importante para entender lo que sucede en con las arcillas expansivas.

En el 2008 en la urbanización “Colinas de Vista Hermosa”, ha tenido estudios previos sobre su problema de expansividad del suelo realizado por parte de la Universidad Francisco de Paula Santander, uno de ellos es el realizado por B. A. Contreras como trabajo de grado para optar el título de ingeniera Civil. Este habla de los resultados obtenidos al estabilizar el suelo del sitio con cenizas volantes, aunque la investigación tiene un enfoque químico y mineralógico dados los ensayos realizados, también se realizaron ensayos físicos para conocer las propiedades expansivas antes y luego de la mezcla del suelo con el aditivo, por esto es de gran importancia para este proyecto conocer que ensayos son más pertinente realizar en la investigación

## **2.2. Marco teórico**

**2.2.1 El suelo.** La definición del suelo ha tenido varios matices, según quien trate de hacerla y según la época en que la haga. Como lo recuentan Hillel (1998), Buol et al (1997), Malagón et al (1995), Porta et al (1994) y Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993), entre otros autores, el término suelo ha tenido acepciones verdaderamente simplistas como:

- El suelo es, desde el punto de vista del agricultor, el sitio para ubicar sus semillas y producir sus cosechas (Worthen, 1949).
- Para un geólogo podría ser el recubrimiento terroso que hay sobre un cuerpo rocoso.
- Para un constructor, el suelo es el sitio sobre el cual colocará sus estructuras o el sustrato que le suministrará algunos de los materiales que requiere para hacerlas.
- Para un ecólogo es uno de los componentes del ecosistema que estudia.
- Para un químico, es el laboratorio donde se producen reacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa.

- Un antropólogo o un arqueólogo podrán ver el suelo como un tipo de registro del pasado. (Jaramillo, 2002)

La definición varía siempre dependiendo de los autores y sus influencias, algunas definiciones son:

“El suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan” (Crespo, 2004).

“el suelo es aquella delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material terroso, no consolidado, que se forma en la interface atmósfera – biosfera – litosfera. En ella interactúan elementos de la atmósfera e hidrosfera (aire, agua, temperatura, viento, etc.), de la litosfera (rocas, sedimentos) y de la biosfera y se realizan intercambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, produciéndose una enorme complejidad” (Jaramillo et al, 1994).

**2.2.2. Clasificación de los suelos.** “Dada la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza, la mecánica de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado. Y así se tiene la clasificación de los suelos según el tamaño de las partículas” (Crespo, 2004).

“Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son 1) el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y 2) el Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System (también es el sistema de la

ASTM). El sistema de la AASHTO se emplea principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera. No se utiliza en la construcción de cimentaciones” (Das, 2012).

Los sistemas de clasificación de suelos ayudan con la clasificación por grupos con similitud en propiedades geotécnicas, permitiendo al momento de recolectar varias muestras en distintos lugares del terreno a estudiar se puede elaborar un perfil del suelo con dicha información para una mayor comprensión de sus características, aunque siendo de un mismo origen geológico puede variar entre ellas sus características.

**2.2.3. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.** “La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952” (Das, 2001).

“El sistema fue creado por A. Casagrande en 1942, Diez años más tarde, y vista de la gran utilidad de este sistema en Ingeniería Civil, fue ligeramente modificado por el Bureau of Reclamation, naciendo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); este sistema fue adoptado por la ASTM (American Society of Testing Materials) como parte de sus métodos normalizados” (Bañon, 1999).

El Sistema Unificado de Clasificación se clasifica los suelos en dos amplias categorías:

1. Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50 % pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo GaS. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

2. Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación:

- W: bien graduado
- P: mal graduado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50). (Das, 2001).

**Tabla 1**

Sistema unificado; Símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$ ; $PI > 7$ ; se grafica sobre o arriba de la línea A.
ML	Inorgánico; $LL < 50$ ; $PI > 4$ ; o se grafica debajo de la línea A.
OL	Orgánico; $(LL - \text{seco en horno}) / (LL - \text{sin secar}) < 0,75$ ; $LL < 50$ .
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica sobre o arriba de la línea A.
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica debajo de la línea A.
OH	Orgánico; $(LL - \text{seco en horno}) / (LL - \text{sin secar}) < 0,75$ ; $LL \leq 50$ .
CL-ML	Inorgánico.
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: Das, 2001.

**2.2.4. Clasificación de la AASHTO.** Este es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1929 y adoptado por la “American Association of State Highway Officials” entre otras. Es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes.

Los grupos de suelos son 7, subdivididos en otros más (para llegar a 12)

- a) Grueso granulares: 35% o menos pasa el T-200 comprende
- A-1, si menos del 20% pasa el T-200 y menos del 50% pasa el T-40, pero en el P40 el  $IP < 6\%$ .
  - A-2, si menos del 35% pasa el T-200, (limoso o arcilloso), y el material no cumple con A-1 ni A-3.
  - A-3, si menos del 10% pasa el T-200 y 51% o más pasa el T-40, pero si el P40 no es plástico.
- b) Suelos finos granulares (grupo limo arcilla): más del 35% pasa el T-200
- A-4 si  $IP \leq 10$  (limo) y  $LL \leq 40\%$
  - A-5 si  $IP \leq 10$  (limo) y  $LL \leq 41\%$
  - A-6 si  $IP \leq 11$  (arcilla) y  $LL \leq 40\%$
  - A-7 si  $IP \leq 11$  (arcilla) y  $LL \leq 41\%$

En consecuencia: A-1 = cascajo y arena; A-3 = arena fina; A-2 = cascajos y arenas limosas o arcillosas; A-4 y A-5 suelos limosos, y A-6 y A-7 suelos arcillosos A-1 y A-3 son suelos excelentes y buenos, A-2 buenos y moderados, y A-6 y A-7 son suelos de moderados a pobres.

**Tabla 2.**  
Características típicas de suelos según la AASHTO

Grupo Suelos.	Permeabilidad Elasticidad.	Cambio de volumen.	Capilaridad.	Capilaridad.	Bases de pavimentos	Sub bases.	Terraplenes.	Valoración escala.
A-1	--	---	--	-	++	++	++	+++ sobresaliente
A-2	-	++	+	m	-	M	+	++ Muy alto
A-3	+	-	--	-	+	+	+	+ Alto
A-4	-	+	+/-	+++	-	-	+/-	m Moderado
A-5	-	m	++	+++	---	-	--	- Deficiente
A-6	---	-	++	++	--	--	-	-- Bajo
A-7	--	m	++	++	--	--	--	--- Muy bajo

Fuente: Das, Braja M., 2001.

Pero estos suelos tienen subclases así:

- A-1-a: si  $IP$  del P40  $< 6\%$  Además el P200=15%, P40=30% y P10=50% ==
  - A-1-b: si es del grupo A1 y no cumple con A-1-a
  - A-2-4; A-2-5, A-2-6, y A-2-7: según la fracción fina se encuentre en las zonas 4, 5, 6 o 7 de la Carta de Plasticidad AASHTO de la Figura # 1
  - A-3 no tiene subclases. (Mecánica de los suelos (Gonzalo Duque-Escobar y Carlos-Enrique Escobar potes 2002).

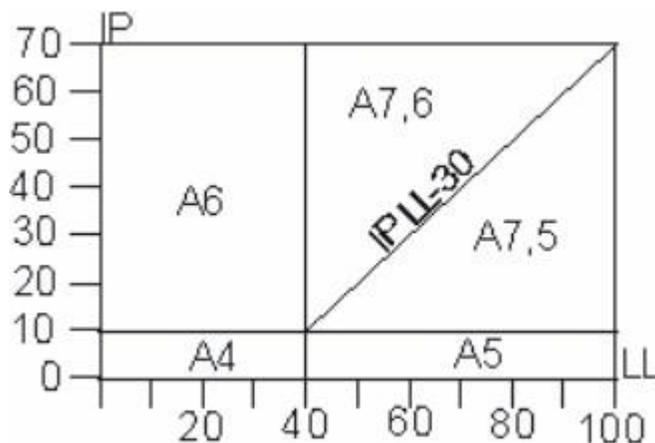


Figura 1 Carta de plasticidad AASHTO.

Fuente: Duque & Escobar (2002).

**2.2.5. Suelos cohesivos.** “En los suelos cohesivos no existe un verdadero esqueleto granular, la fracción fina predomina y las partículas mayores, si existen, quedan dispersas en las finas” (Higuera et al, 2012)

El problema de los suelos expansivos fue identificado a finales de 1930 década en la que se incrementó en los Estados Unidos de Norteamérica la construcción en mampostería de cerámica.

en la década de 1940 aumentaran los daños en las edificaciones, fenómeno que se relaciona con el incremento en el uso de losas de cimentación de concreto apoyadas directamente sobre el terreno. (Villafañe, 1991)

**2.2.6. Definición de arcilla.** Por tanto, el término arcilla no sólo tiene connotaciones mineralógicas, sino también de tamaño de partícula, en este sentido se consideran arcillas a todas las fracciones con un tamaño de grano inferior a 2  $\mu\text{m}$ . Por lo tanto, todos los filosilicatos pueden considerarse verdaderas arcillas si se encuentran dentro de dicho rango de tamaños, incluso minerales no pertenecientes al grupo de los filosilicatos (cuarzo, feldespatos, etc.) pueden ser considerados partículas arcillosas cuando están incluidos en un sedimento arcilloso y sus tamaños no superan las 2  $\mu\text{m}$ . (Hernández, 2009).

**2.2.7. Origen de las arcillas.** Tal como se hallan en la naturaleza, están constituidas por unos minerales de origen primario y por otros de origen secundario. Los minerales primarios son los que existían en las rocas ígneas que dieron lugar a la arcilla, y que han llegado a nuestros días sin sufrir alteración apreciable en su composición. Los minerales secundarios se han formado por las diversas acciones de los agentes químicos y físicos sobre algunos minerales de las rocas originales. (García, 1985).

**2.2.8. La clasificación de las arcillas.** Desde un punto de vista geológico, es simple. Fundamentalmente, se distingue entre primarias o residuales, casi siempre de origen hipogénico, que permanecieron en el mismo lugar de su formación y secundarias, que fueron acarreadas a lugares diferentes al de su origen. Entre éstas se diferencian:

- 1) Fluviales, depositadas por ríos y siendo generalmente depósitos pequeños de baja calidad;

- 2) Lacustres, asentados en lagos y estando en capas uniformes de buena calidad;
- 3) Marinas, que son más uniformes que las anteriores;
- 4) En deltas, que son arenosas y de composición irregular;
- 5) Glaciales, formadas por la acción de grandes masas de hielo sobre rocas cristalinas;
- 6) Eólicas.

Otra clasificación distingue entre caolines, bentonitas, hidrómicas o ilitas y cloritas, según el grupo mineralógico dominante. (Liberto, 1964).

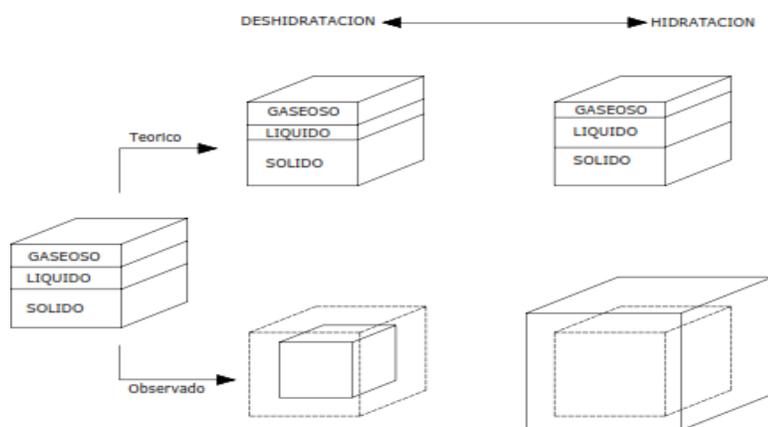
**2.2.9. Propiedades y características de los suelos expansivos.** Los suelos expansivos son aquellos que muestran un cambio volumétrico significativo bajo la presencia de agua. Así, ciertas arcillas, en cuya composición entra a formar parte el mineral montmorillonita, tienen espacios entre las láminas que pueden absorber agua provocando su expansión. Estos materiales se conocen como arcillas expansivas o suelos expansivos, y son la causa de la mayoría de los problemas derivados de la construcción de carreteras o edificios en suelos que tengan esta capacidad. (Higuera, 2012).

“Se llaman arcillas expansivas aquellas que presentan cambio de volumen con los cambios de humedad, cuando la arcilla se humedece sufre fuerte expansión que produce daños considerables en paredes y pisos sobre todo en climas de largos o intermitentes períodos de humedad, debido a los cambios de volumen con los cambios de humedad.

Pequeñas zapatas soportando livianas cargas son más fácilmente levantadas o movidas por la arcilla expansiva, lo mismo sucede en las vigas de cimentación. Cuando la arcilla se encuentra a considerable distancia bajo la superficie no se expande y contrae tanto, como cuando se

encuentra cerca de la superficie, por lo tanto, los daños por levantamiento o movimientos de zapatas o muros pueden ser reducidos colocando éstas a suficiente distancia bajo la superficie. Las arcillas expansivas se caracterizan a menudo por su alto límite líquido (LL) y un alto índice de plasticidad (IP).” (www.arqhys.com).

Se presentan dos teorías a estos procesos de hidratación y deshidratación de los suelos expansivos, se divide en los que mantienen el volumen total, pero sufren cambios internos entre los vacíos para aire y para agua y, los que cambian a estos dos niveles, como se logra apreciar en la siguiente figura.



*Figura 2.* Aspectos teóricos y observados de la hidratación - deshidratación de suelos expansivos – contractivos.  
Fuente: Coulombe et al. 1996

**2.2.10. Caracterización de los suelos expansivos.** Esta tiene como fin encontrar las características necesarias para clasificar el suelo como expansivo o no expansivo, se hayan por medio de diferentes ensayos de laboratorio, algunos más relevantes que otros, nos brindan información primaria y también datos muy concluyentes sobre esta propiedad de los suelos arcillosos.

Muchos de los ensayos de laboratorios realizados en los suelos no están relacionados directamente con la propiedad de expansividad del suelo, pero si, diferentes autores han realizado estudios previos con los cuales han llegado a obtener unas correlaciones de los parámetros geotécnicos del suelo con el grado de expansión.

**2.2.11. Mineralogía de las arcillas.** Por su parte las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, presentando, además, en algunas ocasiones, silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados. Estos minerales tienen casi siempre, una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en láminas. Existen dos variedades de tales láminas: la silícica y la alumínica.

De acuerdo con su estructura, los minerales de arcilla se clasifican en tres grupos caolinitas, montmorilonitas e ilitas.:

Las caolinitas ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) están formadas por una lámina silícica y otra alumínica, que se superponen indefinidamente. La unión entre todas las retículas es lo suficientemente firme para no permitir la penetración de moléculas de agua entre ellas (adsorción). En consecuencia, las arcillas caolínicas son relativamente estables en presencia de agua. (Garnica et. al, 2002)

Las montmorillonitas ( $(OH)_4Si_8Al_4O_{20} \cdot nH_2O$ ) están formadas por una lámina alumínica entre dos silícicas, superponiéndose indefinidamente. En este caso la unión entre las retículas del mineral es débil, por lo que las moléculas de agua pueden introducirse en la estructura con relativa facilidad a causa de las fuerzas eléctricas generadas por su naturaleza dipolar. Lo anterior, produce un incremento en el volumen de los cristales, lo que se traduce en expansión. Las arcillas montmorilloníticas, especialmente en presencia de agua, presentarán fuerte tendencia a la inestabilidad. Las bentonitas son arcillas del grupo montmorillonítico, originadas por la

descomposición química de las cenizas volcánicas y presentan la expansividad típica del grupo en forma particularmente aguda, lo que las hace sumamente críticas en su comportamiento mecánico. (Garnica et. al, 2002)

Las ilitas  $((OH)_4. Ky(Si_8-y.Aly) (Al_4.Fe_4.Mg_4.Mg_6) O_{20})$ , con y, por lo general, están estructuradas análogamente que las montmorilonitas, pero su constitución interna manifiesta tendencia a formar grumos de materia, que reducen el área expuesta al agua por unidad de volumen; por ello, su potencial de expansión es menor que el de las montmorilonitas y su comportamiento mecánico es más favorable para el ingeniero. (Garnica et. al, 2002)

**2.2.12. Métodos de mejoramiento o estabilización de suelos arcillosos.** En el campo de la construcción, uno de los problemas a los cuales enfrentar son los suelos expansivos que al no contar con un buen estudio de suelos para poder determinar con qué tipo de suelos se está lidiando si no se lograra identificar que es un suelo expansivo y no se toma acciones al respecto se terminaría provocando un daño a la estructura que se encuentra encima de esta.

En la actualidad hay dos ramas de acción con las cuales se podría hacer frente a un suelo expansivo: actuar en el sentido de reducir o eliminar la expansión del suelo y actuar sobre la estructura y a través de la selección de un diseño de cimentación apropiado (Patrone & Perfumo, 2005).

***2.2.12.1. Para actuar en el sentido de reducir o eliminar la expansión del suelo.***

*2.2.12.1.1. Pre-Humectación del suelo.* Esta teoría se basa que en si el suelo es pre-humedecido antes de la construcción este no va expandirse si se mantiene la humedad del suelo, por consiguiente, no provocará daños estructurales si no varía su volumen de forma considerable.

Por Experiencias anteriores si el suelo tiene un contenido de humedad y está cubierto superiormente por una losa, contra piso, etc., esta humedad no decrece en consideración, se tendría que inundar el suelo para que llegue a su máximo nivel de expansividad, se requiere un promedio de dos meses para llegar a ese nivel de saturación, pero para que la humedad se disperse a los suelos adyacentes es de diez años (Ibid, 2005).

*2.2.12.1.2. Reducción de la densidad del suelo.* Esta metodología se emplea cuando la cimentación se hace sobre un material a terraplenar o se procede a sustituir el suelo. Para determinar el asentamiento en un relleno está ligada a la densidad que se alcanza al compactarla, el contenido de humedad, el método utilizado para este y la carga aplicada sobre el relleno. las arcillas expansivas se expanden poco cuando tienen densidades bajas y un contenido de humedad alto, pero si se compactan con densidad alta y baja humedad se expanden mucho. debido que el contenido de humedad es un controlador del grado de densidad. El elemento fundamental para controlar la expansión es el grado de densidad alcanzado (Ibid, 2005).

*2.2.12.1.3. Sustitución del suelo expansivo.* Es una forma simple para cimentar las bases de una estructura es cambiarle el material expansivo por uno que no lo sea. la idea básica es que el agua superficial no llegue hasta el suelo expansivo para que no produzca reacción de este con la humedad, pero esto nos trae consigo varias incógnitas, ¿Con que tipo de material se debe reemplazar?; ¿Que tanto espesor debe tener el relleno?; ¿En qué área debajo de la fundición se debe extender? Para la primera pregunta se requiere un material que no sea expansivo, normalmente que esté dentro de la clasificación de GW y SP con un bajo contenido de material fino. Para las siguientes preguntas es mientras mayor sea el área que se reemplace más efectivo será el relleno (Ibid, 2005).

#### *2.2.12.1.4. Modificación de propiedades expansivas del suelo por diversos procedimientos.*

En este método se emplean técnicas de estabilización por aditivos el cual va ser foco de estudio de esta investigación como son los aditivos de cal, cemento y cenizas volantes. La cal y el cemento son aditivos controladores de la expansividad del suelo utilizados comúnmente dentro del campo de la ingeniería vial, pero de uso poco en la construcción de edificios. Las aplicaciones de estos alteran las propiedades plásticas del suelo, reduciendo el límite líquido, el índice de plasticidad e incrementando el límite de contracción. Normalmente la proporción es de dos a seis por ciento en peso de la mezcla dependiendo del objetivo de la estabilización. Otra metodología aplicada para la modificación de las propiedades expansivas del suelo es aplicando inyecciones químicas, que también modifica las características plásticas del suelo y reduciendo su permeabilidad del mismo, uno de los inconvenientes de esta técnica es el alto costo por los elementos químicos utilizados y el procedimiento de su aplicación (Ibid, 2005).

*2.2.12.1.5. Aislación del suelo de variaciones importantes en el contenido de humedad.* Esta metodología ofrecería una solución sin importar qué potencial de expansión tenga el suelo ya que no habrá cambios volumétricos. Hay dos fuentes de variación para el contenido de humedad como es la infiltración al terreno por aguas superficiales o, la variación de niveles de agua subterránea. Para evitar la infiltración de aguas superficiales se puede proceder a elaborar barreras horizontales como membranas, construcción de veredas perimetrales, pavimentos asfálticos, drenaje adecuado, y barreras verticales realizando el uso de membranas, hormigón, etc. Usualmente las barreras verticales están unidas a una horizontal para prevenir la humectación del terreno (Ibid, 2005).

### ***2.2.12.2. Para actuar sobre la estructura y el sistema de cimentación.***

*2.2.12.2.1. Fundaciones superficiales en suelos expansivos.* Estas fundiciones normalmente vienen siendo zapatas que se pueden implementar en este tipo de suelos, pero debe cumplir al menos uno de los siguientes requisitos: 1) La presión aplicada, debido a las cargas permanentes, resulte suficiente como contrarrestar la presión. 2) La superestructura tenga el grado de rigidez necesario como para que una expansión diferencial no cause fisuras o grietas en los elementos resistentes. 3) El efecto expansivo pueda ser eliminado o al menos reducido de manera de evitar o mitigar los cambios de volumen (Ibid, 2005).

*2.2.12.2.2. Para zapatas corridas.* Se suelen usar normalmente en estructuras livianas. Para prevenir el efecto de expansividad se hace necesario concentrar la presión aplicada para ello se disminuye la sección de la zapata. Aunque está limitada este tipo de fundición a realizarse en suelos de bajo grado de expansión. Son una alternativa válida cuando el subsuelo no es altamente expansivo (preferible ilita y no montmorillonita), donde sea poco probable que se verifique un ascenso del nivel freático y donde no haya disponibilidad de fundar pilotes (Ibid, 2005).

*2.2.12.2.3. En zapatas aisladas.* En esta serie de zapatas conectadas por vigas de fundición. La carga de la estructura es transferida al suelo en varios puntos de apoyo brindando ventaja cuando el estrato sobre el cual se está apoyando es resistente, las capas superiores del suelo cuentan con potencial expansivo moderado, la capacidad portante de las capas superiores es relativamente alta (Ibid, 2005).

*2.2.12.2.4. En losas de fundición.* Las losas de fundición que son construidas sobre suelos expansivos tienen un difícil manejo de estas debido a que no logran soportar de manera adecuada una carga aplicada importante y los pesos propios son bajos para contrarrestar los movimientos

del subsuelo. Estos movimientos no solo ocasionan fisuras pueden llegar hasta afectar la estabilidad de la estructura (Ibid, 2005).

**2.2.13. Estabilización de suelos con cal.** La decisión de estabilizar un suelo arcilloso expansivo con cal depende de muchos factores, como la constitución mineralógica del suelo, la ubicación geográfica, algunas propiedades geotécnicas, el uso que se le va a dar en la ingeniería, etc.

Sabiendo que el propósito de estabilizar un suelo con cal es modificarle sus características ya sea incrementando o disminuyendo algunas de estas, encontramos objetivos muy importantes a la hora de estabilizar con cal.

La cal puede ser utilizada en el tratamiento de suelos, en varios grados o cantidades, dependiendo del objetivo. una mínima cantidad de cal para tratamiento se utiliza para secar y modificar temporalmente los suelos. Tal tratamiento produce una plataforma de trabajo para la construcción de caminos temporales. Un mayor grado de tratamiento – respaldado por las pruebas, diseño y las técnicas apropiadas de construcción – producen la estabilización estructural permanente del suelo. (Nacional Lime Association, 2004).

En la estabilización de suelos con cal se cambia de manera considerable las características lo cual aumenta la resistencia y estabilidad a largo plazo, en relación a la acción del agua. “En general, los suelos arcillosos de grano fino (con un mínimo del 25 por ciento que pasa el tamiz 200-75 $\mu$ m- y un índice de plasticidad mayor que 10) se considera buenos candidatos para la estabilización. Los suelos contienen cantidades significativas de material orgánico (mayor que 1 por ciento) o sulfatos (mayor que el 0.3 por ciento) pueden requerir cal adicional y/o procedimientos de construcción especiales.” (Nacional Lime Association, 2004).

La cal viva al ser debidamente combinada con el agua. El calor generado por esta reacción es eficiente para el secado de los suelos húmedos. Ella aun reacciona, aunque no contenga partículas de arcillas, pero la reacción química con las arcillas es más efectiva.

“Después de la mezcla inicial, los iones de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) de la cal hidratada emigran a la superficie de las partículas arcillosas y desplazan el agua y otros iones. El suelo se hace friable y granular, haciéndolo más fácil para trabajar y compactar. En esta etapa, el Índice de Plasticidad del suelo disminuye drásticamente, así como lo hace su tendencia a hincharse y contraerse. El proceso, llamado "floculación y aglomeración", generalmente ocurre en el transcurso de horas.” (Nacional Lime Association, 2004).

**2.2.13.1. Objetivo de la estabilización con cal.** El propósito general de esta clase de estabilización, es mejorar las características naturales del suelo, así este aumentará su capacidad para resistir los efectos inducidos por el tránsito y los cambios volumétricos en diferentes condiciones del clima. La cal mejora las características de los suelos, haciéndolos más friables y aumentado considerablemente el valor soporte. (Montejo, 1998).

**2.2.13.2. Posibles efectos al usar la estabilización con cal.** Cuando se agrega cal a la arcilla expansiva, empiezan a suceder cambios importantes desde el primer contacto, algunos de ellos son:

Una elevación importante del límite plástico del suelo sin modificación significativa de su límite líquido, lo cual se traduce en una reducción importante del índice de plasticidad. El suelo pierde su carácter pegajoso y pasa a tener un aspecto granular, mejorando sus características geotécnicas. En este estado, resulta más fácil su puesta en obra: extracción, carga, transporte, descarga, extendido, compactación, etc. (IECA et al, 2008).

Como consecuencia de este descenso de la plasticidad se produce también una mejora de la estabilidad volumétrica del suelo, reduciendo e incluso llegando a anular su eventual expansividad. Es frecuente que los suelos arcillosos sean muy expansivos, hinchándose ante la presencia de agua y disminuyendo su volumen hasta el estado inicial cuando ésta desaparece. (IECA et al, 2008).

La capa estabilizada proporciona una excelente plataforma de trabajo para la construcción de las capas superiores en la sección estructural de un camino. (Fernández, 1982).

**2.2.14. Estabilización con cemento.** Al igual que con la cal, estabilizar con cemento es una decisión complicada, debido a que requiere de tener una comprensión muy completa de la química del suelo, el cemento tiene propiedades puzolánicas semejantes a las de la cal, por esto tiene objetivos muy parecidos a la estabilización con cal.

**2.2.14.1. Proceso de la estabilización de suelos con cemento.** Este proceso se basa en agregar cemento Portland al suelo con el fin de que la mezcla endurezca cuando se hidrate el cemento. (Sanchez, 2014).

Las partículas de cemento hidratado ligarían a los granos adyacentes del suelo y formarían un esqueleto más o menos continuo de un material duro y resistente que encerraría una matriz de suelo inalterado químicamente. También podría ese esqueleto sellar vacíos en el suelo con lo que este sería más impermeable y en consecuencia más resistente a los cambios de humedad.

Si además del endurecimiento, se presentan reacciones adicionales entre los componentes del cemento y la arcilla, se obtendría un material adicional cementante que contribuiría no solamente a la unión entre las partículas de suelo sino también a la unión entre las partículas del suelo y las

del cemento endurecido. Al mismo tiempo, la arcilla que participa en tales reacciones podría sufrir alteraciones, se volvería menos plástica y menos expansiva al quedar en contacto con la humedad. (Fernández, 1982).

**2.2.14.2. Posibles efectos de la estabilización con cemento.** Los efectos inmediatos se refieren principalmente al estado hídrico del suelo, que sufre un secado por el hecho de la adición de una cierta cantidad de materia seca y, en menor medida, de la pérdida de agua consumida en la hidratación del conglomerante. Este secado, según las dotaciones aplicadas, varía teóricamente, entre el 0,3 y el 0,5 % del contenido de agua por punto porcentual de conglomerante, si bien en estos valores no se tiene en cuenta la evaporación que, al igual que con la cal, puede producirse en el transcurso de la mezcla in situ. (IECA et al, 2008).

**2.2.15. Estabilización con cenizas.** Las cenizas volantes son procedentes de la combustión en las centrales termoeléctricas. La composición de cada una de las clases de ceniza y el porcentaje de cada una de las clases de ceniza y el porcentaje de carbón encontrado en estas depende del proceso que se realiza en cada una de las plantas de la termoeléctrica. Las cenizas son granos finos compuestos básicamente por silicatos, aluminios, cal libre y algunos óxidos que permiten una reacción puzolánica con el suelo que al igual que otras sustancias reduce el índice de expansión. (Camacho et al, 2006).

Una de las desventajas de las cenizas en la posible formación de minerales de etringita y/o taumasita que se forman cuando existen compuestos de sulfato junto con minerales que contienen aluminio y que a la vez reacciona con los compuestos cálcicos como ha sido demostrado en estudios detallados, donde expresan las reacciones llevadas a cabo en el suelo y su cinética, por lo cual, los suelos que posean sulfatos solubles deben tener consideraciones

especiales. Cuando existen hierro, sodio o sulfitos pueden verse retardado el efecto del químico aplicado.

Las cenizas son granos muy finos, oscilando entre 0.5 y 300 $\mu$ m, formados por silicatos, óxido de aluminio, óxidos variados y cal libre. Esta última le confiere propiedades puzolánicas, reduciendo así, el índice de expansión del suelo. (Flórez et al. 2008).

Una La creciente aplicación para el uso de cenizas volantes es para la estabilización de suelos que de otro modo serían Materiales de construcción inadecuados. La ceniza volante se ha utilizado económicamente para aumentar la resistencia, reducir plasticidad, y reducir el contenido de humedad de los suelos que de otro modo habrían requerido Portland estabilización de cemento o cal. Si bien ambos métodos de utilización de cenizas volantes proporcionan claridad beneficios económicos y de ingeniería, solo una porción relativamente pequeña de la ceniza volante producida puede ser utilizado Las cenizas volantes generalmente se limitan al 15% de reemplazo de cemento Portland en concreto, y Las tasas de adición típicas para la estabilización del suelo son del 5% al 15% en peso seco del suelo. (White and Vennapusa. 2013).

### **2.3. Marco conceptual**

Bentonita: La bentonita es una roca compuesta por más de un tipo de minerales, aunque son las esmécticas sus constituyentes y las que le confieren sus propiedades características.

([www.QuimiNet.com](http://www.QuimiNet.com)).

Biósfera: La biosfera incluye toda la vida en la Tierra. Está concentrada cerca de la superficie en una zona que se extiende desde el suelo oceánico hasta varios kilómetros de la atmósfera.

(Tarbuck, 2005).

Cal: Químicamente hablando, la cal se relaciona solamente con el óxido de calcio (CaO); sin embargo, en el uso común, el término incluye los productos de calcinación de calizas calcíticas o dolomíticas. (Fernández, 1982).

Cemento Portland: Es un material finamente pulverizado, generalmente de color gris a café grisáceo, compuesto principalmente por minerales cristalinos artificiales, siendo los más importantes los silicatos de calcio y aluminio. Estos minerales al reaccionar con el agua producen compuestos capaces de impartir propiedades semejantes a las de las rocas una vez que ha endurecido la mezcla de cemento y agua. (Ibid, 1982).

Cambio de potencial volumétrico (CVP): el cambio volumétrico potencial (CVP) de un suelo queda comprendido dentro de uno de los cuatro grupos siguientes: No crítico, Marginal, Crítico y Muy crítico. La pertenencia a uno u otro grupo se deduce del Índice de Expansión. (INV E 120-13).

Cenizas Volantes: Las cenizas son los residuos de la combustión de carbón pulverizado en centrales térmicas. Los productos de esta combustión se subdividen en cenizas volantes y de hogar. Los primeros, son residuos volátiles obtenidos a lo largo del trayecto de los gases de la combustión del carbón que son evacuados por la chimenea de la caldera. (Jarrige, 1971).

Características físico-químicas de los suelos expansivos: Los suelos expansivos son arcillas que sufren cambios de volumen en presencia del agua de acuerdo a las condiciones de origen, composición química y propiedades físicas. Las arcillas están básicamente compuestas por silicatos de aluminio que en algunos casos pueden ser reemplazados por silicato de magnesio o de calcio, cuyas partículas tienen estructura química definida, donde los átomos se precisan en láminas. (Camacho et al, 2006).

Feldespatos: Correspondientes a los silicatos de aluminio, sodio, potasio y calcio o mezclas de sus bases, son los minerales que más abundan en la corteza terrestre. ([www.QuimiNet.com](http://www.QuimiNet.com)).

Floculación: Es un proceso de formación de partículas de mayor tamaño, flóculos por agregación de partículas más finas. (Noguera, 2009).

Geología: del griego geo, «Tierra», y logos, «discurso». Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. La ciencia de la Geología se ha dividido tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica. La Geología, estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre. (Tarbuck, 2005).

Geotecnia es la aplicación de los métodos científicos y de los principios de ingeniería a la generación, interpretación y utilización del conocimiento de los materiales y procesos que ocurren en la corteza terrestre para la solución de problemas de ingeniería. Para su cabal desarrollo requiere la aplicación de diferentes campos del conocimiento, entre ellos, la mecánica de suelos, la mecánica de rocas, la geología, la geofísica, la hidrología, la hidrogeología y las ciencias relacionadas ([www.civil.uniandes.edu.co/es/geotecnia](http://www.civil.uniandes.edu.co/es/geotecnia)).

Gibbsite: La gibbsite es un mineral que se encuentra en los suelos altamente meteorizados tales como ultisoles y oxisoles y en circunstancias especiales, en inceptisoles y andisoles. (Ibid, 2005).

Hidrosfera: La hidrosfera es una masa de agua dinámica que está en movimiento continuo, evaporándose de los océanos a la atmósfera, precipitándose sobre la Tierra y volviendo de nuevo al océano por medio de los ríos. (Lutgens. F, 1999).

Índice de expansión: se define como la presión necesaria para reducir la expansión de la muestra a un valor muy pequeño. La magnitud de esta presión y las condiciones iniciales de humedad del suelo ensayado permiten determinar CVP. (INV E 120-13).

Índice de plasticidad:(IP) Rango de contenidos de agua, dentro del cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente, es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. (INV E - 126 - 13).

Límites de Atterberg: Límites de Atterberg — Originalmente, Albert Atterberg definió seis "límites de consistencia" para los suelos finos: el límite superior del flujo viscoso, el límite líquido, el límite de pegajosidad, el límite de cohesión, el límite plástico y el límite de contracción. En el uso actual de la ingeniería el término se aplica solamente a los límites líquido y plástico y, en algunas referencias, también al límite de contracción. Los límites líquido y plástico de los suelos (junto con el límite de contracción) son mencionados a menudo en conjunto como límites de Atterberg. Estos límites dividen diferentes estados de consistencia de los suelos plásticos. (INV E - 125 - 13).

Límite líquido: (LL) Contenido de humedad del suelo, expresado en porcentaje, cuando se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. (INV E - 125 - 13).

Límite plástico:(LP) Contenido de agua del suelo, expresado en porcentaje, cuando se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. (INV E - 126 - 13).

Litosfera: La capa externa de la Tierra comprende la corteza y el manto superior y forma un nivel relativamente rígido y frío. Aunque este nivel consta de materiales cuyas composiciones químicas son notablemente diferentes, tiende a actuar como una unidad que muestra un

comportamiento rígido, principalmente porque es frío y, en consecuencia, resistente. (Tarbuck, E, 2005).

Montmorillonitas: Arcillas esmécticas con una estructura de capas. El ion aluminio predomina en la estructura, pero puede ser reemplazado por otro ión metálico formando una gran variedad de minerales. ([www.QuimiNet.com](http://www.QuimiNet.com)).

Puzolánico(a): Las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice y/o alúmina. No son cementosas en sí, pero cuando son molidos finamente y mezcladas con cal, la mezcla fraguará y endurecerá a temperaturas normales en presencia de agua, como el cemento. (Mukerji & Stulz, 1981).

Reacción puzolánica: La denominada reacción puzolánica es principalmente la que se da entre el óxido de silicio o sílice ( $\text{SiO}_2$ ), la cal o hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ , conocido como portlandita) y el agua, para producir silicatos de calcio hidratados. (ASTM C 618, 2017).

Sedimentología: La sedimentología es el estudio de los procesos de formación, transporte y deposición del material que se acumula como sedimento en los ambientes marinos y continentales, el cual después de largo tiempo forma rocas sedimentarias. (Tarbuck, E, 2005).

Silicatos: Los silicatos son los componentes más importantes de las rocas y, por consiguiente, de la corteza terrestre, integrando el noventa y cinco por ciento de ésta. Son silicatos todos los minerales en los cuales el silicio y el oxígeno se coordinan en estructura tetraédrica, formando tetraedros ( $\text{SiO}_4$ ). (Mukerji & Stulz, 1981).

Suelo expansivo: La expansión se explica por adsorción de agua, dada la deficiencia eléctrica del suelo, su alta superficie específica y su capacidad catiónica de cambio. Los problemas que

ocasionan están vinculados con las altas presiones y grandes deformaciones por el hinchamiento que sufre el suelo. Son expansivos algunas veces los suelos clasificados como limos inorgánicos de plasticidad alta (MH), las arcillas de plasticidad alta (CH), con límites líquidos mayores de 50%. (Duque, 2002).

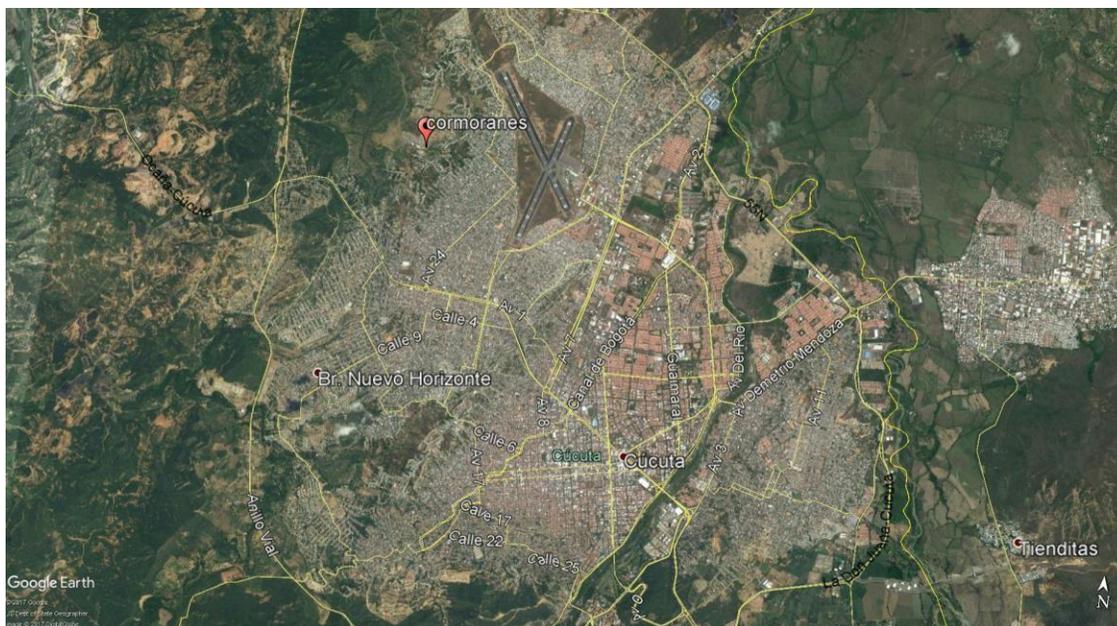
#### **2.4. Marco contextual**

El área metropolitana de Cúcuta, ubicada al noreste de Colombia en las coordenadas Lat.  $7^{\circ} 50' 16.8''$  N, Lon.  $72^{\circ} 50' 45.6''$  O, presentan diferentes formaciones, que varían según el periodo geológico, algunas de estas poseen ciertas características geotécnicas, que algunas veces son desfavorables para la construcción de edificación en los municipios.

El municipio de Cúcuta tiene grandes zonas con suelos posiblemente expansivos a los alrededores de su casco urbano, en una de estas zonas de expansión ubicamos el punto de estudio:

Cúcuta, ciudadela Juan Atalaya, Urbanización Cormoranes; coordenadas: Latitud  $7^{\circ}55'41.60''$ N Longitud.  $72^{\circ}31'48.74''$ O

El punto anteriormente nombrado donde se recolectaron las muestras está marcado en la figura 3, la cual es una Imagen satelital del municipio de San José de Cúcuta.



*Figura 3.* Ubicación de la Urbanización Cormoranes en la ciudad de San José de Cúcuta.  
Fuente: Google Earth, 2017.



*Figura 4.* Urbanización Cormoranes.  
Fuente: <http://construccionamonape.com/proyecto/cormoranes>



*Figura 5.* Geolocalización de los apiques realizados en la Urbanización Cormoranes.

Fuente: Google Earth, 2019.

### 3. Diseño metodológico

#### 3.1. Tipo de investigación

La investigación fue experimental de tipo aplicada debido a que por medio de los ensayos de laboratorios se obtuvieron los resultados para la realización del proyecto.

Este proyecto se encuentra enmarcado dentro de una investigación exploratoria dado que se trabajó con datos que se pueden comparar entre ellos, se describió individualmente y agrupados con base en sus características, lo cual según un amplio estado del arte aún no se han constituido las comparaciones pertinentes en cuanto a suelos, aditivos y suelo-aditivo, de la zona en cuestión.

Como investigadores y estudiantes de ingeniería civil, llevamos a la práctica los conocimientos y teorías generales sobre geotecnia, aprendidos, esto con el fin de resolver el problema de la falta de información sobre los suelos expansivos de la urbanización Cormoranes; sabiendo esto se clasificaron según el propósito, como una investigación aplicada.

#### 3.2. Ensayos de laboratorio

**3.2.1. Determinación del potencial de cambio volumétrico de un suelo empleando el aparato de lambe (I.N.V.E - 120 - 13).** Este ensayo de laboratorio, arroja un resultado de la presión de hinchamiento que ejerce el suelo compactado en una probeta de dimensiones normalizadas, cuando es sumergido por dos horas en agua.

Con este valor de presión se halla el cambio volumétrico potencial por medio de la gráfica dada en la norma.

El ensayo se realiza en un aparato creado por William Lambe, este consta de un anillo de carga con un pistón. Alineada con el pistón, se coloca la probeta con el suelo compactado, la cual queda dentro de un cilindro que se llena de agua hasta sumergir la probeta con el suelo, los valores leídos son los arrojados por el micrómetro el cual está en la mitad del cilindro de carga.

La compactación de la muestra depende del número de golpes y numero de capas, estas varían según el estado del suelo como se muestra a continuación.

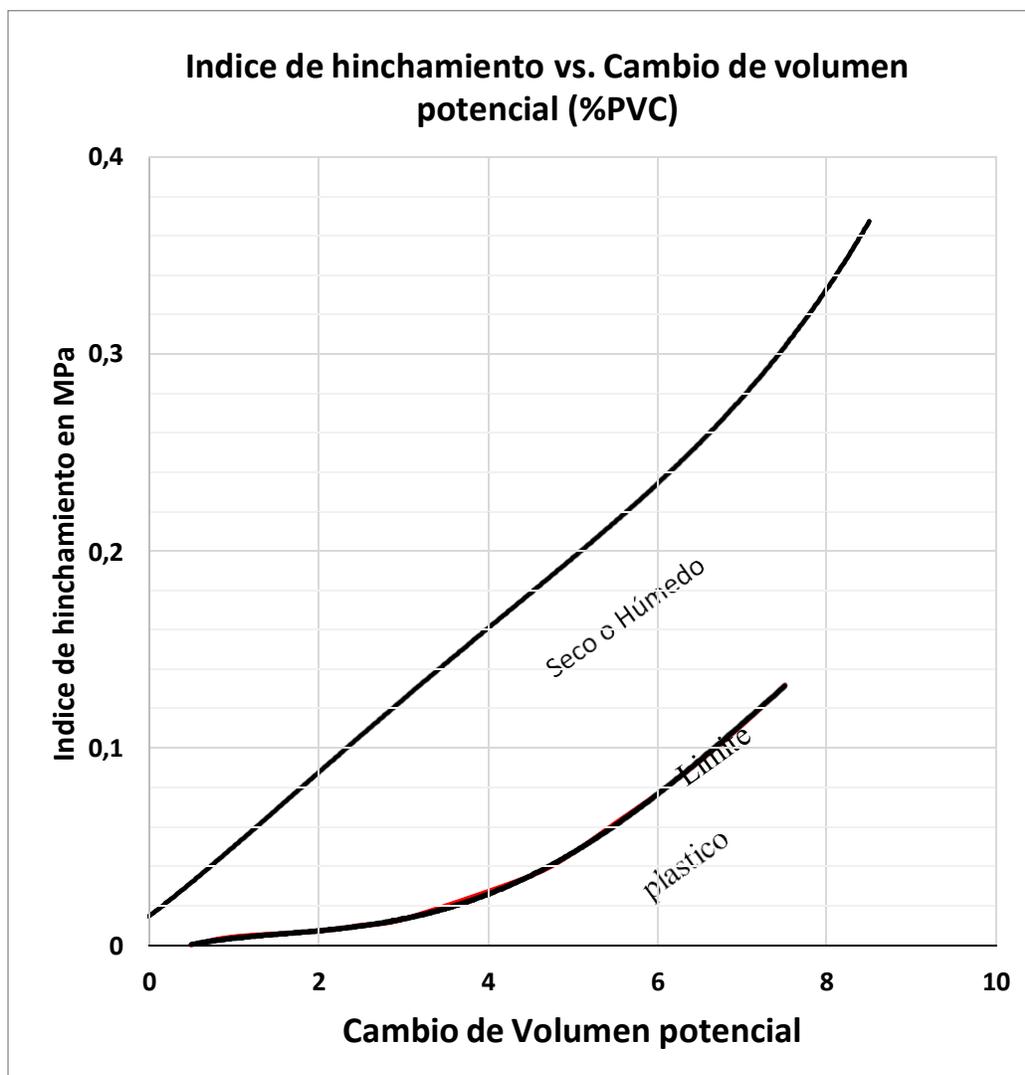
**Tabla 3.**  
Alternativa de compactación de la probeta

Humedad	Numero de capas	Numero de golpes por capa
Limite plástico	1	5
Húmedo (100 % de humedad relativa)	3	4
Seco (50 % de humedad relativa)	3	7 para las dos primeras capas y 8 para la ultima

Fuente I.N.V.E - 120 - 13.

El valor del índice de expansión es el cociente entre el valor de la fuerza calculada, expresada en N, y la sección transversal de la probeta, expresada en mm<sup>2</sup>. El índice de hinchamiento se expresa en MPa (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>). (I.N.V.E - 120 - 13).

Luego de obtener el índice de expansión se ubica este valor en la gráfica del Índice de hinchamiento vs. Cambio de volumen potencial (CVP) y dependiendo de cómo se haya realizado la compactación se toma una línea guía para encontrar el valor del CVP.



*Figura 6.* Índice de hinchamiento vs Cambio de volumen potencial  
Fuente: I.N.V.E-120-13

**3.2.2. Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo –agregado. (I.N.V. E – 122 - 13).** Con base en este ensayo se hallaron los valores de la humedad natural para las muestras de la urbanización Cormoranes.

Ya con las muestras de suelo en el laboratorio, cada una es separada y dividida para seleccionar una porción, esta es ubicada en tres recipientes de vidrio previamente pesados, una vez los recipientes llenos se vuelven a pesar cada uno y se procede a colocarlos en el horno a una temperatura de 115 C° aproximadamente, durante 24 horas. Pasadas las 24 horas se sacan del horno los recipientes y se vuelven a pesar.

Para cada muestra se utilizan 3 recipientes para así, obtener el valor promedio de la humedad del suelo natural.

El valor de la humedad de cada recipiente se halla por medio de la siguiente formula:

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

$w$  = Contenido de agua, %

$W_1$  = Masa del recipiente con el espécimen húmedo, g;

$W_2$  = Masa del recipiente con el espécimen seco, g;

$W_c$  = Masa del recipiente, g;

$W_w$  = Masa del agua, g;

$W_s$  = Masa de las partículas solidad, g.

**3.2.3. Determinación del límite líquido de los suelos. (I.N.V. E – 125 - 13).** Se procesa la muestra de suelo para remover cualquier porción retenida en el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40). El límite líquido se determina mediante tanteos, en los cuales una porción de la muestra se esparce sobre una cazuela de bronce que se divide en dos partes con un ranurador, permitiendo que esas

dos partes fluyan como resultado de los golpes recibidos por la caída repetida de la cazuela sobre una base normalizada. (I.N.V. E – 125 - 13)

Para hallar el valor del límite líquido Método A, se procede de la siguiente manera: Luego de tener la muestra pasada por el tamiz 40, se le agrega agua al tanteo y se transfiere a la cazuela de Casagrande, en esta se pasa el ranurador por la mitad de la cazuela, abriendo una zanja en la muestra, seguidamente se realizan entre 30 a 40 golpes esperando que los dos lados de la zanja se unan, si esto no sucede se retira la muestra en la cazuela y se junta con la otra parte de la muestra, se le agrega más agua, se mezcla de nuevo y se repite el proceso, hasta que los lados de la zanja de junten.

Llegado aquí, se toma una porción de la muestra y se pone en un recipiente; todo el procedimiento anterior se repite para los rangos de golpes 25 a 30, 19 a 24 y 13 a 19. Los recipientes con las muestras se llevan al horno, para hallar su humedad.

Con los datos obtenidos de la humedad se organizan en una gráfica de Humedad (%) VS No de golpes (el eje de numero de golpes, debe ir en logaritmo base 10), se traza una línea de tendencia, y con base en ella se busca el valor de la humedad para 25 golpes, y este valor de la humedad, es el límite líquido de la muestra en cuestión.

**3.2.4. Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. (I.N.V. E – 126 - 13).** El límite plástico se determina presionando de manera repetida una pequeña porción de suelo húmedo, de manera de formar rollos de 3.2 mm (1/8") de diámetro, hasta que su contenido de agua se reduce a un punto en el cual se produce el agrietamiento y/o desmoronamiento de los rollos. El límite

plástico es la humedad más baja con la cual se pueden formar rollos de suelo de este diámetro, sin que ellos se agrieten o desmoronen. (I.N.V. E – 126 - 13)

Para hallar esta humedad se colocan estos rollos en tres recipientes, previamente pesados, y se llevan al horno por un tiempo de 24 horas, con el fin de hallar su humedad. El límite plástico se calcula del promedio de estas 3 humedades.

Con los datos previamente calculados del límite líquido y el límite plástico, se realiza una sustracción del límite plástico al límite líquido, el resultado es el índice de plasticidad (IP).

**3.2.5. Determinación de los factores de contracción de los suelos (I.N.V. E – 127 -13).** El índice de contracción que se calcula con este ensayo, es el porcentaje máximo de humedad en el cual el suelo no cambia su volumen si este valor del porcentaje disminuye, y en cambio si la humedad sobrepasa este valor del porcentaje, el suelo ya empieza a aumentar su volumen de nuevo.

El ensayo se realiza tomando una muestra de suelo pasada por el tamiz No 40, y humedecida más o menos hasta su límite líquido, seguidamente se vierte en 3 recipientes con volumen y peso conocido, estos se dejan secar al aire libre hasta que el color de la muestra pase de oscuro a claro. Luego se introducen en el horno a una temperatura de 115° C aproximadamente, pasadas las 24 horas la muestra de suelo debe verse como una pastilla de masa constante.

Para determinar el volumen de la pastilla, se toma un recipiente de mayor volumen y se llena de mercurio líquido, este se pesa con el mercurio, para tener el valor guía de la cantidad de mercurio en el recipiente, seguido se coloca el recipiente en un plato curvo más amplio, y se

procede a sumergir la pastilla de suelo, en el recipiente con el mercurio ayudada de una placa de vidrio con tres salientes, el mercurio líquido empezará a salir del recipiente y caerá en el plato.

Luego se retira la pastilla y se pesa el recipiente con el mercurio que quedo. Como la densidad del mercurio es conocida ( $13.55 \text{ g/cm}^3$ ), se realizan los siguientes cálculos: Se calcula la masa húmeda del suelo en el momento en que éste fue colocado en el recipiente para contracción (M):

$$M = M_w - M_T$$

Se calcula la masa de la pastilla de suelo seco ( $M_0$ ) como:

$$M_0 = M_D - M_T$$

Se calcula el contenido de agua del suelo en el momento en que éste fue colocado en el recipiente (w), con la expresión:

$$W = \frac{M - M_0}{M_0} \times 100$$

Se calcula el límite de contracción (LC), como un contenido de agua en relación con la masa de suelo seco, con la expresión:

$$LC = W - \left[ \frac{(V - V_0)\rho_w}{M_0} \right] \times 100$$

Dónde:  $\rho_w$ : Densidad del agua, aproximadamente igual a  $1.0 \text{ g/cm}^3$ .

Se calcula la relación de contracción (R), por medio de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{M_0}{V_0 \times \rho_w}$$

Se calcula el cambio volumétrico (CV) para un contenido de agua cualquiera ( $w_1$ ), superior al límite de contracción, con la expresión:

$$CV = (W_1 - LC) \times R$$

Se calcula la contracción lineal (CL) para un contenido de agua cualquiera ( $w_1$ ), superior al límite de contracción, con la fórmula:

$$CL = 100 \left[ 1 - \sqrt[3]{\frac{100}{100 + CV}} \right]$$

**3.2.6. Determinación de Suelos Expansivos (I.N.V. E – 132 - 13).** Esta norma habla sobre la determinación del potencial de expansión de un suelo, por medio de varias tablas, las cuales contienen las correlaciones hechas por diferentes autores, entre los parámetros geotécnicos más comunes, y el grado de expansión del suelo.

Además, se explica de manera detallada como realizar el ensayo para la determinación del índice de expansión de los suelos.

El índice de expansión libre es el aumento de volumen que sufre un suelo sin restricciones externas, cuando se sumerge en agua. (I.N.V. E – 132 - 13)

Se toma una porción de suelo previamente tamizada en el tamiz No. 40, y se extraen dos muestras de 10g cada una, las dos muestras se vierten en dos probetas graduadas de 100 ml, seguido se llena una probeta con agua hasta la marca de los 100 ml, y la otra se llena con kerosene (también puede usarse tetracloruro de carbono ( $CCl_4$ ) en lugar de kerosene), con una varilla se agita cada recipiente, para liberar las burbujas de aire y asentar la muestra.

Luego se dejan las probetas en reposo por 24 y se anota el volumen que alcanza el suelo en cada cilindro.

EL índice de expansión libre (IEL) se halla de la siguiente manera.

$$IEL = \frac{V_w - V_k}{V_k} \times 100$$

Donde:

$V_w$  es el volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene agua destilada;

$V_k$  es el Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene agua.

**3.2.7. Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y de la llenante mineral, empleando un picnómetro con agua (I.N.V. E – 128 - 13).** Gravedad específica de las partículas sólidas del suelo,  $G_s$  – Es la relación entre la masa de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y la masa del mismo volumen de agua destilada y libre de gas a igual temperatura. La temperatura generalmente usada como referencia es 20° C. (I.N.V. E – 128 - 13).

Para realizar este ensayo, se requiere un picnómetro de 500 ml previamente pesado y seco, la muestra de suelo de 50g se agrega al picnómetro por medio de un embudo, luego se lavan las partículas que quedaron adheridas en el cuello del picnómetro.

Para preparar la lechada del suelo, se añade más agua hasta que el nivel este entre 1/3 y 1/2 de la profundidad principal, y se agita para formar la lechada.

Seguido a esto se le debe sacar el aire aplicándole calor al recipiente hasta que hierva la muestra, eso se debe hacer alrededor de dos horas, posteriormente se le agrega agua hasta la marca, con el cuidado de no generar burbujas, para esto se utiliza una manguera apuntando a las paredes del recipiente.

Después de dejarlo enfriar a temperatura ambiente, se pesa el recipiente con el agua y la muestra de suelo y se toma la temperatura, para obtener la masa de suelo seco, vierte todo el contenido en un tazón con más volumen, si quedan residuos del suelo en el picnómetro se debe rociar con un atomizador para extraer todo y dejarlo en el nuevo tazón.

El Gs se calcula de la siguiente manera:

Se calcula la masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura del ensayo:

$$M_{pw,t} = M_p + (V_p \times \rho_{w,t})$$

Donde:  $M_{pw,t}$ : Masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura de ensayo

$M_p$ : Masa promedio de calibración del picnómetro seco

$V_p$ : Volumen promedio de calibración del picnómetro seco

$\rho_{w,t}$ : Densidad del agua a la temperatura de ensayo

Se calcula la gravedad específica de las partículas sólidas del suelo a la temperatura de ensayo,  $G_t$ , con la expresión:

$$G_t = \frac{\rho_s}{\rho_{w,t}} = \frac{M_s}{[M_{pw,t} - (M_{pw,t} - M_s)]}$$

Donde:  $M_s$ : Masa de los sólidos del suelo secado en el horno.

$\rho_s$ : Densidad de las partículas sólidas, g/cm<sup>3</sup>;

Se calcula la gravedad específica de las partículas sólidas del suelo a 20° C,  $G_{20^\circ C}$ , con la expresión:

$$G_{20^{\circ}C} = k \times G_t$$

**3.2.8. Cálculo de la actividad de los suelos.** (Higuera et al, 2012) definen la actividad como la tendencia a rodear cada partícula de películas de agua «gruesas» que actúan como lubricante, destruye su capacidad para servir de medio ligante y determinar marcados cambios de volumen y pérdida de la resistencia del sistema suelo-agua, bajo cargas.

El valor la actividad se halla con la relación entre el índice de plasticidad del suelo, y el porcentaje de partículas finas con diámetro menor a 2  $\mu\text{m}$ .

$$A = \frac{IP}{\% \text{ de fraccion de arcilla}}$$

#### **4. Procedimiento general**

Se evaluaron los puntos de recolección de muestras en la Urbanización Cormoranes analizando todos los posibles puntos de interés acompañados del presidente de la Junta de acción comunal, se logró seleccionar suelos donde los edificios aledaños presentan daños estructurales como grietas, inclinaciones del edificio, andenes partidos por la socavación del terreno, debido a los suelos del lugar.

Se procedió a realizar tres apiques de profundidad de dos metros noventa (2.90m) para la toma de muestras a profundidades de cero comas nueve metros (0.9m), un metro y medio (1.5m) y dos metros noventa (2.90m). Se tomaron las muestras raspando las paredes del apique. Se obtuvo un aproximado de cincuenta kilogramos (50Kg) de cada muestra para la elaboración de los ensayos pertinentes. El suelo extraído fue trasladado a los laboratorios de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS).

##### **4.1. Descripción del suelo natural.**

La urbanización Cormoranes tiene un área aproximada de 37600 m<sup>2</sup>, en esta área las zonas con suelo al descubierto son muy pocas debido a las torres de apartamentos. Estos sitios de la urbanización fueron de gran importancia, no solo para la extracción de muestras, sino también para observar en que sitios específicos encontrábamos las grietas y lozas de concreto levantadas gracias a una posible expansión del suelo.

Estas zonas de suelo al descubierto tenían poca vegetación de manera que estaban totalmente expuestas a la acción del agua y el sol en el subsuelo.

Al sur de la urbanización se encuentra un drenaje natural con poco caudal aparente, su curso está alejado de la mayoría de torres de la urbanización, lo suficiente como para no tener un impacto significativo en las viviendas.

A continuación, se presentan los detalles más importantes de los apiques realizados para el estudio del presente proyecto.

#### Detalles del Apique 1:

- Ubicación: Urbanización Cormoranes (al lado de la torre 28)
- Coordenadas: Latitud 7°55'49.0''N y Longitud 72°31'53.7''W
- Profundidad de toma de muestras: 0.9m, 1.5m y 2.90m
- Descripción de la muestra in situ: Arcilla en estado saturado (debido a presencia de agua de sistema hidrosanitario del edificio) de color amarillo con vetas grises, untuoso sobre excediendo el límite plástico, pero su consistencia era suficiente para mantenerla en la mano.

#### Detalles del Apique 2:

- Ubicación: Urbanización Cormoranes (al lado de las canchas del conjunto).
- Coordenadas: Latitud 7°55'44.1''N y Longitud 73°31'52.1''W.
- Profundidad de toma de muestras: (en la profundidad 0.9m no se tomó muestra por haber ser material de relleno) 1.5m y 2.90m.

- Descripción de la muestra in situ: Arcilla friable al tacto con una humedad aparente cercana al límite plástico en la profundidad de 1.5m, al llegar al fondo 2.90m se encuentra con una humedad aparente por debajo del límite plástico. La arcilla contenía pequeñas vetas de color gris y rojo. Su consolidación natural es poca.

#### Detalles del Apique 3:

- Ubicación: Urbanización Cormoranes (lote cruzando la calle frente a las canchas del conjunto).
- Coordenadas: Latitud 7°55'46.1''N y Longitud 73°31'51.4''W.
- Profundidad de toma de muestras: 0.9m, 1.5m y 2.90m.
- Descripción de la muestra in situ: Arcilla Pizarrosa en la cual se hacen presente laminaciones de color pardo rojizo y gris claro, con lentes de yeso beige, su estado de compactación natural se encuentra bien consolidado.

#### **4.2. Ensayos de laboratorios realizados**

A continuación, se enlistan los ensayos de laboratorio realizados en las muestras de suelos al natural, y suelo tratado con el aditivo, con el fin de caracterizar y encontrar los valores de los parámetros geotécnicos más relevantes.

**Tabla 4.**  
Laboratorios físicos, y mecánicos para la caracterización del suelo

Material	Parámetros	Laboratorios
NATURAL	FISICO	Humedad Natural
		Granulometría
		Lavado Tamiz N° 200
		Gravedad Especifica
		Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos empleando un hidrómetro
		Límites de Atterberg. (LL, LP, IP Y LC)
TRATADO CON ADITIVO	MECANICA	Expansión Libre en Probeta
		Presión de Expansión en el Aparato de Lambe
		Límites de Atterberg. (LL, LP, IP)
	MECANICA	Presión de Expansión en el Aparato de Lambe

### 4.3. Caracterización de las muestras tomadas.

La siguiente tabla, muestra ordenadamente los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en las muestras de suelos al natural, los parámetros del suelo hallados son de vital importancia a la hora de entender sus cualidades e interacciones con el agua y con la estructura. (los formatos de cada ensayo de laboratorio aparecen ordenados por muestras en los anexos del proyecto).

**Tabla 5.**  
Caracterización de las muestras de suelo natural.

	A1-M1	A1-M2	A1-M3	A2-M2	A2-M3	A3-M1	A3-M2	A3-M3
<b>Profundidad (m)</b>	0.9	1.5	2.9	1.5	2.9	0.9	1.5	2.9
<b>Humedad Natural</b>								
<b>Humedad Natural (%)</b>	17,88	25,32	24,91	16,48	12,74	18,48	18,21	20,58
<b>Límites de Atterberg</b>								
<b>Límite Líquido (%)</b>	58,21	56,31	73,11	48,38	50,81	59,77	56,74	76,93
<b>Límite Plástico (%)</b>	23,49	15,34	26,33	17,8	17,44	20,08	18,74	23,18
<b>Índice de Plasticidad (%)</b>	34,75	40,96	46,78	30,58	33,37	39,69	38	53,75
<b>Límite de contracción (%)</b>	8.77	7.73	10.24	8.84	8.31	9.67	8.44	9.61
<b>Índice de contracción (%)</b>	14.72	7.61	16.09	8.96	9.13	10.41	10.3	13.57
<b>Clasificación</b>								
<b>AASHTO</b>	A-7-6(19)	A-7-6(19)	A-7-6(20)	A-7-6(17)	A-7-6(18)	A-7-6(19)	A-7-6(19)	A-7-6(20)
<b>U.S.C.S</b>	CH	CH	CH	CL	CH	CH	CH	CH
<b>Cambio Volumétrico Potencial CVP Al 50% humedad relativa</b>								
<b>CVP</b>	1,50	3,18	3,10	1,36	1,71	2,87	2,51	6,00
<b>Condición para el suelo</b>	No crítica	Marginal	Marginal	No crítica	No crítica	Marginal	Marginal	Crítica

Con base en los valores del índice de plasticidad (IP) de cada muestra de suelo, se seleccionaron tres muestras con el mayor valor en este parámetro, con el fin de ser tratadas para el estudio de su comportamiento con los aditivos seleccionados.

Las muestras seleccionadas fueron:

- A1-M3 con un índice de plasticidad (IP) de 46.78%
- A2-M3 con un índice de plasticidad (IP) de 33.37%
- A3-M3 con un índice de plasticidad (IP) de 53.75%

Con la selección de las muestras A1-M3, A2-M3 y A3-M3 se realizaron a demás, ensayos de laboratorio diferentes para conocer otras características geotécnicas, en el proceso, encontramos

que los datos del cambio volumétrico potencial al 50% de la humedad relativa, no eran tan fiables como se pensaba, debido a que las muestras, al realizarse su respectivo procedimiento no quedaban totalmente húmedas y esto podría generar un valor erróneo.

Siendo así, se optó por realizar el ensayo de la presión de expansión en el aparato de Lambe con la muestra previamente humedecida con el porcentaje de humedad de su límite plástico, esto arrojó valores más congruentes con la problemática del suelo presente en el sector.

Los valores de los nuevos ensayos y los anteriores, se resumen en la tabla 6, como se muestra a continuación:

**Tabla 6.**

Caracterización de las muestras seleccionadas de los suelos.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>Clasificación</b>			
<b>AASHTO</b>	A-7-6 (20)	A-7-6 (18)	A-7-6 (20)
<b>U.S.C</b>	CH	CH	CH
<b>Parámetros físicos en estado natural</b>			
<b>Gravedad Especifica (Gs)</b>	2,71	2,72	2,69
<b>Humedad Natural (%)</b>	24,9	12,741	20,577
<b>Cambio Volumétrico Potencial CVP Al Limite Plástico</b>	4,93	4,12	6,5
<b>Cambio Volumétrico Potencial CVP Al 50% humedad relativa</b>	3,23	1,68	6,2
<b>Índice de Expansión Libre (IEL)</b>	100%	112,5%	88,9
<b>Análisis Granulométrico</b>			
<b>Grava</b>	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Arena</b>	2,80%	4,40%	0,78%
<b>Arcilla</b>	97,20%	95,60%	99,22%
<b>Porcentaje de partículas menores a 2<math>\mu</math></b>			
<b>Porcentaje de partículas (%)</b>	68,20	64,77	90,20
<b>Límites de Consistencia</b>			
<b>Limite Liquido (%)</b>	73,11	50,81	76,94
<b>Limite Plástico (%)</b>	26,33	17,44	23,18
<b>Índice de Plasticidad (%)</b>	46,77	33,37	53,76
<b>Límite de contracción (%)</b>	10,24	8,31	9,61
<b>Índice de Contracción (%)</b>	16,09	9,13	13,57
<b>Parámetros mineralógicos</b>			
<b>Actividad</b>	0,69	0,52	0,6

Para tener una idea inicial de la expansividad del suelo, se usan los valores del límite líquido, índice de plasticidad, índice de contracción, índice de expansión libre y cambio volumétrico potencial; estos se ubican en los rangos presentados en las tablas de correlación de parámetros geotécnicos con el grado de expansión, propuestas por varios autores anteriormente, como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7.**

Correlaciones del IP, IC, LL, IEL Y CVP, con el grado de expansión.

Grado de expansión	Índice de plasticidad	Índice de contracción	Límite Líquido	Índice de expansión libre	Cambio Volumétrico Potencial (CVP)
	Norma IS 1498	(LP-LC)	Chen		
<b>Bajo</b>	<12	<15	<30	<50	<2
<b>Medio</b>	12-23	15-30	30-40	50-100	2-4
<b>Alto</b>	23-32	30-60	40-60	100-200	4-6
<b>Muy alto</b>	>32	>60	>60	>200	>6

Fuente: INV E – 132, (2013).

A partir de su actividad se puede tener una idea base del mineral predominante en el suelo estudiado, la siguiente tabla nos muestra rangos de valores de la actividad y su posible mineral.

**Tabla 8.**

Actividad de minerales de arcilla.

<u>Mineral</u>	<u>Actividad, A.</u>
Esmectitas	1-7
Ilita	0,5-1
Caolinita	0,5
Haloisita (2H <sub>2</sub> O)	0,5
Holoisita (4H <sub>2</sub> O)	0,1
Atapulgita	0,5-1,2
<u>Alófano</u>	<u>0,5-1,2</u>

Fuente: Das, (2012).

Skempton (1948) Realizo un artículo donde reconoció que las arcillas se pueden clasificar en 3 grupos, estos son: inactivas, normales y activas, basadas en el valor de la relación de su actividad. Expresado como:

**Tabla 9.**

Actividad de las arcillas

<b>Clases de arcillas</b>	<b>Actividad</b>
Inactiva	<0,75
Normal	0,75-1,25
Activa	>1,25

Fuente: Skempton (1953).

Una vez encontradas las correlaciones se resumieron en la tabla 10 para su consecuente estudio.

**Tabla 10.**

Grados de expansión del suelo, según los diferentes parámetros geotécnicos.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>Características con base en parámetros mecánico</b>			
<b>Condición para el suelo según CVP</b>	Critica	Critica	Muy Critica
<b>Características con base en parámetros físicos</b>			
<b>Grado de expansión según el IEL</b>	Alto	Alto	Medio
<b>Grado de expansión según el IP</b>	Muy alto	Muy alto	Muy alto
<b>Grado de expansión según el LL</b>	Muy alto	Alto	Muy alto
<b>Grado de expansión según el IC</b>	Medio	Bajo	Bajo
<b>Características con base en parámetros mineralógicos</b>			
<b>Actividad</b>	inactiva	inactiva	inactiva
<b>Mineral, según la actividad</b>	Ilita	Ilita	Ilita

#### 4.4. Selección del Porcentaje de aditivo para cada muestra.

Al tener ya seleccionados los suelos a estudiar, evaluando sus parámetros geotécnicos, se procede a obtener el porcentaje de aditivo más adecuado para cada muestra de suelo.

Con el fin de encontrar el porcentaje en peso que se utilizara en cada una de las mezclas, se escogieron valores basados en datos de diferentes autores.

Los tratamientos de estabilización de suelos suelen requerir porcentajes altos de cal, dado que las primeras dosis de la misma se emplean en los mecanismos de mejora y que es indispensable

la disposición de cal libre en cantidad suficiente para mantener las reacciones puzolánicas perseguidas. Se suelen proyectar así tratamientos de estabilización con valores siempre superiores al 3% de cal, llegando incluso a valores del 8% y 10 %. (Bauza. J, 2004)

Montejo (2002) habla que algunas arcillas muy plásticas redujeron su plasticidad significativamente luego de ser tratadas con 2% o 3% de cemento o de cal hidratada.

Para efectos de la investigación se utilizaron porcentajes de aditivos similares en los tres tipos de aditivos a estudiar, teniendo en cuenta esto, cabe recalcar que aditivos como el cemento y las cenizas tienen cierta dificultad de obtención.

El cemento presenta un elevado costo a la hora de requerirse en cantidades de nivel de proyectos ingenieriles y las cenizas volantes en grandes cantidades dificulta su obtención, debido a su origen.

Con esta información previa, los porcentajes seleccionados para trabajar están en el rango de 4% a 6% de aditivo haciendo escalas cada 0.5%, así tendríamos 5 valores diferentes de porcentajes en peso para seleccionar, 4.0%, 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%

En las siguientes tablas se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados con los diferentes porcentajes de mezclas suelo-aditivo:

**Tabla 11.**  
Resultados de los ensayos de límites de Atterberg en suelos mezcla con cal.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>Mezclas con cal al 4,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	71,67%	50,75%	51,22%
<b>Límite Plástico</b>	38,91%	36,11%	35,07%
<b>Índice de Plasticidad</b>	32,76%	14,64%	16,15%
<b>Mezclas con cal al 4,5% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	68,73%	47,13%	49,36%
<b>Límite Plástico</b>	37,84%	33,66%	35,43%
<b>Índice de Plasticidad</b>	30,89%	13,47%	13,93%
<b>Mezclas con cal al 5,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	64,77%	42,54%	48,47%
<b>Límite Plástico</b>	36,42%	32,49%	35,52%
<b>Índice de Plasticidad</b>	28,35%	10,05%	12,94%
<b>Mezclas con cal al 5,5% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	62,26%	43,62%	47,93%
<b>Límite Plástico</b>	34,37%	36,17%	35,72%
<b>Índice de Plasticidad</b>	27,89%	7,44%	12,21%
<b>Mezclas con cal al 6,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	60,23%	44,97%	48,84%
<b>Límite Plástico</b>	33,94%	38,61%	36,73%
<b>Índice de Plasticidad</b>	26,29%	6,35%	12,11%

**Tabla 12.**  
Resultados de los ensayos de límites de Atterberg en suelos mezcla con cemento.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>Mezclas con cemento al 4,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	68,12%	51,96%	62,26%
<b>Límite Plástico</b>	25,12%	24,11%	25,03%
<b>Índice de Plasticidad</b>	43,00%	27,85%	37,23%
<b>Mezclas con cemento al 4,5% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	67,23%	51,25%	61,44%
<b>Límite Plástico</b>	26,62%	23,74%	26,55%
<b>Índice de Plasticidad</b>	40,60%	27,51%	34,89%
<b>Mezclas con cemento al 5,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	66,01%	48,47%	59,64%
<b>Límite Plástico</b>	26,93%	23,17%	27,42%
<b>Índice de Plasticidad</b>	39,07%	25,30%	32,22%
<b>Mezclas con cemento al 5,5% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	65,34%	48,98%	58,60%
<b>Límite Plástico</b>	27,14%	26,46%	28,08%
<b>Índice de Plasticidad</b>	38,20%	22,53%	30,52%
<b>Mezclas con cemento al 6,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	65,12%	47,48%	58,29%
<b>Límite Plástico</b>	27,52%	25,53%	28,35%
<b>Índice de Plasticidad</b>	37,60%	21,95%	29,94%

**Tabla 13.**

Resultados de los ensayos de límites de Atterberg en suelos mezcla con cenizas volantes.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>Mezclas con cenizas volantes al 4,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	59,97%	46,26%	59,47%
<b>Límite Plástico</b>	26,80%	22,82%	23,38%
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,16%	23,44%	36,09%
<b>Mezclas con cenizas volantes al 4,5% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	59,23%	45,61%	58,13%
<b>Límite Plástico</b>	26,16%	22,66%	24,13%
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,07%	22,94%	33,99%
<b>Mezclas con cenizas volantes al 5,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	56,16%	44,48%	61,62%
<b>Límite Plástico</b>	20,39%	22,44%	24,78%
<b>Índice de Plasticidad</b>	35,77%	22,04%	36,83%
<b>Mezclas con cenizas volantes al 5,5% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	54,56%	42,61%	59,29%
<b>Límite Plástico</b>	23,93%	23,45%	27,89%
<b>Índice de Plasticidad</b>	30,63%	19,17%	31,40%
<b>Mezclas con cenizas volantes al 6,0% en peso</b>			
<b>Límite Líquido</b>	54,32%	41,19%	59,42%
<b>Límite Plástico</b>	23,85%	23,58%	28,06%
<b>Índice de Plasticidad</b>	30,47%	17,60%	31,36%

De los datos obtenidos de los ensayos de límites de Atterberg se seleccionaron los valores correspondientes al índice de plasticidad, con el fin de usarlos junto con los valores del cambio volumétrico potencial, para elegir el porcentaje de aditivo a usar en cada suelo.

**Tabla 14.**

Resumen de los índices de plasticidad de las muestras estabilizadas con varios porcentajes de aditivo.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>Índice de plasticidad de mezclas con cenizas volantes</b>			
<b>Mezcla al 4,00%</b>	33,16%	23,44%	36,09%
<b>Mezcla al 4,50%</b>	33,07%	22,94%	33,99%
<b>Mezcla al 5,00%</b>	35,77%	22,04%	36,83%
<b>Mezcla al 5,50%</b>	30,63%	19,17%	31,40%
<b>Mezcla al 6,00%</b>	30,47%	17,60%	31,36%
<b>Índice de plasticidad de mezclas con cal</b>			
<b>Mezcla al 4,00%</b>	32,76%	14,64%	16,15%
<b>Mezcla al 4,50%</b>	30,89%	13,47%	13,93%
<b>Mezcla al 5,00%</b>	28,35%	10,05%	12,94%
<b>Mezcla al 5,50%</b>	27,89%	7,44%	12,21%
<b>Mezcla al 6,00%</b>	26,29%	6,35%	12,11%
<b>Índice de plasticidad de mezclas con cemento</b>			
<b>Mezcla al 4,00%</b>	43,00%	27,85%	37,23%
<b>Mezcla al 4,50%</b>	40,60%	27,51%	34,89%
<b>Mezcla al 5,00%</b>	39,07%	25,30%	32,22%
<b>Mezcla al 5,50%</b>	38,20%	22,53%	30,52%
<b>Mezcla al 6,00%</b>	37,60%	21,95%	29,94%

A continuación, se presentan las gráficas resumen del cambio del índice de plasticidad con cada porcentaje de aditivo.

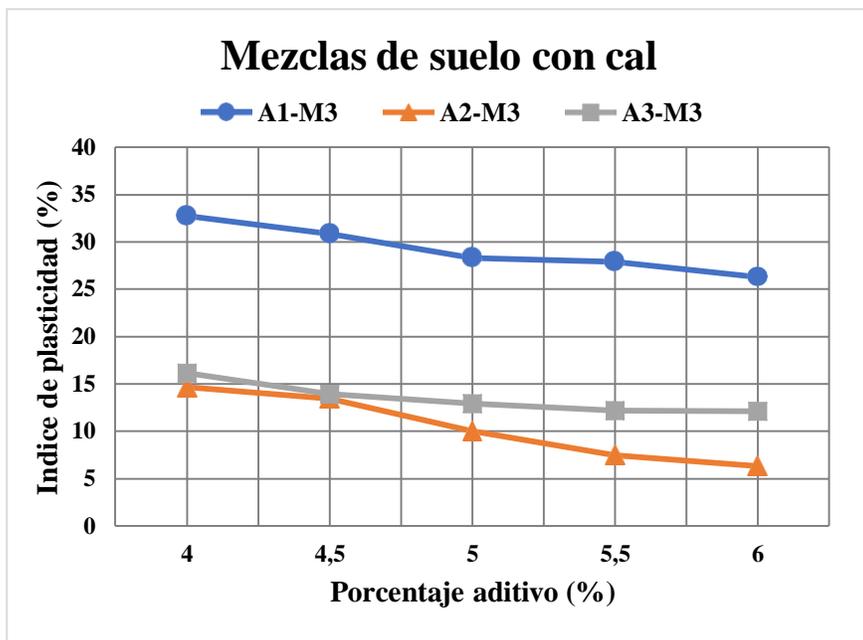


Figura 7. Cambio de los índices de plasticidad con respecto a los porcentajes de cal.

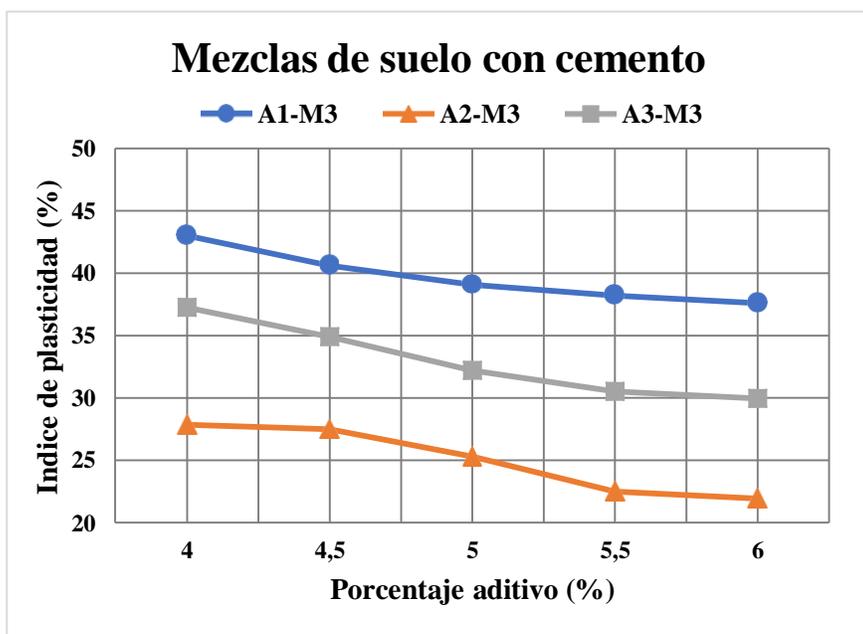
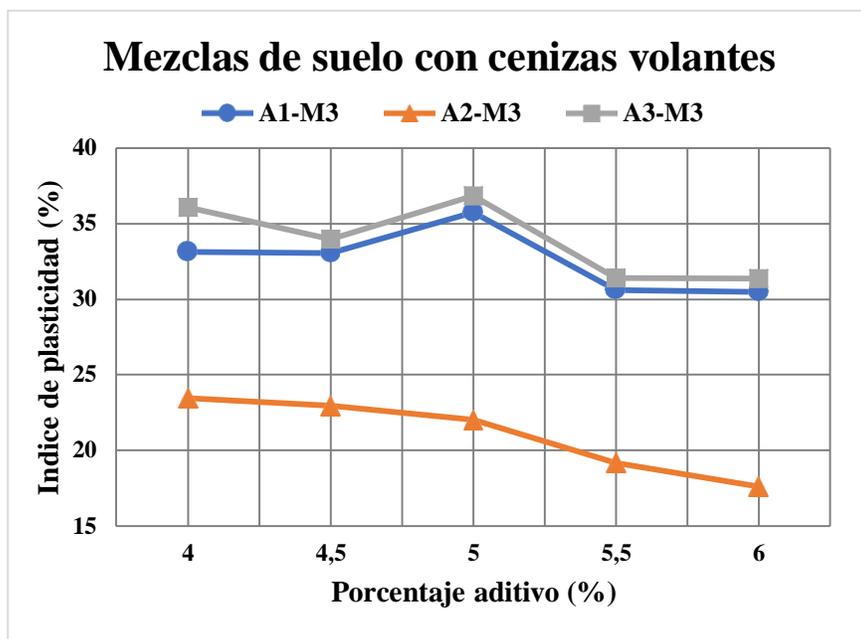


Figura 8. Cambio de los índices de plasticidad con respecto a los porcentajes de cemento.



*Figura 9.* Cambio de los índices de plasticidad con respecto a los porcentajes de cenizas volantes.

En la Figura 7, 8 y 9 se muestra que los índices de plasticidad en las mezclas presentaron una disminución notable a medida que se aumentaba la cantidad de aditivo. Como parte de la selección del porcentaje a utilizar en cada suelo, usamos los valores del índice de plasticidad que tuvieron diferencias mínimas con un cambio de porcentaje de aditivo

A continuación, presentamos los resultados del ensayo de laboratorio de presión de expansión de lambe, en donde se muestra la variación del cambio volumétrico potencial (CVP) a medida que se incrementa el porcentaje de aditivo.

**Tabla 15.**

Resumen del CVP de las muestras estabilizadas en diferentes porcentajes.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>CVP de mezclas con cenizas</b>			
Mezcla al 4,00% del peso suelo	3,88	3,88	4,26
Mezcla al 4,50% del peso suelo	3,65	4,26	5,00
Mezcla al 5,00% del peso suelo	3,57	3,57	3,81
Mezcla al 5,50% del peso suelo	3,57	3,39	5,66
Mezcla al 6,00% del peso suelo	3,29	3,29	4,26
<b>CVP mezclas con cal</b>			
Mezcla al 4,00% del peso suelo	3,65	2,44	2,22
Mezcla al 4,50% del peso suelo	4,14	2,22	2,79
Mezcla al 5,00% del peso suelo	4,59	1,96	1,11
Mezcla al 5,50% del peso suelo	4,39	2,79	1,11
Mezcla al 6,00% del peso suelo	4,39	2,22	1,11
<b>CVP mezclas con cemento</b>			
Mezcla al 4,00% del peso suelo	5,05	3,65	2,22
Mezcla al 4,50% del peso suelo	3,48	1,96	4,78
Mezcla al 5,00% del peso suelo	2,94	1,11	4,43
Mezcla al 5,50% del peso suelo	2,22	1,96	5,52
Mezcla al 6,00% del peso suelo	2,22	2,22	5,00

De la tabla anterior obtenemos los gráficos que muestran de una manera visual la varían del cambio volumétrico potencial a medida que se cambial porcentaje de aditivo.

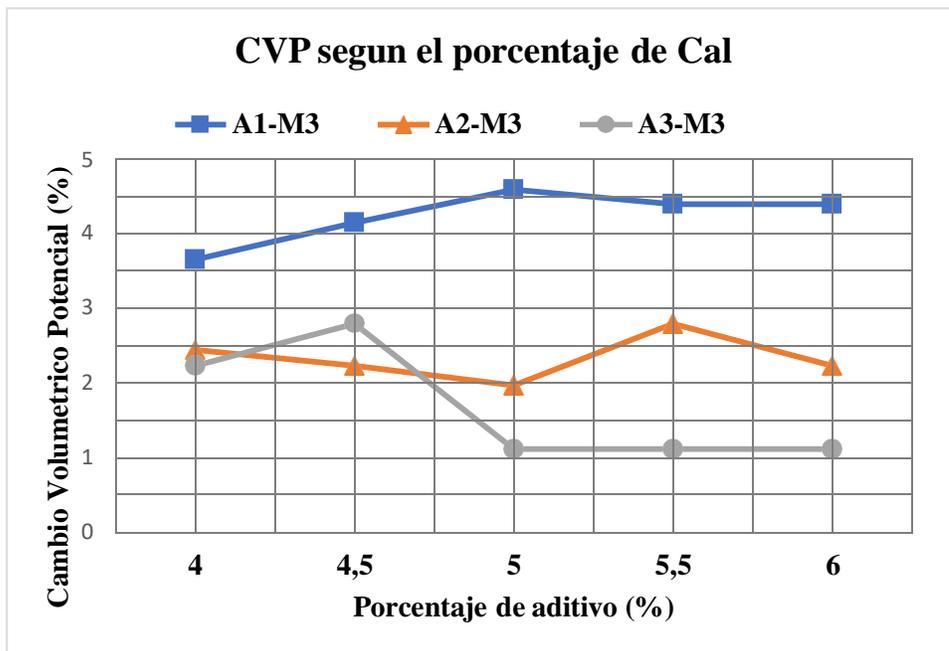


Figura 10. Comparación del CVP en diferentes porcentajes de cal por muestra.

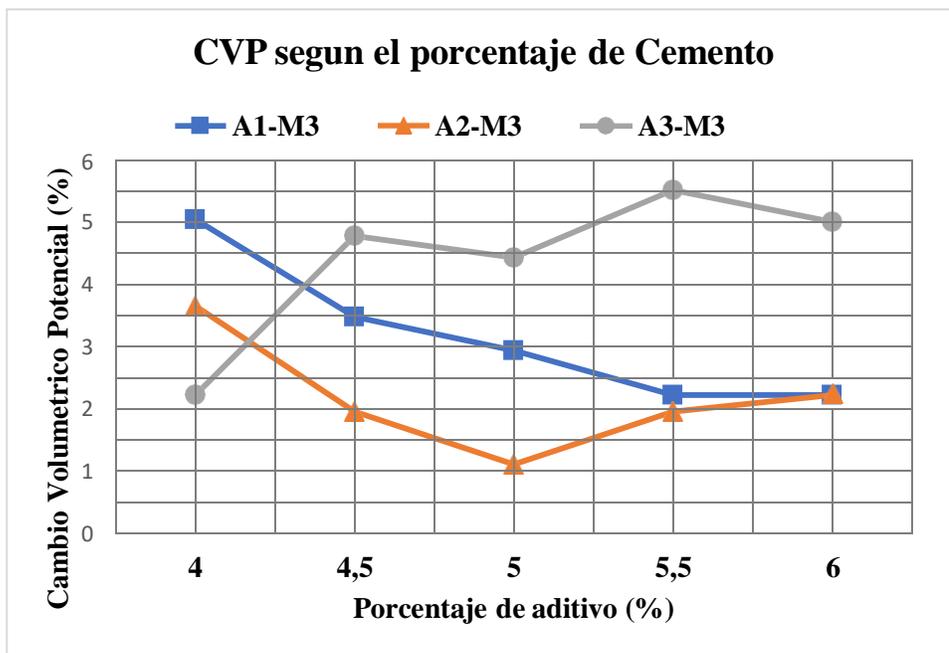
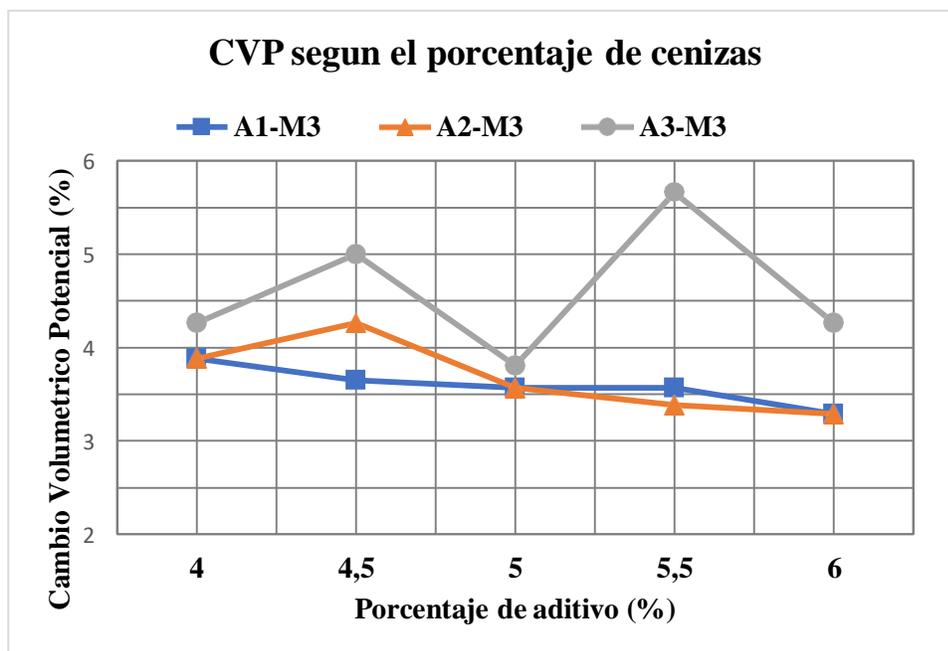


Figura 11. Comparación del CVP en diferentes porcentajes de cemento por muestra.



*Figura 12.* Comparación del CVP en diferentes porcentajes de cenizas volantes por muestra.

#### 4.4.1. Selección de porcentajes de diferentes aditivos para cada suelo.

**4.4.1.1 Muestra de suelo A1-M3.** Se seleccionó la cal al 5.5%, este fue escogido debido a que en la figura 7 fue el valor en donde la diferencia de índice de plasticidad era menor con respecto a los otros porcentajes de aditivo, y en la figura 10 el valor del 5.5% es donde el suelo comienza a tener valores estables de cambio volumétrico potencial.

Se seleccionó el cemento al 5.0%, su selección se debe a que en los dos ensayos de laboratorio fue el porcentaje medio entre los demás porcentajes que aparecen en las figuras 8 y 11.

La selección del valor de las cenizas volantes para cada suelo se basó en la poca diferencia de este dato con el siguiente porcentaje, siendo así, el valor del porcentaje de cenizas volantes para el suelo A1-M3 es de 5.5%

**4.4.1.2. Muestra de suelo A2-M3.** Aunque en la figura 10. el valor del CVP se elevó de forma atípica con el porcentaje de 5.5% de cal, en la Figura 7 el valor del índice de plasticidad de la cal al 5.5% disminuyó más que los anteriores porcentajes, por eso a pesar del valor contrario en el CVP se seleccionó para la cal el 5.5%

Para el cemento se seleccionó el porcentaje de 5.0%, gracias a que el CVP obtuvo su valor más bajo y que el índice de plasticidad obtuvo un valor medio en comparación de los demás porcentajes.

El porcentaje de cenizas volantes que se usaron en el suelo A2-M3 será de 4.0%, basados en que la diferencia del índice de plasticidad de este con el porcentaje más alto es muy mínima, esto también sucede con el cambio volumétrico potencial (CVP), se dedujo entonces que no habrá mucha diferencia si se usa un porcentaje de ceniza volantes más alto para el suelo A2-M3.

**4.4.1.3. Muestra de suelo A3-M3.** En la figura 10, vemos que luego de una elevación del cambio volumétrico potencial (CVP) con el 4.5% de cal, este vuelve a disminuir y empieza mantenerse constante con los demás porcentajes, y para el valor del índice de plasticidad la muestra con 5.0% de cal tuvo su valor promedio, de esta manera, se seleccionó el porcentaje de 5.0% de cal para suelo A3-M3.

Para seleccionar el porcentaje de cemento en la muestra de suelo A3-M3 solos nos basamos en el valor del índice de plasticidad que con 5.5% llego a un punto donde con un porcentaje más alto se halló un valor muy parecido.

Al igual que con el cemento, las cenizas volantes en los valores del índice de plasticidad llegaron a un punto donde se mantenían constante al hacer la mezcla con más porcentaje de aditivo, el porcentaje de ceniza volantes seleccionado para el suelo A3-M3 fue el 5.5%.

A continuación, mostramos la tabla resumen con los porcentajes de aditivos seleccionados para cada muestra de suelo:

**Tabla 16.**  
Porcentaje de aditivo seleccionado para cada muestra.

<b>Porcentaje de aditivo</b>		
<b>Suelo A1-M3</b>	Cal	5,5%
	Cemento	4,5%
	Cenizas Volantes	5,5%
<b>Suelo A2-M3</b>	Cal	5,5%
	Cemento	5,0%
	Cenizas Volantes	4,0%
<b>Suelo A3-M3</b>	Cal	5,0%
	Cemento	5,5%
	Cenizas Volantes	5,5%

## 5. Resultados y discusión.

### 5.1. Límites de Atterberg de las mezclas suelo-aditivo a través del tiempo.

En esta sección se presentan los resultados de los laboratorios realizados en las mezclas suelo-aditivo inmediatamente de haberse hecho la muestra, y luego de 1, 2 y 3 meses, a su vez comparado con el suelo natural.

**Tabla 17.**

Límites de Atterberg muestra natural y mezclas del suelo A1-M3.

	Natural	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<b>Mezclas con cal 5,5%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	73,11 %	62,26 %	70,90 %	78,20 %	69,12 %
<b>Límite Plástico</b>	26,33 %	34,37 %	45,69 %	48,52 %	41,92 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	46,77 %	27,89 %	25,20 %	29,68 %	27,20 %
<b>Mezclas con cemento 4,5%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	73,11 %	67,23 %	63,04 %	64,83 %	60,17 %
<b>Límite Plástico</b>	26,33 %	26,62 %	33,67 %	32,05 %	26,66 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	46,77 %	40,60 %	29,37 %	32,79 %	33,51 %
<b>Mezclas con cenizas volantes 5,5%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	73,11 %	54,56%	53,19 %	61,28 %	52,48 %
<b>Límite Plástico</b>	26,33 %	23,93%	25,27 %	23,55 %	21,10 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	46,77 %	30,63%	27,92 %	37,72 %	31,38 %

**Tabla 18.**

Límites de Atterberg muestra natural y mezclas del suelo A2-M3.

	Natural	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<b>Mezclas con cal 5,5%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	50,81 %	43,62 %	68,69 %	67,11 %	67,63 %
<b>Límite Plástico</b>	17,44 %	36,17 %	45,96 %	46,62 %	42,87 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,37 %	7,44 %	22,72 %	20,49 %	24,76 %
<b>Mezclas con cemento 5,0%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	50,81 %	48,47 %	54,13 %	59,02 %	62,25 %
<b>Límite Plástico</b>	17,44 %	23,17 %	29,11 %	28,84 %	31,77 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,37 %	25,30 %	25,02 %	30,17 %	30,48 %
<b>Mezclas con cenizas volantes 4,0%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	50,81 %	46,26 %	47,28 %	47,80 %	48,05 %
<b>Límite Plástico</b>	17,44 %	22,82 %	20,53 %	20,47 %	20,84 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,37 %	23,44 %	26,75 %	27,33 %	27,21 %

**Tabla 19.**

Límites de Atterberg muestra natural y mezclas del suelo A3-M3.

	Natural	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<b>Mezclas con cal 5,0%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	76,94 %	48,47 %	58,26 %	61,36 %	69,92 %
<b>Límite Plástico</b>	23,18 %	35,52 %	38,93 %	39,67 %	41,95 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	53,76 %	12,94 %	19,33 %	21,70 %	27,96 %
<b>Mezclas con cemento 5,5%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	76,94 %	58,60 %	60,95 %	59,51 %	64,20 %
<b>Límite Plástico</b>	23,18 %	28,08 %	27,77 %	32,66 %	33,87 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	53,76 %	30,52 %	33,18 %	26,85 %	30,33 %
<b>Mezclas con cenizas volantes 5,5%</b>					
<b>Límite Líquido</b>	76,94 %	59,29%	69,12 %	55,16 %	55,44 %
<b>Límite Plástico</b>	23,18 %	27,89%	26,28 %	23,35 %	24,45 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	53,76 %	31,40%	42,84 %	31,81 %	31,00 %

Los resultados expuestos en las tablas anteriores de los límites de Atterberg se organizan y se comparan por medio de graficas donde se visualizan sus cambios a través del tiempo.

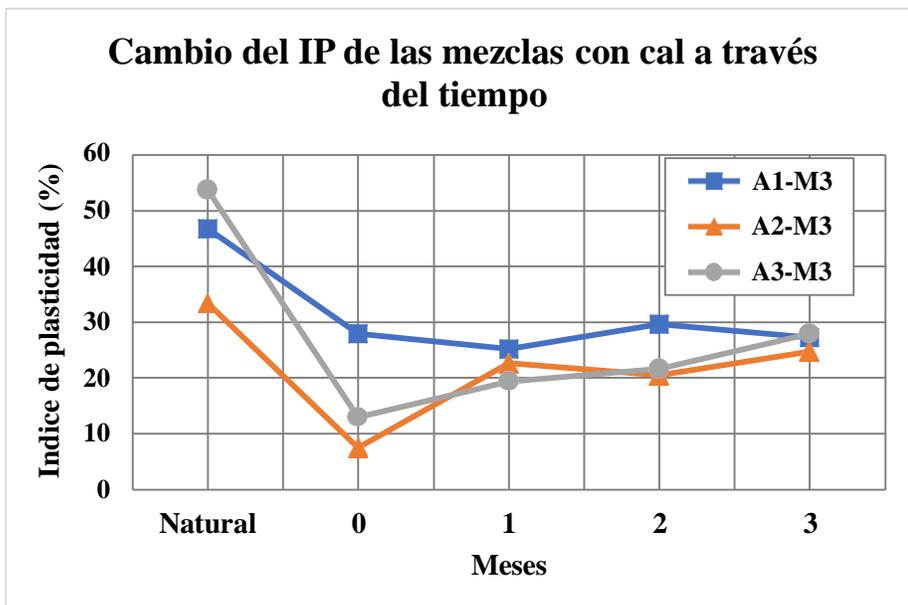


Figura 13. Cambio del IP de las mezclas con cal a través del tiempo.

A pesar de que los suelos naturales tienen diferentes índices de plasticidad entre ellos, la cal, encamina a lo largo del tiempo, a las tres mezclas de suelo a tener un valor del índice de plasticidad muy parecido, este cambio se aprecia de mejor manera en el último mes de estudio.

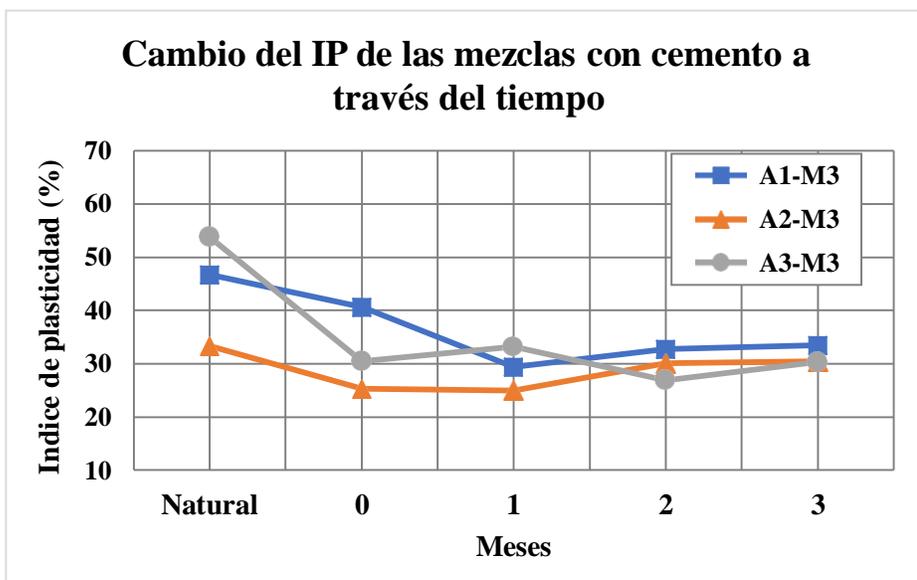
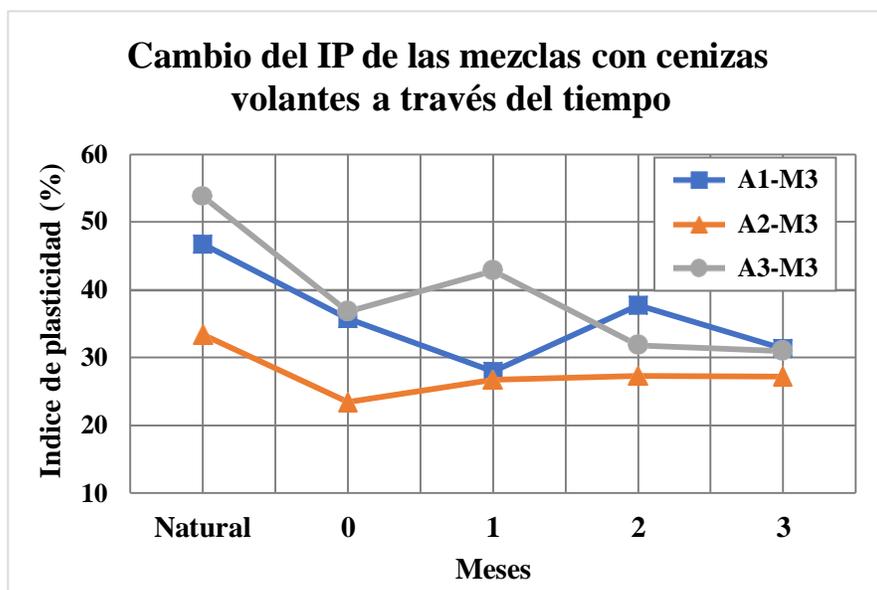


Figura 14. Cambio del IP de las mezclas con cemento a través del tiempo.

En la figura 14 los suelos tuvieron similitudes en los valores del índice de plasticidad en todo el tiempo de estudio. La muestra de suelos A2-

M3, aunque no tuvo una variación significativa del índice de plasticidad, su valor final resulto muy similar al de las otras muestras en el tercer mes.



*Figura 15.* Cambio del IP de las mezclas con cenizas volantes a través del tiempo.

Las cenizas volantes, inmediatamente y después de dos meses de haberlas mezclado con el suelo, dispersaron los valores del IP en las tres muestras, y al final del tercer mes, las tres mezclas volvieron a arrojar valores muy cercanos del índice de plasticidad.

En las siguientes figuras se presenta un resumen comparativo de los Límites de Atterberg de las muestras de suelo estabilizadas con los diferentes aditivos a través del tiempo:

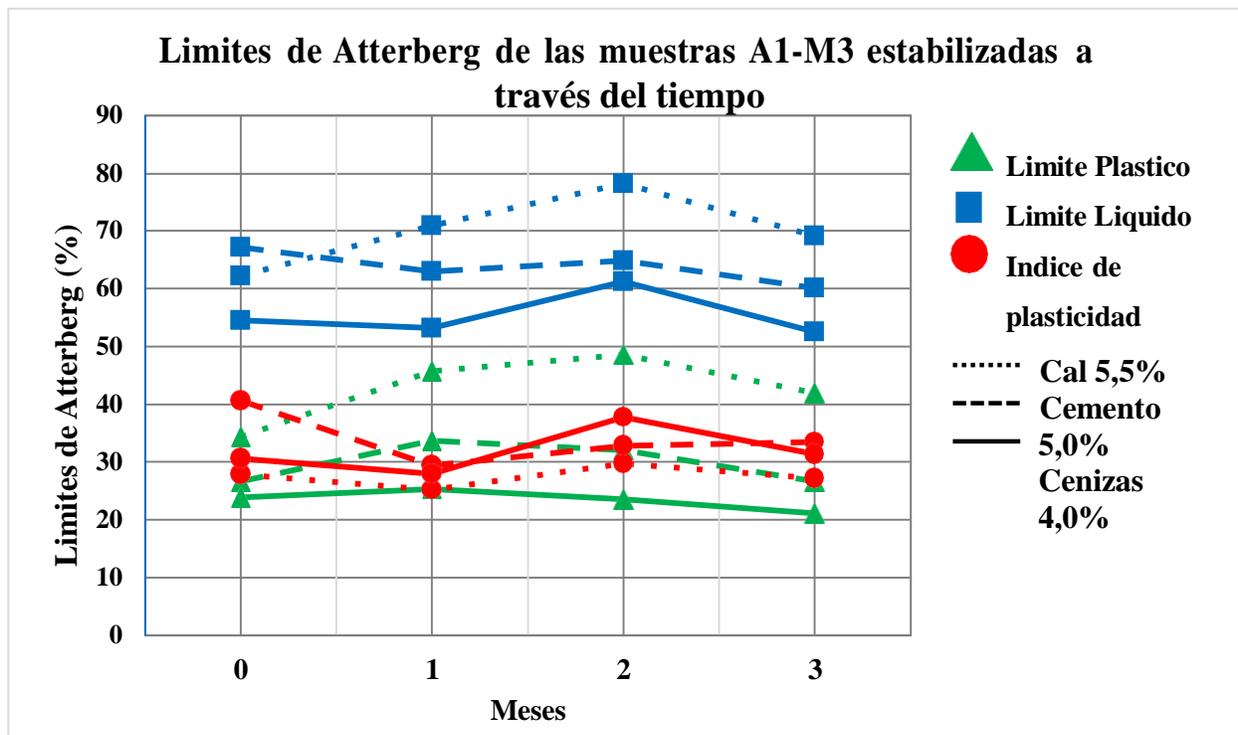


Figura 16. Cambio de los Limites de Atterberg en la muestra de suelo A1-M3 por aditivo a lo largo del tiempo.

En la figura 16 se pueden analizar y comparar el comportamiento de los Limites de Atterberg que se realizaron a las muestras de suelos estabilizadas del A1-M3. El límite líquido en la cal tuvo un aumento gradual desde el mes cero hasta el segundo mes de un 15.94% y comenzó a decaer a razón de un 10% hasta el tercer mes, mientras que el cemento y las cenizas volantes mantuvieron un comportamiento similar en todos los meses sin exceder un rango de diferencia del 10%. En los límites plásticos la cal, cemento y cenizas volantes tuvieron un mismo comportamiento que el límite líquido, muy semejante a este con el mismo patrón.

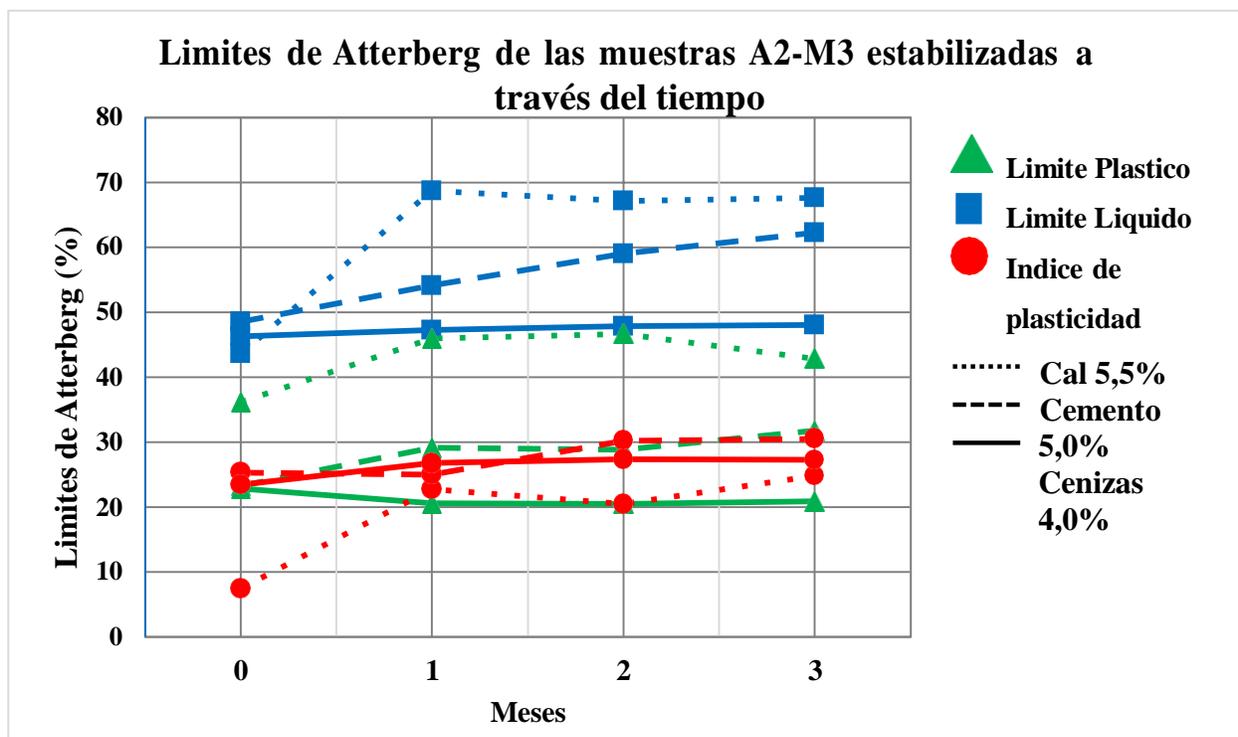


Figura 17. Cambio de los Límites de Atterberg en la muestra de suelo A2-M3 por aditivo a lo largo del tiempo.

En la figura 17 se pueden analizar y comparar el comportamiento de los Límites de Atterberg que se realizaron a las muestras de suelos estabilizadas del A2-M3. El límite líquido en la cal en el mes cero comenzó con un 43.62% y subió a 68.69% hasta el primer mes de ahí se mantuvo durante los 2 meses siguientes con muy poca diferencia. El límite líquido de la muestra estabilizada con cemento en el mes cero comenzó con un 48.47% y fue mes a mes subiendo un aproximado de 4.59% gradualmente. Mientras que la estabilización con cenizas volantes mostró un comportamiento casi constante a lo largo del tiempo a partir del mes cero con un 46.26% y al tercer mes llegando solo al 48.05%. El límite plástico en la cal subió desde el mes cero hasta el segundo mes a partir de ahí disminuye un poco. En el cemento el aumento fue igualmente gradual pero poco en consideración al límite líquido ya que este pasó del 23.17% del mes cero al 31.77% en el tercer mes.

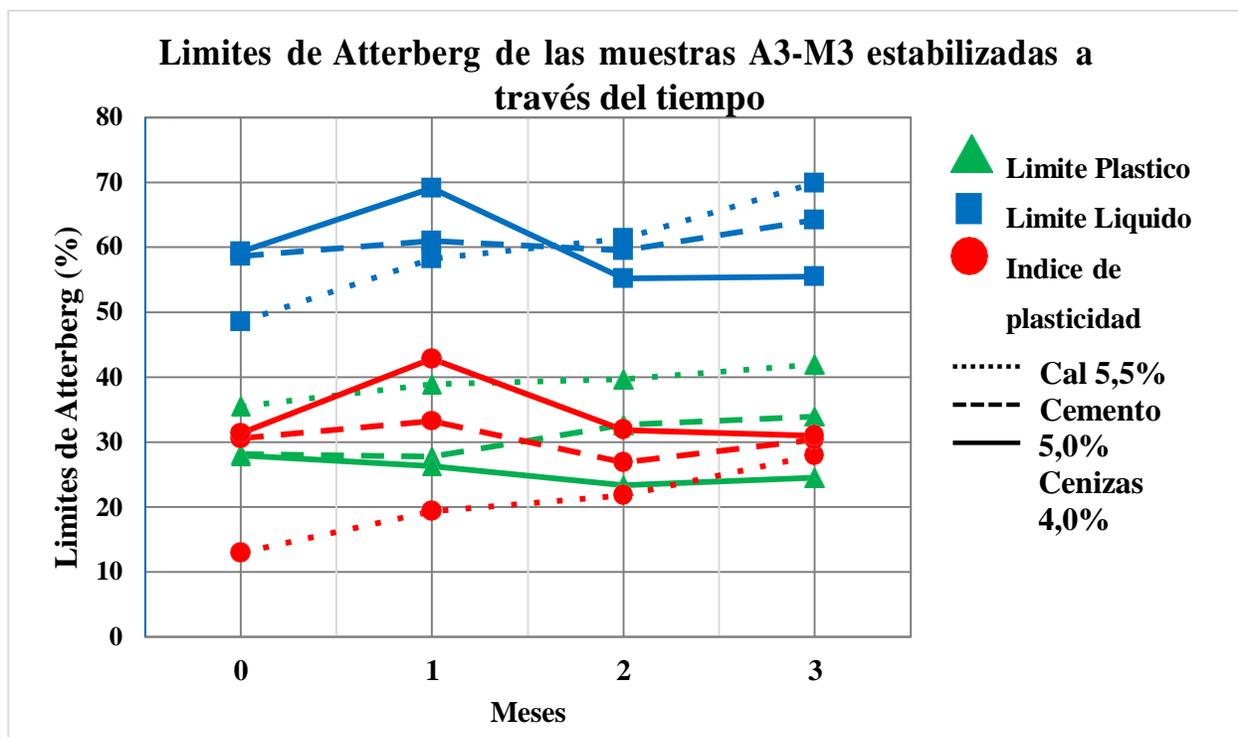


Figura 18. Cambio de los Limites de Atterberg en la muestra de suelo A3-M3 por aditivo a lo largo del tiempo.

En la figura 18 se pueden analizar y comparar el comportamiento de los Limites de Atterberg que se realizaron a las muestras de suelos estabilizadas del A3-M3. El límite líquido en la muestra con cal presenta un crecimiento gradual de un 8% aproximadamente hasta el tercer mes. Con el cemento tuvo un comportamiento constante sin cambios grandes en los tres meses de estudio, y en las cenizas volantes se presentó un aumento del 10% en el primer mes, para luego disminuir en el segundo mes y se mantiene constante en el tercer mes. El límite plástico en la cal presenta un crecimiento gradual de menor magnitud comparado con el límite líquido, a su vez el cemento y las cenizas volantes presentan similitud en su conducta en el mes 0. Pero el cemento aumento gradualmente hasta el tercer mes en un 5% aproximado y las cenizas disminuyeron lo mismo.

En las siguientes tablas se tomaron los índices de plasticidad de las muestras de suelo estabilizadas al largo del tiempo y se evaluó su grado de expansividad de acuerdo a la tabla 7.

**Tabla 20.**

Grado de expansión a partir del IP del suelo natural y las muestras de suelo estabilizado del A1-M3

	Natural	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<b>Mezclas con cal 5,5%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	46,77 %	27,89 %	25,20 %	29,68 %	27,20 %
<b>Mezclas con cemento 4,5%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	46,77 %	40,60 %	29,37 %	32,79 %	33,51 %
<b>Mezclas con cenizas volantes 5,0%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Muy alto	Alto	Muy Alto	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	46,77 %	35,77 %	27,92 %	37,72 %	31,38 %

**Tabla 21.**

Grado de expansión a partir del IP del suelo natural y las muestras de suelo estabilizado del A2-M3

	Natural	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<b>Mezclas con cal 5,5%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Bajo	Medio	Medio	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,37 %	7,44 %	22,72 %	20,49 %	24,76 %
<b>Mezclas con cemento 5,0%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,37 %	25,30 %	25,02 %	30,17 %	30,48 %
<b>Mezclas con cenizas volantes 4,0%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,37 %	23,44 %	26,75 %	27,33 %	27,21 %

**Tabla 22.**

Grado de expansión a partir del IP del suelo natural y las muestras de suelo estabilizado del A3-M3

	<b>Natural</b>	<b>Mes 0</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>
<b>Mezclas con cal 5,0%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Medio	Medio	Medio	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	53,76 %	12,94 %	19,33 %	21,70 %	27,96 %
<b>Mezclas con cemento 5,5%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	53,76 %	30,52 %	33,18 %	26,85 %	30,33 %
<b>Mezclas con cenizas volantes 5,0%</b>					
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	53,76 %	36,83 %	42,84 %	31,81 %	31,00 %

De acuerdo con las tablas 20, 21 y 22 se logró bajar el grado de expansividad del suelo ya que los índices de plasticidad de las muestras de suelo estabilizadas se modificaron con los porcentajes de aditivo utilizados en peso del suelo.

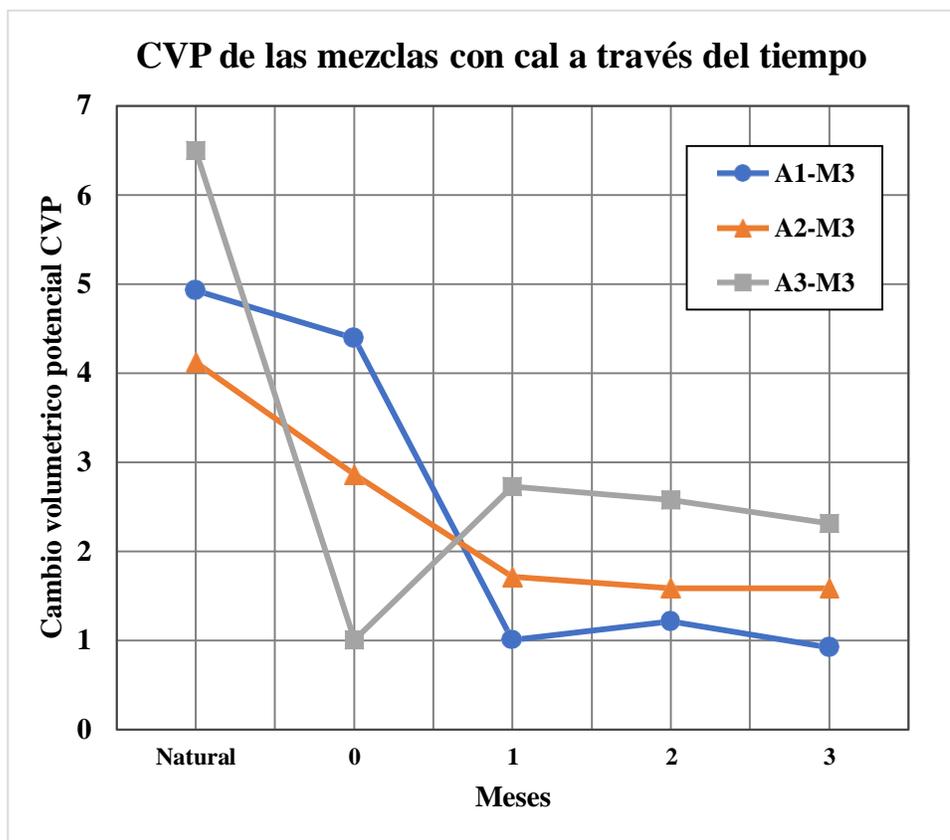
## **5.2. Cambio volumétrico potencial de las mezclas suelo-aditivo a través del tiempo.**

En la tabla 23 se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio de presión de expansión por el aparato de Lambe que se les hicieron a las muestras de suelo con aditivo a través del tiempo con su respectiva condición del suelo.

**Tabla 23.**

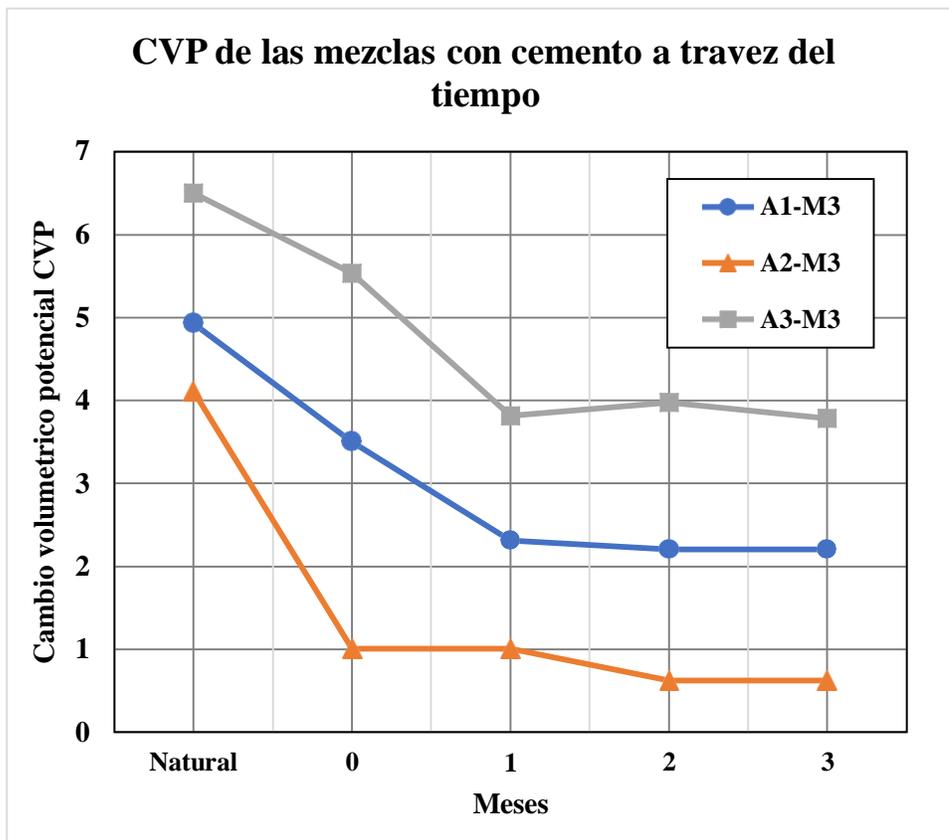
Valores del CVP al límite plástico, condición del suelo y grado de expansividad a través del tiempo.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>Mezclas con cal</b>			
<b>Muestra Natural</b>	4,93 Critico Alto	4,12 Critica Alto	6,5 Muy critica Muy alto
<b>Mes 0</b>	4,39 Critico Alto	2,86 Marginal Medio	1,0045 No critica Bajo
<b>Mes 1</b>	1,005 No critica Bajo	1,713 No critica Bajo	2,726 Marginal Medio
<b>Mes 2</b>	1,21 No critica Bajo	1,581 No critica Bajo	2,576 Marginal Medio
<b>Mes 3</b>	0,92 No critica Bajo	1,581 No critica Bajo	2,31 Marginal Medio
<b>Mezclas con cemento</b>			
<b>Muestra Natural</b>	4,93 Critica Alto	4,12 Critica Alto	6,5 Muy critica Muy alto
<b>Mes 0</b>	3,503 Marginal Medio	1,0045 No critica Bajo	5,535 Critica Alto
<b>Mes 1</b>	2,31 Marginal Medio	1,0045 No critica Bajo	3,82 Marginal Medio
<b>Mes 2</b>	2,204 Marginal Medio	0,621 No critica Bajo	3,975 Marginal Medio
<b>Mes 3</b>	2,204 Marginal Medio	0,621 No critica Bajo	3,789 Marginal Medio
<b>Mezclas con cenizas volantes</b>			
<b>Muestra Natural</b>	4,93 Critica Alto	4,12 Critica Alto	6,5 Muy critica Muy alto
<b>Mes 0</b>	3,586 Marginal Medio	4,227 Critica Alto	3,82 Marginal Medio
<b>Mes 1</b>	3,371 Marginal Medio	3,459 Marginal Medio	3,755 Marginal Medio
<b>Mes 2</b>	2,98 Marginal Medio	3,143 Marginal Medio	3,5 Marginal Medio
<b>Mes 3</b>	2,204 Marginal Medio	3,037 Marginal Medio	3,333 Marginal Medio



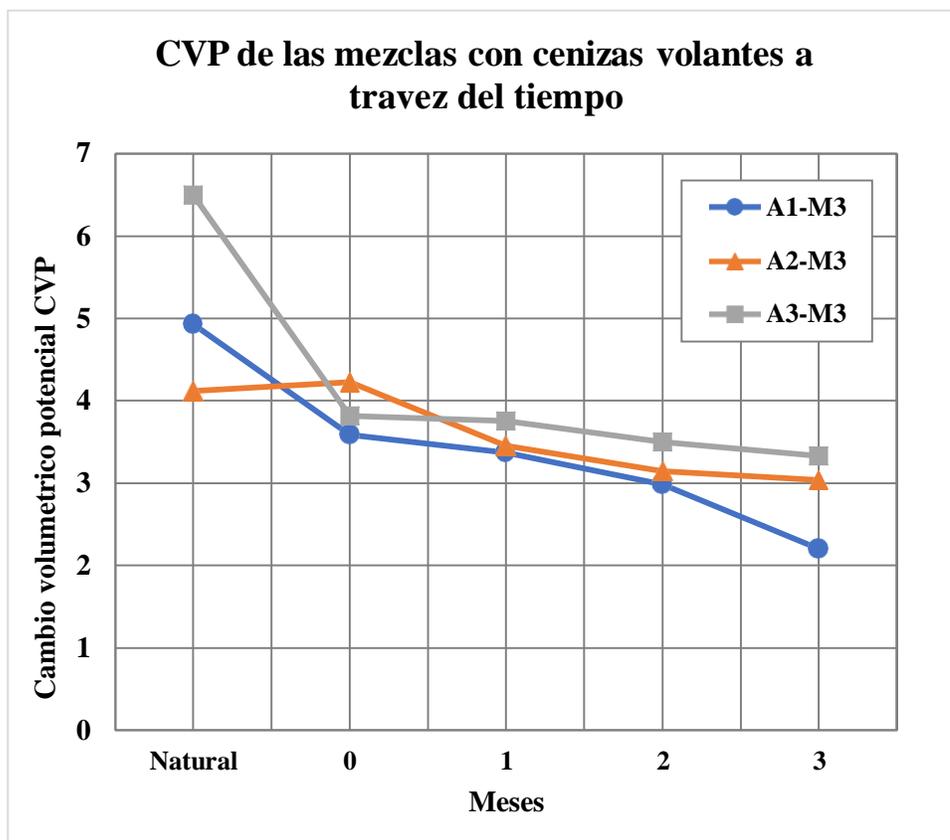
*Figura 19.* CVP de las muestras de suelo estabilizadas con cal a través del tiempo.

La figura 19 muestra como la cal reduce el valor del cambio volumétrico potencial (CVP) en los tres tipos de suelo y aunque en la muestra de suelo estabilizada A3-M3 tuvo una disminución muy significativa al momento de hacer la mezcla, el valor aumento para empezar luego empezar a decaer en menor proporción. La muestra de suelo A2-M3 comenzó gradualmente a disminuir hasta el primer mes donde se vuelve contante. Mientras que la muestra de suelo A1-M3 no presento una variación notable al mezclarse inicialmente con la cal, desde aquí tuvo una disminución abrupta del cambio volumétrico potencial al final del primer mes y luego de esto la variación casi nula.



*Figura 20.* CVP de las muestras de suelo estabilizadas con cemento a través del tiempo.

Como se aprecia la gráfica 20 los suelos estabilizados con cemento tuvieron un comportamiento similar. En los tres casos el suelo tuvo una disminución del cambio volumétrico potencial (CVP) considerable hasta el primer mes, y en los meses siguientes se mantuvo más o menos estables.



*Figura 21.* CVP de las muestras de suelo estabilizadas con cenizas a través del tiempo.

En la gráfica 21 las mezclas de suelo con las cenizas volantes en las muestras A1-M3 y A3-M3 se presenta una significativa disminución de cambio volumétrico potencial (CVP) a lo largo de los meses a partir de la mezcla con las cenizas volantes, mientras que en la muestra de suelo estabilizada A2-M3 no logro que disminuyera de manera significativa siendo poco efectiva.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

De los laboratorios que se realizaron a las muestras de suelos naturales en la urbanización Cormoranes, se puede concluir que:

Las muestras de los suelos recolectadas se clasificaron como arcillas de alta plasticidad (CH) según el Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S.C.S). Además, presentan una condición crítica y muy crítica según el cambio volumétrico potencial, con lo que podemos concluir que la capacidad que tiene el suelo para cambiar su volumen es alta. Y esto nos da una idea de que los suelos presentan expansividad.

Los parámetros físicos que se cotejaron fueron su índice de expansión libre, índice de plasticidad y límite líquido, estos señalaron que los grados de expansividad son altos y muy altos. Además, con el valor de índice de contracción se determinaron grados de expansión bajos y medios. Esta diferencia en los grados de expansión de las muestras de suelo puede deberse a que estos no presentan actividad.

Entonces se evidencio una discrepancia en la característica expansiva del suelo, dependiendo de los ensayos de laboratorio que se realizaron. A pesar de esto, la evidencia encontrada en la urbanización Cormoranes muestra que los suelos generan problemas en las obras civiles.

Por ese motivo se estabilizaron las muestras de suelo con cal, cemento y cenizas volantes, y de los ensayos de laboratorio realizados se concluyó que:

Los resultados de los límites de Atterberg en las muestras del suelo estabilizadas mostraron que los límites líquidos (LL) tuvieron una mediana disminución al final de los tres meses en la muestra de suelo A1-M3 con cualquier aditivo. Por el contrario, en la muestra de suelo A2-M3 a

lo largo de los tres meses este valor aumento y la muestra de suelo A3-M3 se comportó de manera similar al suelo A1-M3, pero las variaciones fueron un poco más significativas. El límite plástico (LP) como se esperaba, aumento en las tres muestras de suelo estabilizadas con los tres aditivos.

Debido a esto los índices de plasticidad con cada aditivo hicieron que las muestras se encaminaran a tener un valor muy cercano al 30%, y comparado con los valores naturales que se encontraban entre 30% y 50% podemos concluir que la disminución en el índice de plasticidad de las tres muestras de suelo fue baja, por esto al correlacionar estos valores en la tabla 7 encontramos que aún conservan un grado de expansión alto.

Para la muestra de suelo estabilizada A1-M3 basándose en la tabla 23. Su cambio volumétrico potencial (CVP) al límite plástico presenta una alta efectividad al momento de estabilizarlo con la cal, debido a que el suelo presentaba condición crítica al inicio del proyecto y desde el mes cero empezó a reducir su condición, luego de esto, a partir del primer mes presentaba una condición no crítica y esta se mantuvo hasta el final del estudio. Mientras que la estabilización de las muestras con cemento y cenizas volantes también lograron disminuir del valor del cambio volumétrico potencial mostrando un cambio en la condición del suelo de crítica a marginal.

Para la muestra de suelo estabilizada A2-M3 basándose en la tabla 23. Se muestran que en los suelos estabilizados con cal y cemento presentan un cambio volumétrico potencial optimo a lo largo de los tres meses bajando su condición de crítica a no crítica, haciendo que el suelo estabilizado presente un bajo potencial de expansión. Y en la estabilización de las muestras con cenizas volantes su cambio volumétrico potencial se muestra que no fue tan efectivo como los anteriores bajando su condición de crítica a marginal.

La muestra de suelo A3-M3 al estabilizarse con cal, arrojó una disminución considerable en su cambio volumétrico potencial bajando de su condición inicial de muy crítica a marginal. A pesar que, en la estabilización con cemento y cenizas volantes, su condición también fue marginal. Se mostró muy poca diferencia con el suelo natural, la cual no fue tan significativa en comparación en la estabilización con cal.

El análisis del cambio a las propiedades expansivas del suelo al estabilizarse con diferentes aditivos arrojó resultados opuestos, que no logran dar una respuesta definitiva a la pregunta formulada al principio del proyecto.

Los resultados del ensayo de laboratorio de los límites de Atterberg en las muestras de suelo estabilizadas a lo largo del tiempo, no lograron disminuir su grado de expansión como se esperaban, dado que su grado de expansión natural era muy alto y al concluir el estudio las muestras de suelo estabilizadas tuvieron un grado de expansión alto.

Por el contrario, los resultados del cambio volumétrico potencial nos muestran un cambio en su condición natural de muy crítica a marginal y no crítica. Lo que se concluye es que el suelo disminuyó su presión de expansión, pero aun así sigue comportándose como expansivo.

A pesar de todo, la cal como estabilizante tuvo mejores resultados que los demás aditivos a la hora de disminuir el potencial de expansión en las tres muestras, y si tenemos en cuenta que el valor del cambio volumétrico potencial da una idea muy clara de la expansión de suelo, la disminución de este favorece en gran medida a la solución del problema inicial. Entonces, los porcentajes entre el 5.0% y el 5.5% de cal fueron los que lograron disminuir de manera significativa este parámetro.

Al momento de clasificar un suelo si es expansivo, se basa en su clasificación granulométrica y en la composición mineralógica, estos suelos no tienen presencia de dichos minerales expansivos, pero tienen comportamiento de arcillas de alta plasticidad, esto lo vemos en la caracterización inicial donde el valor de la actividad de este suelo nos señaló que el mineral presente es la illita, la cual teóricamente no es un mineral de alta expansividad.

Por las anteriores razones nos parece adecuado implementar de manera temporal la cal como agente estabilizador, hasta que se estudie más a fondo la real expansividad del suelo, junto a un análisis mineralógico completo, logrando así, disminuir la presión de expansión del suelo lo cual evitaría más daños futuros en las estructuras a pesar de conservar cierta expansividad.

Se recomienda que los estudios posteriores de estos suelos se verifiquen que, si su mineral predominante es la illita. También es esencial realizar más estudios con diferentes aditivos.

Se debe tener en cuenta que para el estudio de estabilización con aditivos se recomienda estudiar su comportamiento en un tiempo mayor de 3 meses y evaluar sus parámetros químicos.

## 7. Artículo

### ANÁLISIS COMPARATIVO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS USANDO MEZCLAS EN PESO DE CAL CEMENTO Y CENIZAS VOLANTES. CASO DE ESTUDIO SAN JOSÉ DE CÚCUTA, COLOMBIA

C H Florez-Gongora<sup>1</sup>, O A Gaitan-Parada<sup>2</sup>, E Toloza-Bayona<sup>3</sup>

**Resumen.** Esta investigación desarrollo una comparación de mezclas en peso usando cal, cemento y cenizas volantes en arcilla que clasifica como expansiva. Las pruebas se hicieron para un tiempo de mezcla de inicial, uno, dos y tres meses para verificar la modificación del comportamiento expansivo sobre material arcilloso correspondiente a la zona occidental de la ciudad de San José de Cúcuta. Se evaluó el valor de los límites de Atterberg y la presión de expansión en el aparato de Lambe de muestras de suelo mezcladas con diferentes porcentajes de aditivos. En los resultados obtenidos del suelo natural se encontró que, los suelos son cohesivos de alta plasticidad (CH), según sus límites Atterberg, su grado de expansión es muy alto, y según el ensayo del aparato de lambe tiene una condición muy crítica. Se encontró que, con adición de diferentes porcentajes de cal en mezclas con el suelo, se obtuvo la mayor reducción de los índices de plasticidad, también estableciéndose una disminución del potencial de expansión entre el 60% y el 80%. Esta condición muestra que las mezclas con cal ofrecen una buena referencia en la búsqueda de estabilización del suelo.

**Palabras claves:** arcillas expansivas, estabilización química, cal, cemento, cenizas volantes.

**Abstract.** This research developed a comparison of mixtures by weight using lime, cement and fly ash in clay that classifies as expansive. The tests were made for a mixing time of one, two and three months to verify the modification of the expansive behavior on clay material corresponding to the western area of the city of San José de Cúcuta. The value of the Atterberg limits and the expansion pressure in the Lambe apparatus of soil samples mixed with different percentages of additives were evaluated. In the results obtained from the natural soil it was found that the soils are cohesive of high plasticity (CH), according to their Atterberg limits, their degree of expansion is very high, and according to the Lambe apparatus test it has a very critical condition. It was found that, with the addition of different percentages of lime in mixtures with the soil, the greatest reduction in plasticity indices was obtained, also establishing a decrease in the expansion potential between 60% and 80%. This condition shows that mixtures with lime offer a good reference in the search for soil stabilization.

**Keywords:** expansive clays, chemical stabilization, lime, cement, fly ash.

#### Introducción

La aparente expansividad [1] de los suelos arcillosos de algunos suelos de la ciudad de San José de Cúcuta, es un tema de vital importancia para la ingeniería civil por su comportamiento de cambio volumétrico debido a estudios previos realizados [2,3] a estos suelos se determinó que la presencia o escasez de agua es el factor más influyente a la hora de cambiar su volumen y dependiendo de su actividad [4,5]. En consecuencia, producen efectos negativos en las obras civiles.

Las arcillas expansivas son aquellas que al estar en presencia de agua muestran un cambio volumétrico significativo, esto es consecuencia de los minerales que lo componen debido a que su estructura laminada tiene espacio entre ellas que pueden adsorber el agua provocando la expansión [4,5].

Para prevenir problemas en las obras civiles debido a los cambios de volumen del suelo se hace por medio de la estabilización física y química sustitución del suelo expansivo, fundaciones especiales para cada suelo. En la estabilización lo que se busca es modificar ciertas características del suelo para obtener resultados favorables y mantener un comportamiento menos expansivo al estar en contacto con el agua [6,7,8].

Para este proyecto se estudia la estabilización química con cal [9,10] y el suelo en su estado natural. Estas muestras fueron recolectadas en la urbanización Cormoranes ubicada en la ciudad de San José de Cúcuta debido a que allí se presentan problemas estructurales en las torres de apartamentos y varias obras civiles debido a los problemas que tienen con los suelos arcillosos [11].

En la estabilización con cal su efectividad depende de la constitución mineralógica del suelo y algunas propiedades geotécnicas [12,13,14]. El propósito es modificarle características ya sea incrementando o disminuyendo algunas de estas. Dependiendo del objetivo se usaría en varias cantidades, ya que una cantidad mínima de cal para el tratamiento se utiliza para secar y modificar temporalmente los suelos. Un mayor grado de tratamiento con respaldo de diseños apropiados producen la estabilización estructural permanente en el suelo. Siente este aditivo uno de los más utilizados debido a los grandes cambios que realizan en el suelo con bajos costes con respecto a los otros medios estabilizadores del suelo [15,16].

### ***Procedimientos y conclusión***

La urbanización Cormoranes tiene zonas con suelo al descubierto son muy pocas debido a las torres de apartamentos. Estos sitios de la urbanización fueron de gran importancia, no solo para la extracción de muestras, sino también para observar en que sitios específicos encontrábamos las grietas y lozas de concreto levantadas gracias a una posible expansión del suelo. Estas zonas de suelo al descubierto tenían poca vegetación de manera que estaban totalmente expuestas a la acción del agua y el sol en el subsuelo.

### **Descripción de los suelos in situ.**

A continuación, se presentan los detalles más importantes de los apiques realizados para el estudio del presente proyecto. Descripción de la muestra del apique #1 in situ: Arcilla en estado saturado (debido a presencia de agua de sistema hidrosanitario del edificio) de color amarillo con vetas grises, untuoso sobre excediendo el límite plástico, pero su consistencia era suficiente para mantenerla en la mano.

Descripción de la muestra del apique #2 in situ: Arcilla friable al tacto con una humedad aparente cercana al límite plástico en la profundidad de 1.5m, al llegar al fondo 2.90m se encuentra con una humedad aparente por debajo del límite plástico. La arcilla contenía pequeñas vetas de color gris y rojo. Su consolidación natural es poca.

Descripción de la muestra del apique #3 in situ: Arcilla Pizarrosa en la cual se hacen presente laminaciones de color pardo rojizo y gris claro, con lentes de yeso beige, su estado de compactación natural se encuentra bien consolidado.

### **Caracterización de las muestras y selección del porcentaje de aditivo.**

La numeración de las muestras se decidió respecto a los apiques de los cuales fueron extraídas, A1, A2 y A3, son los tres apiques realizados, y M1, M2 y M3, la muestra de cada apique, (la muestra A2-M1 no existe al ser suelo de relleno).

Todas las muestras fueron clasificadas como arcillas de alta plasticidad (CH) según la U.S.C.S, las muestras con mayor índice de plasticidad e índice de contracción fueron seleccionadas para los estudios siguientes, estas fueron:

A1-M3 con un índice de plasticidad (IP) igual a 46.78%, y 16.09% de índice de contracción (IC). A2-M3 obtuvo un índice de plasticidad (IP) de 33.37% y un índice de contracción (IC) de 9.13%. La tercera muestra A3-M3 tuvo un índice de plasticidad (IP) de 53.75% y un índice de contracción (IC) de 13.57%.

Las características más relevantes de los tres suelos son resumidas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Caracterización de las muestras seleccionadas de los suelos.

	<b>A1-M3</b>	<b>A2-M3</b>	<b>A3-M3</b>
<b>Clasificación</b>			
<b>AASHTO</b>	A-7-6 (20)	A-7-6 (18)	A-7-6 (20)
<b>U.S.C</b>	CH	CH	CH
<b>Parámetros físicos en estado natural</b>			
<b>Gravedad Especifica (Gs)</b>	2,71	2,72	2,69
<b>Humedad Natural (%)</b>	24,9	12,741	20,577
<b>Cambio Volumétrico Potencial CVP Al Limite Plástico</b>	4,93	4,12	6,5
<b>Cambio Volumétrico Potencial CVP Al 50% humedad relativa</b>	3,23	1,68	6,2
<b>Índice de Expansión Libre (IEL)</b>	100%	112,5%	88,9
<b>Análisis Granulométrico</b>			
<b>Grava</b>	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Arena</b>	2,80%	4,40%	0,78%
<b>Arcilla</b>	97,20%	95,60%	99,22%
<b>Porcentaje de partículas menores a 2<math>\mu</math></b>			
<b>Porcentaje de partículas (%)</b>	68,20	64,77	90,20
<b>Límites de Consistencia</b>			
<b>Limite Liquido (%)</b>	73,11	50,81	76,94
<b>Limite Plástico (%)</b>	26,33	17,44	23,18
<b>Índice de Plasticidad (%)</b>	46,77	33,37	53,76
<b>Límite de contracción (%)</b>	10,24	8,31	9,61
<b>Índice de Contracción (%)</b>	16,09	9,13	13,57
<b>Parámetros mineralógicos</b>			
<b>Actividad</b>	0,69	0,52	0,6

Se usaron los valores del límite líquido, índice de plasticidad, índice de contracción, índice de expansión libre y cambio volumétrico potencial; para conocer el grado de expansión de cada suelo seleccionado para el estudio, según el índice de expansión libre (IEL) los tres suelos tienen un valor alto, también según el índice de plasticidad (IP), y el límite líquido (LL) los tres suelos tienen un grado alto, además, los tres suelos presentan condiciones críticas y muy críticas según el cambio volumétrico potencial (CVP). También es importante señalar que los tres suelos presentan un estado inactivo debido a que probablemente en mineral predominante de los tres suelos es la illita.

**Tabla 2.** Grados de expansión del suelo, según los diferentes parámetros geotécnicos de las muestras naturales.

	A1-M3	A2-M3	A3-M3
<b>Características con base en parámetros mecánico</b>			
<b>Condición para el suelo según CVP</b>	Critica	Critica	Muy Critica
<b>Características con base en parámetros físicos</b>			
<b>Grado de expansión según el IEL</b>	Alto	Alto	Medio
<b>Grado de expansión según el IP</b>	Muy alto	Muy alto	Muy alto
<b>Grado de expansión según el LL</b>	Muy alto	Alto	Muy alto
<b>Grado de expansión según el IC</b>	Medio	Bajo	Bajo
<b>Características con base en parámetros mineralógicos</b>			
<b>Actividad</b>	inactiva	inactiva	inactiva
<b>Mineral, según la actividad</b>	Illita	Illita	Illita

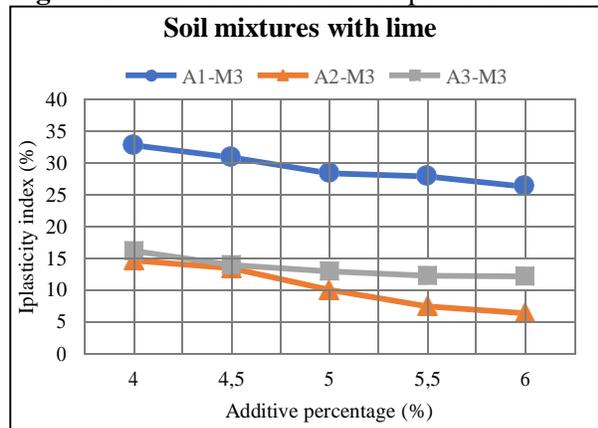
Con los posteriores ensayos de laboratorio se seleccionaron los porcentajes de aditivos a usar, se encontró que los tres aditivos, como se esperaba disminuyeron los porcentajes de cada uno de los parámetros que se buscaron hallar, los porcentajes con mejores resultados se resumen en la tabla 3.

**Tabla 3.** Porcentaje de aditivo seleccionado para cada muestra.

<b>Porcentaje de aditivo</b>		
<b>Suelo A1-M3</b>	Cal	5,5%
	Cemento	4,5%
	Cenizas Volantes	5,5%
<b>Suelo A2-M3</b>	Cal	5,5%
	Cemento	5,0%
	Cenizas Volantes	4,0%
<b>Suelo A3-M3</b>	Cal	5,0%
	Cemento	5,5%
	Cenizas Volantes	5,5%

Las mezclas de suelo con cal arrojaron mejores resultados en las tres muestras, estas obtuvieron los valores de índice de expansividad más bajos. Viéndose que los índices de plasticidad (IP) en las tres muestras naturales tenían un rango entre 45% y 55%, con la cal se obtuvo un rango de 5% a 35% como se muestra en la figura 1, por esta razón se le da más importancia a la cal en este artículo.

**Figura 1.** Variación del índice de plasticidad en las muestras de suelo con distintos porcentajes de cal.



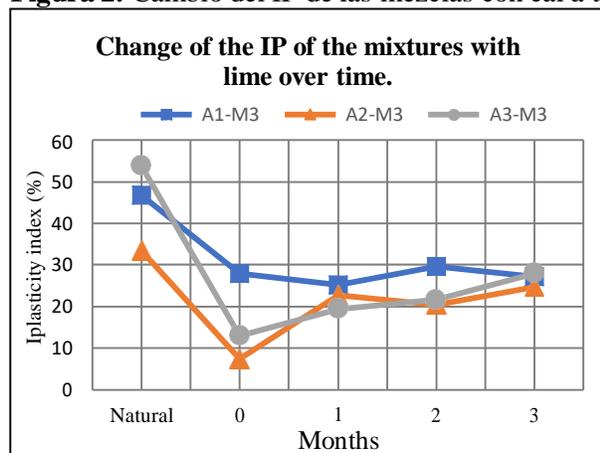
**Límites de Atterberg de las mezclas del suelo con cal a través del tiempo.**

A pesar de que los suelos naturales tienen diferentes índices de plasticidad entre ellos, la cal, encamina a lo largo del tiempo, a las tres mezclas de suelo a tener un valor del índice de plasticidad muy parecido, este cambio se aprecia de mejor manera en el último mes de estudio, esto se parecía de manera gráfica en la figura 2.

Siendo significativa la variación del índice de plasticidad de las muestras, al final del periodo de estudio, la diferencia en la muestra A1-M3 podría ser la más relevante ya que, paso de tener 53% a 27% aproximadamente en el valor del índice de plasticidad (IP).

La figura 2 muestra que al final de los estudios las tres muestras que en general tenían propiedades muy semejantes, llegaron a tener valores de 27.2%, 24.6% y 27.9% correspondientemente, en el índice de plasticidad

**Figura 2.** Cambio del IP de las mezclas con cal a través del tiempo.



A pesar de que hubo un cambio de aproximadamente el 20% en los límites de plasticidad en los tres suelos, la tabla 4 nos muestra que la característica del grado de expansión paso de muy alto a alto en las tres muestras, según las correlaciones dadas por la norma I.N.V.E – 132, (2013).

**Tabla 4.** Grado de expansión según el Índice de plasticidad (IP) del suelo natural y las muestras de suelo con cal A1-M3, A2-M3, A3-M3

	Natural	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<b>Límites suelo A1-M3</b>		<b>Mezclas con cal 5,5%</b>			
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	46,77 %	27,89 %	25,20 %	29,68 %	27,20 %
<b>Límites suelo A2-M3</b>		<b>Mezclas con cal 5,5%</b>			
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Bajo	Medio	Medio	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	33,37 %	7,44 %	22,72 %	20,49 %	24,76 %
<b>Límites suelo A3-M3</b>		<b>Mezclas con cal 5,0%</b>			
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Medio	Medio	Medio	Alto
<b>Índice de Plasticidad</b>	53,76 %	12,94 %	19,33 %	21,70 %	27,96 %

**Cambio volumétrico potencial (CVP) de las mezclas suelo-aditivo a través del tiempo.**

El cambio volumétrico potencial (CVP) nos demuestra cual es esa capacidad del suelo para poderse expandir en presencia de humedad. Luego de mezclar el suelo con cal los resultados de los ensayos de laboratorio en el aparato de Lambe en los tres meses de estudio fueron los siguientes:

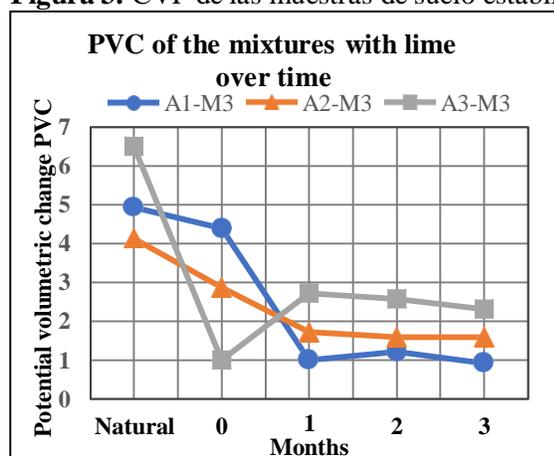
**Tabla 5.** Valores del CVP al límite plástico, la condición del suelo, de las muestras con cal, a través del tiempo.

	A1-M3	A2-M3	A3-M3
	<b>Mezclas con cal</b>		
<b>Muestra Natural</b>	4,93 Critico	4,12 Critica	6,5 Muy critica
<b>Mes 0</b>	4,39 Critico	2,86 Marginal	1,0045 No critica
<b>Mes 1</b>	1,005 No critica	1,713 No critica	2,726 Marginal
<b>Mes 2</b>	1,21 No critica	1,581 No critica	2,576 Marginal
<b>Mes 3</b>	0,92 No critica	1,581 No critica	2,31 Marginal

El cambio volumétrico potencial (CVP) de todas las muestras disminuyo entre 3 y 4 unidades en el último mes. La muestra de suelo A1-M3 bajo de 4.93 a 0.92 llegando a ser no critica, la muestra A2-M3 bajo de 4.12 a 1.58, quedando como No critica también, y finalmente la muestra A3-M3 que también disminuyo 4 unidades paso de 6.5 a 2.31, quedando como marginal.

La figura 3 demuestra gráficamente que la mayoría del cambio en las tres muestras se presentó al final de primer mes, y en los siguientes meses el cambio fue mínimo, dando así una tendencia casi lineal.

**Figura 3.** CVP de las muestras de suelo estabilizadas con cal a través del tiempo.



**Tabla 6.** Grado de expansión según el cambio volumétrico potencial (CVP) del suelo natural y las muestras de suelo con cal A1-M3, A2-M3, A3-M3

	Natural	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<b>CVP suelo A1-M3</b>	<b>Mezclas con cal 5,5%</b>				
<b>Grado de expansión</b>	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
<b>Cambio volumétrico potencial</b>	4,93	4,39	1,005	1,21	0,92
<b>CVP suelo A2-M3</b>	<b>Mezclas con cal 5,5%</b>				
<b>Grado de expansión</b>	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
<b>Cambio volumétrico potencial</b>	4,12	2,86	1,713	1,581	1,581
<b>CVP suelo A3-M3</b>	<b>Mezclas con cal 5,0%</b>				
<b>Grado de expansión</b>	Muy alto	Bajo	Medio	Medio	Medio
<b>Cambio volumétrico potencial</b>	6,5	1,0045	2,726	2,576	2,31

### **Conclusiones**

Las muestras de los suelos se clasificaron como arcillas de alta plasticidad (CH) según el Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S.C.S). Además, presentan una condición crítica y muy crítica según el cambio volumétrico potencial, con lo que podemos concluir que la capacidad que tiene el suelo para cambiar su volumen es alta. Y esto nos da una idea de que los suelos presentan una expansividad alta.

Los parámetros físicos que se cotejaron fueron su índice de expansión libre, índice de plasticidad y límite líquido, estos señalaron que los grados de expansividad son altos y muy altos. Además, con el valor de índice de contracción se determinaron grados de expansión bajos y medios. Esta diferencia en los grados de expansión de las muestras de suelo puede deberse a que estos no presentan actividad, esto quiere decir que los minerales presentes en este suelo son en mayoría illita.

Para la muestra de suelo estabilizada A1-M3 basándose en la tabla 5. Su cambio volumétrico potencial (CVP) al límite plástico presenta una alta efectividad al momento de estabilizarlo con la cal, a continuación, desde el mes cero empezó a reducir su condición, luego de esto, a partir del primer mes presentaba una condición no crítica y esta se mantuvo hasta el final del estudio.

Para la muestra de suelo estabilizada A2-M3 basándose en la tabla 5. Se muestran que en los suelos estabilizados con cal presentan un cambio volumétrico potencial muy optimo a lo largo de los tres meses bajando su condición de crítica a no crítica la cual se mantuvo a lo largo de los tres meses, presentando un bajo potencial de expansión.

La muestra de suelo A3-M3 al estabilizarse con cal, arrojó una disminución considerable en su cambio volumétrico potencial bajando de su condición inicial de muy crítica a marginal.

El análisis del cambio a las propiedades expansivas del suelo al estabilizarse con diferentes aditivos arrojó resultados opuestos, que no logran dar una respuesta definitiva a la pregunta formulada al principio del proyecto.

Los resultados del ensayo de laboratorio de los límites de Atterberg en las muestras de suelo estabilizadas a lo largo del tiempo, no lograron disminuir su grado de expansión como se esperaban, dado que su grado de expansión natural era muy alto y al concluir el estudio las muestras de suelo estabilizadas tuvieron un grado de expansión alto.

Por el contrario, los resultados del cambio volumétrico potencial nos muestran un cambio en su condición natural de muy crítica a marginal y no crítica. Lo que se concluye es que el suelo disminuyó su presión de expansión, pero aun así sigue comportándose como expansivo.

A pesar de todo, la cal como estabilizante tuvo mejores resultados que los demás aditivos a la hora de disminuir el potencial de expansión en las tres muestras, y si tenemos en cuenta que el valor del cambio

volumétrico potencial da una idea muy clara de la expansión de suelo, la disminución de este favorece en gran medida a la solución del problema inicial. Entonces, los porcentajes entre el 5.0% y el 5.5% de cal fueron los que lograron disminuir de manera significativa este parámetro.

Al momento de clasificar un suelo si es expansivo, se basa en su clasificación granulométrica y en la composición mineralógica, estos suelos no tienen presencia de dichos minerales expansivos, pero tienen comportamiento de arcillas de alta plasticidad, esto lo vemos en la caracterización inicial donde el valor de la actividad de este suelo nos señaló que el mineral presente es la illita, la cual teóricamente no es un mineral de alta expansividad.

Por las anteriores razones nos parece adecuado implementar de manera temporal la cal como agente estabilizador, hasta que se estudie más a fondo la real expansividad del suelo, junto a un análisis mineralógico completo, logrando así, disminuir la presión de expansión del suelo lo cual evitaría más daños futuros en las estructuras a pesar de conservar cierta expansividad.

Se recomienda que los estudios posteriores de estos suelos se verifiquen que, si su mineral predominante es la illita. También es esencial realizar más estudios con diferentes aditivos.

Se debe tener en cuenta que para el estudio de estabilización con aditivos se recomienda estudiar su comportamiento en un tiempo mayor de 3 meses y evaluar sus parámetros químicos.

### Referencias

1. Braja, D. M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. México DF: Cengage Learning Editores, S.A
2. Normas técnicas del 2013 del Instituto Nacional de Vías, Sección 100 Suelos.
3. de Pablo, L. (1964). Las arcillas. I. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 49-91.
4. Skempton, A. (1953). The colloidal “activity” of clays. Recuperado de: [https://www.issmge.org/uploads/publications/1/42/1953\\_01\\_0014.pdf](https://www.issmge.org/uploads/publications/1/42/1953_01_0014.pdf)
5. Lemus, L., Gallardo, A. (2015) *Caracterización mineralógica de arcillas expansivas con fines de estabilización*. Ocaña, Norte de Santander, Colombia. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. INGENIO UFPSO: Vol. 08.
6. Flórez, C. H., Zarate, R., Caicedo, Z. K., & Contreras, B. A. (2008). *Estabilización química de suelos expansivos de San José de Cúcuta (Colombia) usando cenizas volantes*. *Respuestas*, 13(2), 19-31.
7. Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras*. Bogotá, D.C: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
8. García, A. (1985). Origen y composición de las arcillas cerámicas. Instituto de cerámica y vidrio, C.S.I.C. Arganta del Rey (Madrid). *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.* Vol.24 – Num.6.
9. Higuera, S. Gómez, J., Pardo, O. (2012). *Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio*. *Revista facultad de ingeniería*, UPTC, enero-junio de 2012, vol. 21, No 32, pp. 21-40
10. 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*. Sanfandila: Publicación Técnica No.201.
11. Patrone, J., & Prefumo, J. E. (2005). La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones: métodos de prevención y control. ISSN 1510-7450, N.º. 4, 2005, págs. 51-74.
12. Atienza, M. (Ed.). (2008). *Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal*. Instituto Español del cemento y sus Aplicaciones (IECA). I.S.B.N: 978-84-89702-23-3.
13. Bauzá, J. (2015). *El tratamiento de suelos arcillosos mediante cal*. Universidad de Sevilla, Sevilla, España. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11441/32957>
14. Beltran, R. (2009). *Diseño geotécnico y estructural de una cimentación en arcilla expansiva*. (Tesis de maestría). Universidad nacional autónoma de México, México DF.

15. Camacho, J. Reyes, O. Mayorca, C. Méndez, D. (2006). *Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas*. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Vol. 16. No. 002. P.45-53.
16. Sub Comité de Estabilización con cal de la Asociación Americana de Constructores de Carreteras (1959). Manual de estabilización de suelo tratado con cal estabilización y modificación con cal. Nation Lime Association Boletín 326. Traducido en noviembre 2006

## 8. Referencias

- Atienza, M. (Ed.). (2008). *Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal*. España: IECA.
- Bañon, L. Beviá, J. (1999). *Manual de carreteras volumen II*. Alicante: Ortiz e Hijos. Vol. 2. ISBN 84-607-0123-9
- Bauzá, J. (2004). El tratamiento de suelos arcillosos mediante cal. Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Beltran, R. (2009). *Diseño geotécnico y estructural de una cimentación en arcilla expansiva*, doctorado. Universidad nacional autónoma de México, México DF.
- Braja, D. M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. México DF: Cengage Learning Editores.
- Camacho, J. Reyes, O. Mayorca, C. Méndez, D. (2006). Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Vol. 16. No. 002. P.45-53.
- Calleja, J. (1977). Cementos puzolánicos. *Materiales de Construcción*, 27(165), 23-36.
- Caracol Cúcuta, (2017). *En Torres de Cormoranes cada día aumentan las grietas: habitantes*. [online] Caracol radio. Tomado de:  
[http://caracol.com.co/emisora/2017/06/08/cucuta/1496930230\\_815004.html](http://caracol.com.co/emisora/2017/06/08/cucuta/1496930230_815004.html)
- Caracol Cúcuta, (2017). *Municipio analizara fallas en CDI de Cormoranes*. [online] Caracol Radio. Tomado de:  
[http://caracol.com.co/emisora/2017/09/21/cucuta/1506005898\\_601991.html](http://caracol.com.co/emisora/2017/09/21/cucuta/1506005898_601991.html)
- Crespo, V. C (2004). *Mecánica de suelo y cimentaciones*. Balderas, México DF: Limusa
- de Pablo, L. (1964). Las arcillas: I. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 27(2), 49-52.

- Duque, G. & Escobar, C. (2002). *Texto de geomecánica de suelos 1*, Programa de ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Escobar Potes, C. E., & Duque Escobar, G. (2016). Geotecnia para el trópico andino. Notas de Clase. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de:  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/53252/>
- Fernández, C. (1982). *Mejoramiento y Estabilización de Suelos*. Heroica Matamoros, México: Limusa S. A.
- Flórez, C. H., Zarate, R., Caicedo, Z. K., & Contreras, B. A. (2008). Estabilización química de suelos expansivos de San José de Cúcuta (Colombia) usando cenizas volantes. *Respuestas*, 13(2), 19-31.
- Fredlund, D. (October, 1975). *Engineering properties of expansive clays. Seminar on shallow foundations on expansive clays*. Documento presentado en el Seminario de Cimentaciones Superficiales en Arcillas Expansivas, Canada: Univesidad de Saskatchewan.
- García, A. (1985). Origen y composición de las arcillas cerámicas. Instituto de cerámica y vidrio. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y vidrio, 24(2) 395-404
- 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. Sanfandila: Publicación Técnica No.201.
- Gómez, A. (abril, 2009). *Caracterización y utilización de puzolanas como aditivos en cementos. Aplicación en viviendas de bajo coste*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Hernández, H. (2009). Estudio del método de sustitución aplicado en arcillas expansivas de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

- Higuera, S. Gómez, J., Pardo, O. (2012). Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. *Revista facultad de ingeniería, UPTC*, Enero-Junio de 2012, vol. 21, No 32, pp. 21-40.
- Jaramillo, D., Parra, L., & González, L. (1994). *El recurso suelo en Colombia: Distribución y Evaluación*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Jaramillo, J. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia.
- Jarrige, A. (1971). *Las cenizas volantes: propiedades, aplicaciones industriales*. Eyrolles, París
- Lemus, L., Gallardo, A. (2015) Caracterización mineralógica de arcillas expansivas con fines de estabilización. Ocaña, Norte de Santander, Colombia. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. INGENIO UFPSO: Vol. 08.
- Montejo. A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras*. Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
- Noguera, C. (2009). Floculación y dispersión de las arcillas. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/5712>
- Normas técnicas del 2013 del Instituto Nacional de Vías, Sección 100 Suelos.
- Patrone, J., & Prefumo, J. E. (2005). La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones: métodos de prevención y control. *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*, 05(4) 51-74
- Puig, J. (1970). *Geología aplicada a la ingeniería civil y fotointerpretación*. Universidad autónoma de nuevo león. México DF: México
- QuimiNet. (2006). Usos y aplicaciones de las bentonitas. México D.F.: QuimiNet.com. Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-bentonitas-7708.htm>.

- Revista ARQHYS. (2012), 12. Cimientos sobre arcillas expansivas. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 10, 2019, Recuperado de <http://www.arqhys.com/construccion/cimientos-arcillas.html>.
- Sánchez, M. (2014). *Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del cantón tosagua provincia de Manabí*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Manabí, Ecuador.
- Skempton, A. (1953). The Colloidal “Activity” of Clays. SELECTED PAPERS ON SOIL MECHANICS, 60-61. DOI: <https://doi.org/10.1680/sposm.02050.0009>.
- Sub Comité de Estabilización con cal de la Asociación Americana de Constructores de Carreteras (1959). *Manual de estabilización de suelo tratado con cal estabilización y modificación con cal*. Nation Lime Association. Edicion 11, Boletín 326. Recuperado de: [https://www.lime.org/documents/publications/free\\_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf](https://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf)
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra, Una introducción a la geología física*. Madrid, España: Pearson Educación S.A.
- Villafañe R. Germán A. (1991). *Primer encuentro nacional de ingenieros de suelos y estructuras. Patología de las edificaciones en suelos expansivos*. Escuela de ingenieros Julio Garavito. Bogotá, Colombia.
- Wilding, L. P., & Coulombe, C. E. (1996). *Expansive soils: distribution, morphology and genesis*. Proceedings NATO-ARW on clay swelling and expansive soils. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.
- White, D. J., & Vennapusa, P. (2013). Low-cost rural surface alternatives: literature review and recommendations. Recuperado de: [https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=intrans\\_reports](https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=intrans_reports)

## 9. Anexos

*Anexo 1* Ensayos de laboratorio de clasificación de suelos, suelos naturales.

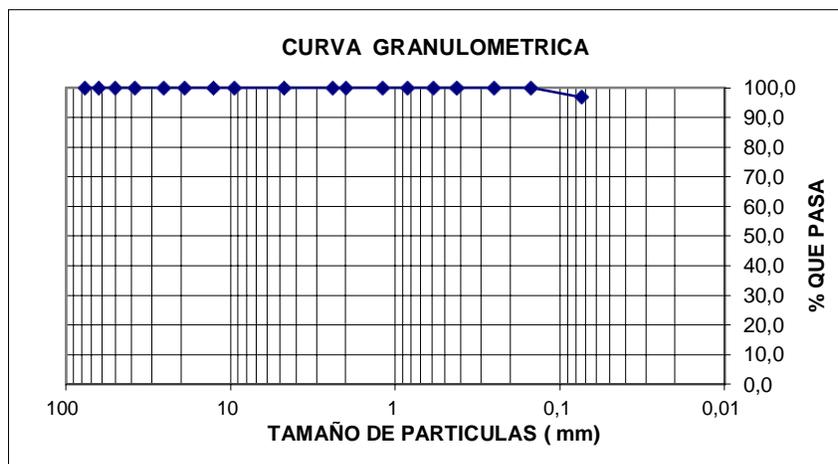


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANULOMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cúcuta (N. De S.)	APIQUE	1
PROFUNDIDAD:	0,9	MUESTRA	1
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

TAMIZ No.	PESO INICIAL:	5000	PESO DESPUÉS DE LAVAR:	4848,00		
	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA		
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "	0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	19
1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	CH
3/8 "	0,00	0,00	0,00	100,00	GRAVA	0,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00	ARENA	3,04
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00	FINOS	96,96
No.10	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 16	0,00	0,00	0,00	100,00	IP.	34,75
No. 20	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 30	0,00	0,00	0,00	100,00	L.L	58,21
No. 40	0,00	0,00	0,00	100,00	L.P	23,49
No. 60	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 100	0,00	0,00	0,00	100,00	D60(mm)	100
No. 200	152,00	3,04	3,04	96,96	D30(mm)	100
FONDO	152,00	3,04	6,08	93,92	D10(mm)	100
TOTAL	304,00	6,08				



Cu	1
Cc	1

REALIZADO POR :	EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN
-----------------	-------------------------------

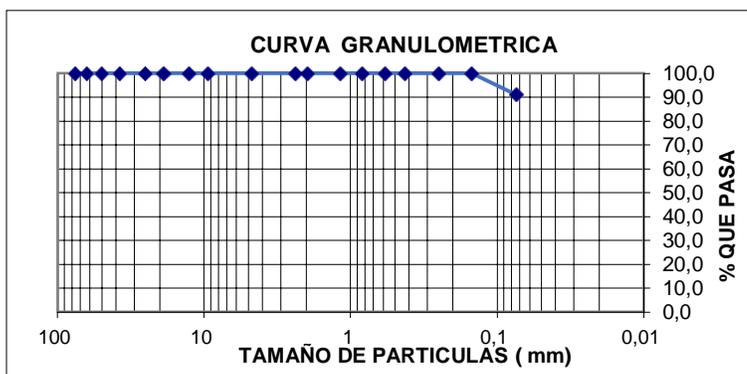


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANULOMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cúcuta (N. De S.)	APIQUE	1
PROFUNDIDAD:	1,5	MUESTR A	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

TAMIZ No.	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "	0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	19
1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	CH
3/8 "	0,00	0,00	0,00	100,00	GRAVA	0,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00	ARENA	9,06
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00	FINOS	90,94
No.10	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 16	0,00	0,00	0,00	100,00	I.P.	40,96
No. 20	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 30	0,00	0,00	0,00	100,00	LL	56,3 1
No. 40	0,00	0,00	0,00	100,00	LP	15,3 4
No. 60	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 100	0,00	0,00	0,00	100,00	D60(mm)	100
No. 200	453,00	9,06	9,06	90,94	D30(mm)	100
FONDO	453,00	9,06	18,12	81,88	D10(mm)	100
TOTAL	906,00	18,12				



Cu	1
Cc	1

REALIZADO POR :

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

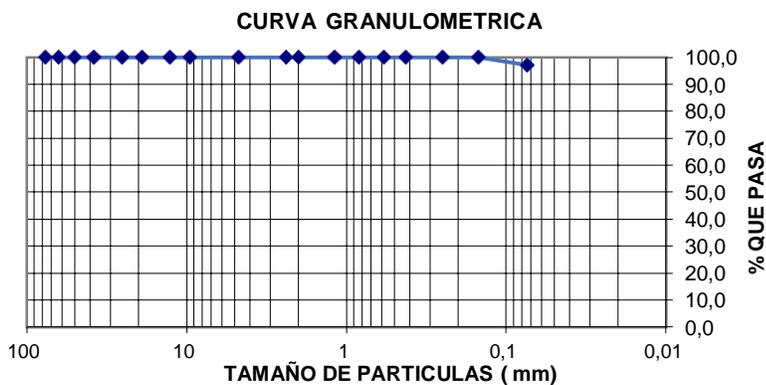


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANULOMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cúcuta (N. De S.)	APIQUE	1
PROFUNDIDAD:	2,5	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "	0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	20
1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	CH
3/8 "	0,00	0,00	0,00	100,00	GRAVA	0,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00	ARENA	2,80
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00	FINOS	97,20
No.10	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 16	0,00	0,00	0,00	100,00	I.P.	46,78
No. 20	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 30	0,00	0,00	0,00	100,00	L.L	73,11
No. 40	0,00	0,00	0,00	100,00	L.P	26,33
No. 60	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 100	0,00	0,00	0,00	100,00	D60(mm)	100
No. 200	140,00	2,80	2,80	97,20	D30(mm)	100
FONDO	140,00	2,80	5,60	94,40	D10(mm)	100
TOTAL	280,00	5,60				



REALIZADO POR :

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

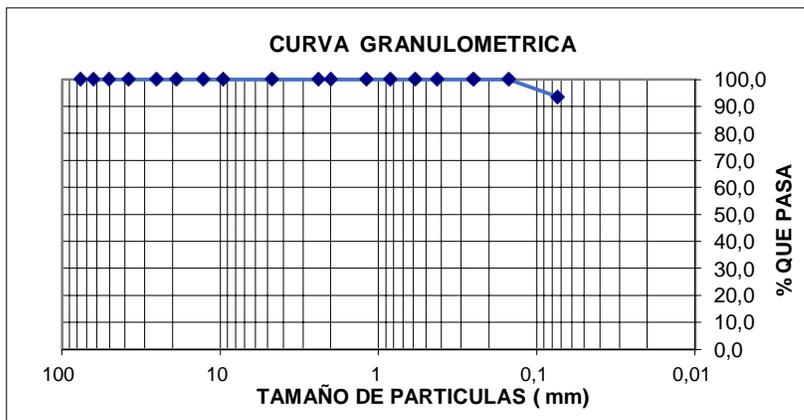
GRANULOMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cúcuta (N. De S.)	APIQUE	2
PROFUNDIDAD:	2,1	MUESTRA	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de baja plasticidad		

PESO INICIAL:	5000		PESO DESPUÉS DE LAVAR:		4684,50	
TAMIZ No.	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "	0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	17
1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	CL
3/8 "	0,00	0,00	0,00	100,00	GRAVA	0,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00	ARENA	6,31
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00	FINOS	93,69
No.10	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 16	0,00	0,00	0,00	100,00	I.P.	30,58
No. 20	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 30	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 40	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 60	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 100	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 200	315,50	6,31	6,31	93,69		
FONDO	315,50	6,31	12,62	87,38		
TOTAL	631,00	12,62				

LL	48,38
LP	17,80
D60(mm)	100
D30(mm)	100
D10(mm)	100

Cu	1
Cc	1



REALIZADO POR :

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



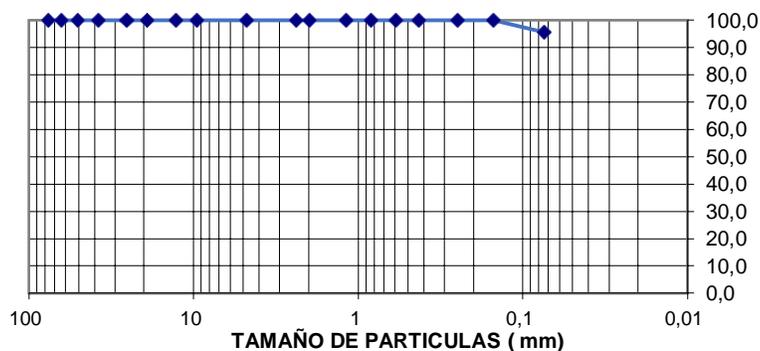
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANULOMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cúcuta (N. De S.)	APIQUE	2
PROFUNDIDAD:	2,1	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

TAMIZ No.	PESO INICIAL:	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	PESO DESPUÉS DE LAVAR:	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
	5000			4780,00			
			% RETENIDO ACUMULADO				
3"		0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "		0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "		0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "		0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "		0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "		0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	18
1/2 "		0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	CH
3/8 "		0,00	0,00	0,00	100,00	GRAVA	0,00
No. 4		0,00	0,00	0,00	100,00	ARENA	4,40
No. 8		0,00	0,00	0,00	100,00	FINOS	95,60
No.10		0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 16		0,00	0,00	0,00	100,00	I.P.	33,37
No. 20		0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 30		0,00	0,00	0,00	100,00		50,8
No. 40		0,00	0,00	0,00	100,00	LL	1
No. 60		0,00	0,00	0,00	100,00		17,4
No. 100		0,00	0,00	0,00	100,00	L.P	4
No. 200		220,00	4,40	4,40	95,60	D60(mm)	100
FONDO		220,00	4,40	8,80	91,20	D30(mm)	100
TOTAL		440,00	8,80			D10(mm)	100

**CURVA GRANULOMETRICA**



Cu 1  
Cc 1

REALIZADO POR :

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

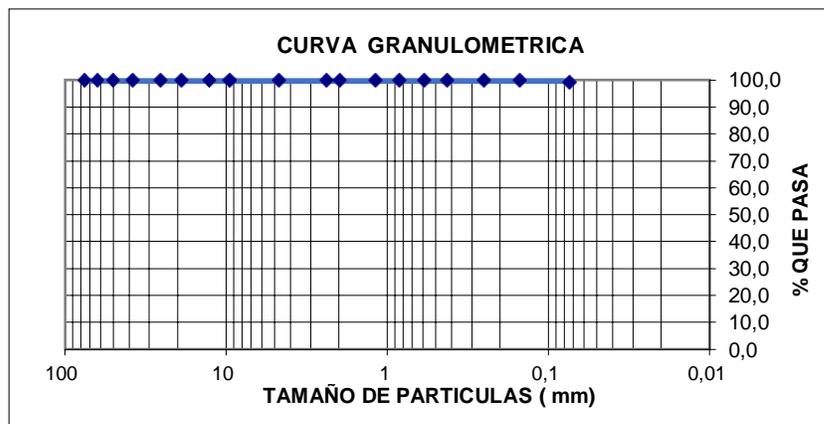


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANOLUMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cúcuta (N. De S.)	APIQUE	3
PROFUNDIDAD:	2,1	MUESTRA	1
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

TAMIZ No.	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "	0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	19
1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	CH
3/8 "	0,00	0,00	0,00	100,00	GRAVA	0,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00	ARENA	0,62
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00	FINOS	99,38
No.10	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 16	0,00	0,00	0,00	100,00	I.P.	39,69
No. 20	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 30	0,00	0,00	0,00	100,00	L.L	59,77
No. 40	0,00	0,00	0,00	100,00	L.P	20,08
No. 60	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 100	0,00	0,00	0,00	100,00	D60(mm)	100
No. 200	31,00	0,62	0,62	99,38	D30(mm)	100
FONDO	31,00	0,62	1,24	98,76	D10(mm)	100
TOTAL	62,00	1,24				



Cu	1
Cc	1

REALIZADO POR :

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



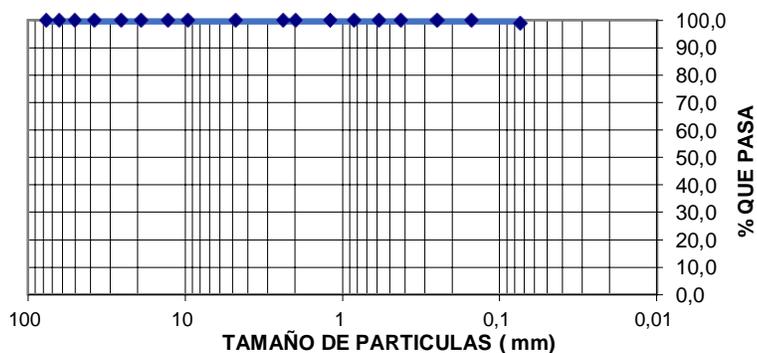
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANOLUMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cúcuta (N. De S.)	APIQUE	3
PROFUNDIDAD:	2,1	MUESTRA	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

TAMIZ No.	PESO INICIAL:	5000	PESO DESPUÉS DE LAVAR:	4956,50		
	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA		
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "	0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	19
1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	CH
3/8 "	0,00	0,00	0,00	100,00	GRAVA	0,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00	ARENA	0,87
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00	FINOS	99,13
No.10	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 16	0,00	0,00	0,00	100,00	I.P.	38,00
No. 20	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 30	0,00	0,00	0,00	100,00	L.L	56,74
No. 40	0,00	0,00	0,00	100,00	L.P	18,74
No. 60	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 100	0,00	0,00	0,00	100,00	D60(mm)	100
No. 200	43,50	0,87	0,87	99,13	D30(mm)	100
FONDO	43,50	0,87	1,74	98,26	D10(mm)	100
TOTAL	87,00	1,74				

CURVA GRANULOMETRICA



Cu 1  
Cc 1

REALIZADO POR :

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

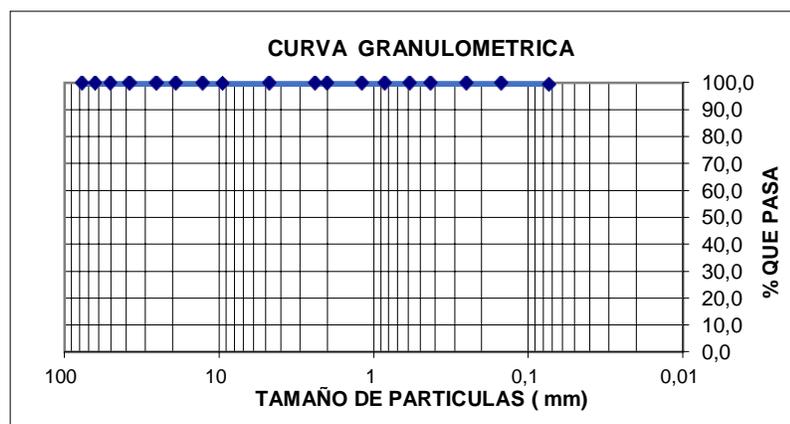


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANULOMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cúcuta (N. De S.)	APIQUE	3
PROFUNDIDAD:	2,1	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

TAMIZ No.	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "	0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	20
1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	CH
3/8 "	0,00	0,00	0,00	100,00	GRAVA	0,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00	ARENA	0,78
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00	FINOS	99,22
No.10	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 16	0,00	0,00	0,00	100,00	IP.	53,75
No. 20	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 30	0,00	0,00	0,00	100,00	L.L	76,93
No. 40	0,00	0,00	0,00	100,00	L.P	23,18
No. 60	0,00	0,00	0,00	100,00		
No. 100	0,00	0,00	0,00	100,00	D60(mm)	100
No. 200	39,00	0,78	0,78	99,22	D30(mm)	100
FONDO	39,00	0,78	1,56	98,44	D10(mm)	100
TOTAL	78,00	1,56				



Cu	1
Cc	1

REALIZADO POR :

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

**Anexo 2** Ensayos de laboratorio de humedad natural, suelo natural

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
---	---

HUMEDAD NATURAL

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cúcuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	1-3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA	A1-M1		
NÚMERO DEL RECIPIENTE	60	110	87
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	73,00	87,00	80,00
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (Gr)	180,00	210,00	199,00
RECIPIENTE + MUESTRA SECA (Gr)	165,00	192,00	179,00
PESO HÚMEDO ( Gr. )	107,00	123,00	119,00
PESO SECO ( Gr. )	92,00	105,00	99,00
HUMEDAD ( % )	16,30	17,14	20,20
HUMEDAD PROMEDIO (%)	17,88		

MUESTRA	A1-M2		
NÚMERO DEL RECIPIENTE	18	107	52
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	71,00	70,00	70,00
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (Gr)	186,00	192,00	199,00
RECIPIENTE + MUESTRA SECA (Gr)	163,00	168,00	172,00
PESO HÚMEDO ( Gr. )	115,00	122,00	129,00
PESO SECO ( Gr. )	92,00	98,00	102,00
HUMEDAD ( % )	25,00	24,49	26,47
HUMEDAD PROMEDIO (%)	25,32		

MUESTRA	A1-M3		
NÚMERO DEL RECIPIENTE	25	156	40
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	78,00	79,00	70,00
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (Gr)	177,00	193,00	178,00
RECIPIENTE + MUESTRA SECA (Gr)	157,00	170,00	157,00
PESO HÚMEDO ( Gr. )	99,00	114,00	108,00
PESO SECO ( Gr. )	79,00	91,00	87,00
HUMEDAD ( % )	25,32	25,27	24,14
HUMEDAD PROMEDIO (%)	24,91		

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

HUMEDAD NATURAL

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cúcuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	2-3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA	A2-M2		
NÚMERO DEL RECIPIENTE	6	407	97
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	70,00	73,00	74,00
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (Gr)	210,00	190,00	174,00
RECIPIENTE + MUESTRA SECA (Gr)	188,00	174,00	161,00
PESO HÚMEDO ( Gr. )	140,00	117,00	100,00
PESO SECO ( Gr. )	118,00	101,00	87,00
HUMEDAD ( % )	18,64	15,84	14,94
HUMEDAD PROMEDIO (%)	16,48		

MUESTRA	A2-M3		
NÚMERO DEL RECIPIENTE	144	157	43
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	71,00	86,00	86,00
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (Gr)	212,00	218,00	220,00
RECIPIENTE + MUESTRA SECA (Gr)	196,00	203,00	205,00
PESO HÚMEDO ( Gr. )	141,00	132,00	134,00
PESO SECO ( Gr. )	125,00	117,00	119,00
HUMEDAD ( % )	12,80	12,82	12,61
HUMEDAD PROMEDIO (%)	12,74		

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

HUMEDAD NATURAL

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cúcuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	1-3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA	A3-M1		
NÚMERO DEL RECIPIENTE	89	31	131
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	70,00	68,00	72,00
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (Gr)	176,00	185,00	182,00
RECIPIENTE + MUESTRA SECA (Gr)	160,00	166,00	165,00
PESO HÚMEDO ( Gr. )	106,00	117,00	110,00
PESO SECO ( Gr. )	90,00	98,00	93,00
HUMEDAD ( % )	17,78	19,39	18,28
HUMEDAD PROMEDIO (%)	18,48		

MUESTRA	A3-M2		
NÚMERO DEL RECIPIENTE	5	55	164
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	8,00	69,00	72,00
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (Gr)	192,00	170,00	174,00
RECIPIENTE + MUESTRA SECA (Gr)	173,00	153,00	155,00
PESO HÚMEDO ( Gr. )	184,00	101,00	102,00
PESO SECO ( Gr. )	165,00	84,00	83,00
HUMEDAD ( % )	11,52	20,24	22,89
HUMEDAD PROMEDIO (%)	18,21		

MUESTRA	A3-M3		
NÚMERO DEL RECIPIENTE	44	136	30
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	71,00	79,00	89,00
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (Gr)	189,00	185,00	199,00
RECIPIENTE + MUESTRA SECA (Gr)	169,00	168,00	179,00
PESO HÚMEDO ( Gr. )	118,00	106,00	110,00
PESO SECO ( Gr. )	98,00	89,00	90,00
HUMEDAD ( % )	20,41	19,10	22,22
HUMEDAD PROMEDIO (%)	20,58		

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------

**Anexo 3** Ensayos de laboratorio de gravedad específica, suelo natural.

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
--	--

GRAVEDAD ESPECÍFICA
---------------------

LOCALIZACIÓN :	San José de Cúcuta, Urbanización Cormoranes
APIQUE No. :	1
MUESTRA No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,8

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO No.	4					
PESO DEL FRASCO SECO Y LIMPIO ( W <sub>b</sub> )	188,691					
VOLUMEN DEL FRASCO ( V <sub>b</sub> )	500					
PESO DEL MATERIAL SECO ( W <sub>1</sub> )	100					
TEMPERATURA DESEADA ( T °C )	10	20	30	40	50	60
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN ( T <sub>c</sub> °C )	20					
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN ( e )	0,0001					
PESO UNITARIO DEL AGUA A T °C	1	0,998	0,996	0,992	0,988	0,983
PESO UNITARIO DEL AIRE A T °C	0,0012					
PESO DEL FRASCO CON AGUA ( W <sub>2</sub> )	687,4	687,2	686,4	685,2	683,6	681,7

TEMPERATURA ( °C )	29
PESO SECO DE SÓLIDOS ( W <sub>s</sub> )	98,39
PESO FRASCO, SUELO Y AGUA ( W <sub>bws</sub> )	749,00
PESO FRASCO Y AGUA ( W <sub>bw</sub> )	686,67
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGUA ( g <sub>w</sub> )	0,9963

GRAVEDAD ESPECÍFICA MATERIAL ( G <sub>s</sub> )	2,72
---	------

GRAVEDAD ESPECIFICA	
G <sub>s</sub> =	2,72

Realizado por:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

GRAVEDAD ESPECÍFICA

LOCALIZACIÓN :	San José de Cúcuta, Urbanización Cormoranes
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,8

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO No.	1					
PESO DEL FRASCO SECO Y LIMPIO ( W <sub>b</sub> )	158,547					
VOLUMEN DEL FRASCO ( V <sub>b</sub> )	500					
PESO DEL MATERIAL SECO ( W <sub>1</sub> )	100					
TEMPERATURA DESEADA ( T °C )	10	20	30	40	50	60
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN ( T <sub>c</sub> °C )	20					
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN ( e )	0,0001					
PESO UNITARIO DEL AGUA A T °C	1	0,998	0,996	0,992	0,988	0,983
PESO UNITARIO DEL AIRE A T °C	0,0012					
PESO DEL FRASCO CON AGUA ( W <sub>2</sub> )	657,3	657	656,3	655	653,5	651,5

TEMPERATURA ( °C )	29
PESO SECO DE SÓLIDOS ( W <sub>s</sub> )	98,85
PESO FRASCO, SUELO Y AGUA ( W <sub>bws</sub> )	719,00
PESO FRASCO Y AGUA ( W <sub>bw</sub> )	656,54
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGUA ( g <sub>w</sub> )	0,9963

GRAVEDAD ESPECÍFICA MATERIAL ( G <sub>s</sub> )	2,71
---	------

GRAVEDAD ESPECIFICA

G<sub>s</sub> = 2,71

Realizado por:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

GRAVEDAD ESPECÍFICA

LOCALIZACIÓN :	San José de Cúcuta, Urbanización Cormoranes
APIQUE No. :	3
MUESTRA No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,8

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO No.	0					
PESO DEL FRASCO SECO Y LIMPIO ( W <sub>b</sub> )	110,103					
VOLUMEN DEL FRASCO ( V <sub>b</sub> )	500					
PESO DEL MATERIAL SECO ( W <sub>1</sub> )	100					
TEMPERATURA DESEADA ( T °C )	10	20	30	40	50	60
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN ( T <sub>c</sub> °C )	20					
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN ( e )	0,0001					
PESO UNITARIO DEL AGUA A T °C	1	0,998	0,996	0,992	0,988	0,983
PESO UNITARIO DEL AIRE A T°C	0,0012					
PESO DEL FRASCO CON AGUA ( W <sub>2</sub> )	608,9	608,6	607,9	606,6	605	603,1

TEMPERATURA ( °C )	29
PESO SECO DE SÓLIDOS ( W <sub>s</sub> )	98,27
PESO FRASCO, SUELO Y AGUA ( W <sub>bws</sub> )	670,00
PESO FRASCO Y AGUA ( W <sub>bw</sub> )	608,08
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGUA ( g <sub>w</sub> )	0,9963

GRAVEDAD ESPECÍFICA MATERIAL ( G <sub>s</sub> )	2,69
---	------

GRAVEDAD ESPECIFICA

G<sub>s</sub> = 2,69

Realizado por:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------

**Anexo 4** Ensayos de laboratorio de expansión libre de los suelos, suelo natural

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES		
---	--	--	--

<b>EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS</b>
--------------------------------------

LOCALIZACION	Urb. Cormoranes Cúcuta	APIQUE No.	1
PROFUNDIDAD	0,8 m	MUESTRA No.	1
DESCRIPCION	Arcilla con trazas de arena, alta plasticidad,		

PRUEBA	1
PROBETA No.	1
Vw - Volumen probeta con agua	15,5
Vk - Volumen probeta con kerosene	9,0
<b>IEL % = (Vw-Vk)*100/Vk</b>	<b>72,2%</b>

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES		
---	--	--	--

<b>EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS</b>
--------------------------------------

LOCALIZACION	Urb. Cormoranes Cúcuta	APIQUE No.	1
PROFUNDIDAD	1,5 m	MUESTRA No.	2
DESCRIPCION	Arcilla con trazas de arena, alta plasticidad,		

PRUEBA	1
PROBETA No.	2
Vw - Volumen probeta con agua	18,0
Vk - Volumen probeta con kerosene	9,0
<b>IEL % = (Vw-Vk)*100/Vk</b>	<b>100,0%</b>

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

**EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS**

LOCALIZACION	Urb. Cormoranes Cúcuta	APIQUE No.	1
PROFUNDIDAD	2,8 m	MUESTRA No.	3
DESCRIPCION	Arcilla con trazas de arena, alta plasticidad,		

PRUEBA	1
PROBETA No.	5
Vw - Volumen probeta con agua	16,0
Vk - Volumen probeta con kerosene	8,0
<b>IEL % = (Vw-Vk)*100/Vk</b>	100,0%

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

**EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS**

LOCALIZACION	Urb. Cormoranes Cúcuta	APIQUE No.	2
PROFUNDIDAD	1,5 m	MUESTRA No.	2
DESCRIPCION	Arcilla con trazas de arena, alta plasticidad,		

PRUEBA	1
PROBETA No.	1
Vw - Volumen probeta con agua	16,5
Vk - Volumen probeta con kerosene	10,0
<b>IEL % = (Vw-Vk)*100/Vk</b>	65,0%

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

**EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS**

LOCALIZACION	Urb. Cormoranes Cúcuta	APIQUE No.	2
PROFUNDIDAD	1,8 m	MUESTRA No.	3
DESCRIPCION	Arcilla con trazas de arena, alta plasticidad,		

PRUEBA	1
PROBETA No.	1
Vw - Volumen probeta con agua	17,0
Vk - Volumen probeta con kerosene	8,0
<b>IEL % = (Vw-Vk)*100/Vk</b>	112,5%

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

**EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS**

LOCALIZACION	Urb. Cormoranes Cúcuta	APIQUE No.	3
PROFUNDIDAD	0,8 m	MUESTRA No.	1
DESCRIPCION	Arcilla con trazas de arena, alta plasticidad,		

PRUEBA	1
PROBETA No.	1
Vw - Volumen probeta con agua	17,0
Vk - Volumen probeta con kerosene	9,0
<b>IEL % = (Vw-Vk)*100/Vk</b>	88,9%

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

**EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS**

LOCALIZACION	Urb. Cormoranes Cúcuta	APIQUE No.	3
PROFUNDIDAD	1,5 m	MUESTRA No.	2
DESCRIPCION	Arcilla con trazas de arena, alta plasticidad,		

PRUEBA	1
PROBETA No.	1
Vw - Volumen probeta con agua	15,0
Vk - Volumen probeta con kerosene	9,0
<b>IEL % = (Vw-Vk)*100/Vk</b>	66,7%

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

**EXPANSION LIBRE DE LOS SUELOS**

LOCALIZACION	Urb. Cormoranes Cúcuta	APIQUE No.	3
PROFUNDIDAD	2,8 m	MUESTRA No.	3
DESCRIPCION	Arcilla con trazas de arena, alta plasticidad,		

PRUEBA	1
PROBETA No.	1
Vw - Volumen probeta con agua	17,0
Vk - Volumen probeta con kerosene	9,0
<b>IEL % = (Vw-Vk)*100/Vk</b>	88,9%

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan

*Anexo 5* Laboratorios de análisis granulométrico por hidrómetro, suelo natural



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO

SECTOR :	FORMACION LEON				
LOCALIZACIÓN :	Urb. Cormoranes de Cúcuta (Colombia)	APIQUE N°	1	MUESTRA No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,8 METROS	DESCRIPCIÓN :			

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2,72	a:	0,99
AGENTE DISPERSANTE	Hexametafosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1	% pasa T200	97,2

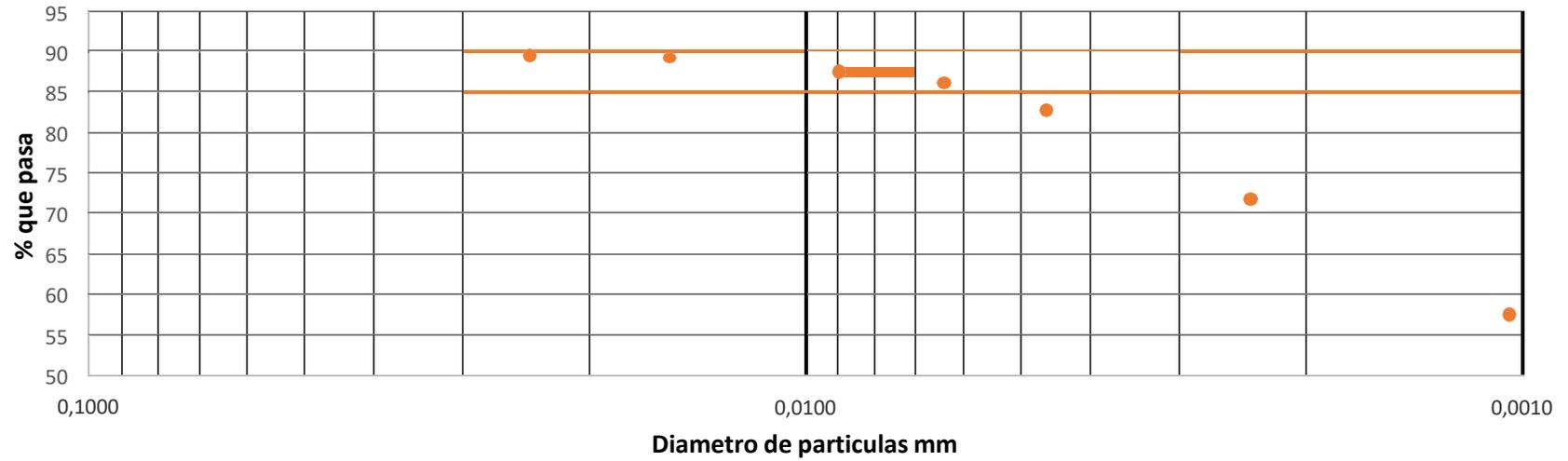
FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL	Correccion temperatura	LECTURA	%	HID. CORR.	L.	L/T	K	D	
		MIN.		HIDRO.		RC.CORR.		MENISCO					
21/05/18	3:02	2	31	47,0	4,6	46,60	92,27	48,0	8,40	4,200	0,0118	0,0242	89,6844960
21/05/18	0,1285	5	31	46,8	4,6	46,40	91,87	47,0	8,60	1,720	0,0118	0,0155	89,2995840
21/05/18	0,1354	15	31	46,0	4,6	45,60	90,29	47,0	8,60	0,5733	0,0118	0,0089	87,7599360
21/05/18	0,1458	30	31	45,0	4,6	44,60	88,31	46,0	8,80	0,2933	0,0118	0,0064	85,8353760
21/05/18	0,1667	60	31	43,3	4,6	42,90	84,94	44,0	9,10	0,1516	0,0118	0,0046	82,5636240
21/05/18	0,2986	250	30,5	38,0	4,2	37,20	73,66	38,0	10,10	0,0404	0,0119	0,0023	71,5936320
22/05/18	0,125	1440	31	30,2	4,5	29,72	58,85	31,0	11,20	0,0077	0,0118	0,0010	57,1979232

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc\*(a)/Ws

D=K  $\sqrt{L/T}$

### ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO A1-M3





UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO

SECTOR :	FORMACION LEON				
LOCALIZACIÓN :	Urb. Cormoranes de Cúcuta (Colombia)	APIQUE N°	2	MUESTRA No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,8 METROS	DESCRIPCIÓN :			

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2,71	a:	0,99
AGENTE DISPERSANTE	Hexametafosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Corrección de menisco	1	% pasa T200	95,6

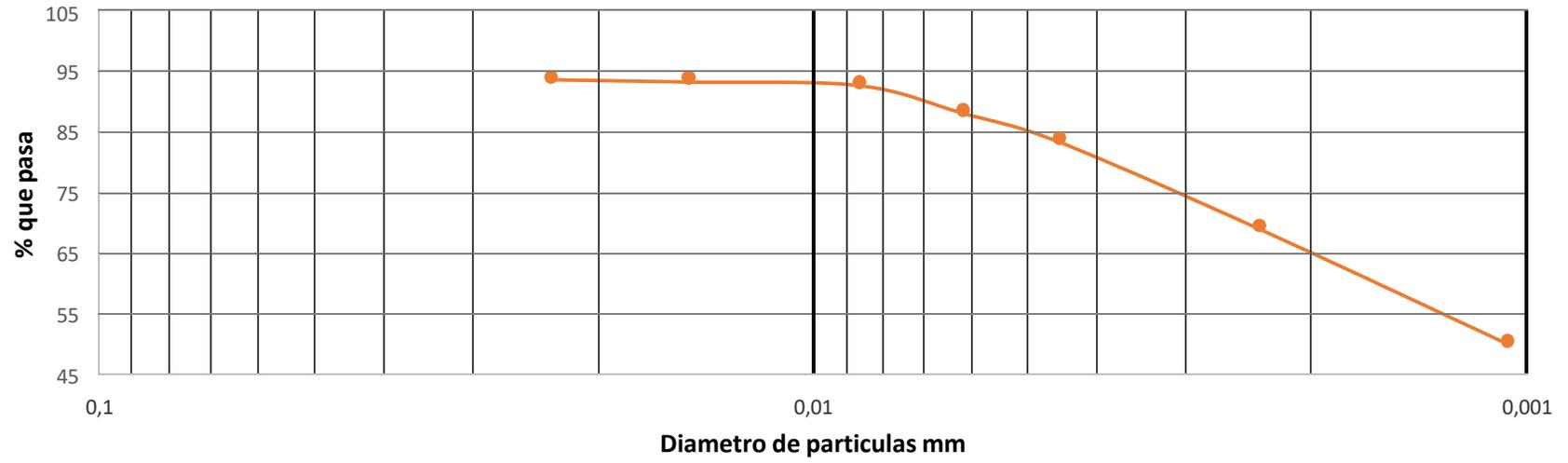
FECHA	HORA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL	Corrección temperatura	LECTUR A	% MAS FINO	HID. CORR.	L.	L/T	K	D	% Que Pasa
		MIN.		HIDRO.		RC.COR R.		MENISCO					
21/05/2018	3:32 p. m.	2	31,5	49,5	5,1	49,6	98,2080	51	7,9	3,95	0,01176	0,023372538	93,886848
21/05/2018	3:05 p. m.	5	31,5	49,3	5,1	49,4	97,812	50	8,1	1,62	0,01176	0,014968036	93,508272
21/05/2018	3:15 p. m.	15	31,5	49	5,1	49,1	97,218	50	8,1	0,54	0,01176	0,0086418	92,940408
21/05/2018	3:30 p. m.	30	32	46,2	5,5	46,7	92,466	48	8,4	0,28	0,01169	0,006185767	88,397496
21/05/2018	4:30 p. m.	60	31,5	44,1	5,1	44,2	87,516	45	8,9	0,148333	0,01176	0,004529254	83,665296
21/05/2018	7:40 p. m.	250	31	37,2	4,44	36,64	72,547	38	10,1	0,0404	0,01182	0,002375791	69,3551232
22/05/2018	3:30 p. m.	1440	31	27,2	4,44	26,64	52,747	28	11,7	0,008125	0,01182	0,00106544	50,4263232

RC= R real-corrección cero + ct

% más fino= Rc\*(a)/Ws

D=K  $\sqrt{L/T}$

### ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO A2-M3





UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO

SECTOR :	FORMACION LEON				
LOCALIZACIÓN :	Urb. Cormoranes de Cúcuta (Colombia)	APIQUE N°	3	MUESTRA No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,8 METROS	DESCRIPCIÓN :			

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2,69	a:	0,99
AGENTE DISPERSANTE	Hexametafosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Corrección de menisco	1	% pasa T200	99,3

FECHA	HORA LECTUR A	TIEMP O	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	Corrección temperatur a	LECTUR A	%	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D	% Que Pasa
		RC.CORR				MAS FINO			TABL A				
21/05/2018	3:02	2	31,5	50,0	5,1	50,10	99,20	51,0	7,90	3,950	0,01176	0,02337	98,50361400
21/05/2018	0,1285	5	31,5	50,0	5,1	50,10	99,20	51,0	7,90	1,580	0,01176	0,01478	98,50361400
21/05/2018	0,1354	15	31,5	49,9	5,1	50,00	99,00	51,0	7,90	0,5267	0,01176	0,00853	98,30700000
21/05/2018	0,1458	30	31,5	49,5	5,0	49,50	98,01	51,0	7,90	0,2633	0,01176	0,00603	97,32393000
21/05/2018	0,1667	60	31	49,1	4,4	48,54	96,11	50,0	8,10	0,135	0,01182	0,00434	95,43643560
21/05/2018	0,2986	250	31	47,2	4,4	46,56	92,19	48,0	8,40	0,0336	0,01182	0,00217	91,54347840
22/05/2018	0,125	1440	31	40,5	4,6	40,09	79,38	41,0	9,60	0,006667	0,01182	0,00097	78,82255260

RC= R real-corrección cero + ct

% más fino=  $Re^*(a)/Ws$

$D=K \sqrt{L/T}$

### ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO A3-M3



**Anexo 6** Ensayos de laboratorio de límite de contracción, suelo natural.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

LIMITE DE CONTRACCIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cúcuta	SONDEO No. :	1
PROFUNDIDAD :	0,8	MUESTRA No. :	1
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad CH		

PRUEBAS	1	2	3	4
Tapa de contracción No.	1	8	7	3
Peso de la tapa ( gr. )	20,18	20,553	19,376	20,55
Peso tapa + suelo húmedo ( gr. )	46,82	47,01	46,65	46,89
Peso tapa + suelo seco ( gr. )	36,64	36,99	36,51	36,66
Peso mercurio desalojado ( gr.)	143,17	144,36	143,41	143,23
Peso mercurio en la tapa ( gr. )	261,28	261,33	261,48	261,51
Humedad de la muestra (%)	61,78	60,96	59,18	63,50
Volumen Inicial muestra húmeda ( cm <sup>3</sup> )	17,78	17,76	17,85	17,77
Volumen Final muestra seca ( cm <sup>3</sup> )	9,07	9,13	9,15	9,05
<b>Límite de contracción ( % ) wS</b>	8,87	8,48	8,36	9,36
<b>Relación de contracción ( % ) SR</b>	0,93	0,93	0,96	0,91
<b>Cambio Volumétrico Sv</b>	57,15	56,69	52,95	59,72
<b>Contracción Lineal LS</b>	13,99	13,90	13,21	14,45

Densidad del mercurio = 13,56 gr/ cm<sup>3</sup>

Límite de contracción ( % ) wS (promedio) 8,77

REALIZADO POR:

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

LIMITE DE CONTRACCIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cúcuta	SONDEO No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,9	MUESTRA No. :	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad CH		

PRUEBAS	1	2	3	4
Tapa de contracción No.	4	6	5	2
Peso de la tapa ( gr. )	18,81	20,695	19,584	20,4
Peso tapa + suelo húmedo ( gr. )	44,00	46,01	45,05	46,39
Peso tapa + suelo seco ( gr. )	33,75	35,99	34,81	35,96
Peso mercurio desalojado ( gr. )	117,27	121,36	118,01	120,03
Peso mercurio en la tapa ( gr. )	240,41	242,33	241,48	243,51
Humedad de la muestra (%)	68,56	65,51	67,25	67,03
Volumen Inicial muestra húmeda ( cm <sup>3</sup> )	16,34	16,34	16,36	16,45
Volumen Final muestra seca ( cm <sup>3</sup> )	7,26	7,42	7,26	7,35
<b>Límite de contracción ( % ) wS</b>	7,79	7,18	7,45	8,51
<b>Relación de contracción ( % ) SR</b>	0,91	0,94	0,93	0,95
<b>Cambio Volumétrico Sv</b>	66,46	62,33	64,27	61,88
<b>Contracción Lineal LS</b>	15,62	14,91	15,25	14,83

Densidad del mercurio = 13,56 gr/ cm<sup>3</sup>

Límite de contracción ( % ) wS (promedio) 7,73

REALIZADO POR:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

LIMITE DE CONTRACCIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cúcuta	SONDEO No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,9	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad CH		

PRUEBAS	1	2	3	4
Tapa de contracción No.	5	6	2	4
Peso de la tapa ( gr. )	19,58	20,695	20,4	18,809
Peso tapa + suelo húmedo ( gr. )	46,24	47,61	47,05	45,48
Peso tapa + suelo seco ( gr. )	35,77	36,99	36,54	34,99
Peso mercurio desalojado ( gr. )	137,79	138,46	138,66	136,58
Peso mercurio en la tapa ( gr. )	257,69	258,98	258,54	256,98
Humedad de la muestra (%)	64,66	65,17	65,12	64,83
Volumen Inicial muestra húmeda ( cm <sup>3</sup> )	17,56	17,57	17,56	17,56
Volumen Final muestra seca ( cm <sup>3</sup> )	8,72	8,68	8,72	8,69
<b>Límite de contracción ( % ) wS</b>	10,05	10,63	10,34	9,96
<b>Relación de contracción ( % ) SR</b>	0,92	0,93	0,92	0,92
<b>Cambio Volumétrico Sv</b>	59,23	58,82	59,60	59,56
<b>Contracción Lineal LS</b>	14,36	14,29	14,43	14,42

Densidad del mercurio = 13,56 gr/ cm<sup>3</sup>

Límite de contracción ( % ) wS (promedio) 10,24

REALIZADO POR:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

LIMITE DE CONTRACCIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cúcuta	SONDEO No. :	2
PROFUNDIDAD :	1,5	MUESTRA No. :	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de baja plasticidad CL		

PRUEBAS	1	2	3	4
Tapa de contracción No.	7	1	8	3
Peso de la tapa ( gr. )	19,38	20,182	20,553	20,55
Peso tapa + suelo húmedo ( gr. )	46,61	47,41	47,89	47,98
Peso tapa + suelo seco ( gr. )	36,46	37,25	37,91	37,8
Peso mercurio desalojado ( gr. )	137,79	139,03	139,63	139,79
Peso mercurio en la tapa ( gr. )	254,69	255,55	256,08	256,2
Humedad de la muestra (%)	59,36	59,53	57,50	59,01
Volumen Inicial muestra húmeda ( cm <sup>3</sup> )	17,35	17,36	17,37	17,38
Volumen Final muestra seca ( cm <sup>3</sup> )	8,73	8,76	8,78	8,79
<b>Límite de contracción ( % ) wS</b>	8,91	9,18	8,02	9,25
<b>Relación de contracción ( % ) SR</b>	0,98	0,98	1,00	0,99
<b>Cambio Volumétrico Sv</b>	51,24	51,20	49,51	50,14
<b>Contracción Lineal LS</b>	12,88	12,87	12,55	12,67

Densidad del mercurio = 13,56 gr/ cm<sup>3</sup>

Límite de contracción ( % ) wS (promedio) 8,84

REALIZADO POR:

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

LIMITE DE CONTRACCIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cúcuta	SONDEO No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,9	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad CH		

PRUEBAS	1	2	3	4
Tapa de contracción No.	8	7	3	1
Peso de la tapa ( gr. )	20,55	19,376	20,55	20,182
Peso tapa + suelo húmedo ( gr. )	46,83	45,881	46,85	46,64
Peso tapa + suelo seco ( gr. )	37,27	36,29	37,3	37,03
Peso mercurio desalojado ( gr. )	149,41	148,36	149,37	149,14
Peso mercurio en la tapa ( gr. )	260,24	259,33	260,28	260,112
Humedad de la muestra (%)	57,17	56,70	57,01	57,04
Volumen Inicial muestra húmeda ( cm <sup>3</sup> )	17,68	17,70	17,68	17,69
Volumen Final muestra seca ( cm <sup>3</sup> )	9,50	9,51	9,50	9,51
<b>Límite de contracción ( % ) wS</b>	8,28	8,32	8,18	8,47
<b>Relación de contracción ( % ) SR</b>	0,95	0,96	0,95	0,95
<b>Cambio Volumétrico Sv</b>	51,68	50,62	51,54	51,01
<b>Contracción Lineal LS</b>	12,97	12,76	12,94	12,84

Densidad del mercurio = 13,56 gr/ cm<sup>3</sup>

Límite de contracción ( % ) wS (promedio) 8,31

REALIZADO POR:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

LIMITE DE CONTRACCIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cúcuta	SONDEO No. :	3
PROFUNDIDAD :	0,8	MUESTRA No. :	1
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad CH		

PRUEBAS	1	2	3	4
Tapa de contracción No.	2	4	5	6
Peso de la tapa ( gr. )	20,40	18,809	19,584	20,695
Peso tapa + suelo húmedo ( gr. )	41,48	39,43	40,37	41,89
Peso tapa + suelo seco ( gr. )	31,34	29,35	30,21	31,66
Peso mercurio desalojado ( gr. )	132,29	131,03	131,22	132,23
Peso mercurio en la tapa ( gr. )	255,70	253,88	254,79	256,51
Humedad de la muestra (%)	92,62	95,63	95,61	93,30
Volumen Inicial muestra húmeda ( cm <sup>3</sup> )	17,35	17,34	17,35	17,39
Volumen Final muestra seca ( cm <sup>3</sup> )	8,25	8,28	8,23	8,23
<b>Límite de contracción ( % ) wS</b>	9,44	9,68	9,85	9,71
<b>Relación de contracción ( % ) SR</b>	0,63	0,61	0,61	0,63
<b>Cambio Volumétrico Sv</b>	131,94	141,35	139,99	132,57
<b>Contracción Lineal LS</b>	24,45	25,45	25,31	24,52

Densidad del mercurio = 13,56 gr/ cm<sup>3</sup>

Límite de contracción ( % ) wS (promedio) 9,67

REALIZADO POR:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

LIMITE DE CONTRACCIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cúcuta	SONDEO No. :	3
PROFUNDIDAD :	1,5	MUESTRA No. :	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad CH		

PRUEBAS	1	2	3	4
Tapa de contracción No.	6	4	2	5
Peso de la tapa ( gr. )	20,18	18,809	20,4	19,584
Peso tapa + suelo húmedo ( gr. )	45,38	43,73	45,46	44,23
Peso tapa + suelo seco ( gr. )	34,81	33,12	34,93	33,88
Peso mercurio desalojado ( gr. )	135,04	132,76	135,05	136,98
Peso mercurio en la tapa ( gr. )	261,44	260,01	262	260,66
Humedad de la muestra (%)	72,28	74,14	72,47	72,40
Volumen Inicial muestra húmeda ( cm <sup>3</sup> )	17,79	17,79	17,82	17,78
Volumen Final muestra seca ( cm <sup>3</sup> )	8,47	8,40	8,46	8,66
<b>Límite de contracción ( % ) wS</b>	8,55	8,57	8,04	8,60
<b>Relación de contracción ( % ) SR</b>	0,82	0,80	0,82	0,80
<b>Cambio Volumétrico Sv</b>	77,51	81,50	79,01	79,34
<b>Contracción Lineal LS</b>	17,41	18,02	17,64	17,69

Densidad del mercurio = 13,56 gr/ cm<sup>3</sup>

Límite de contracción ( % ) wS (promedio) 8,44

REALIZADO POR:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

LIMITE DE CONTRACCIÓN

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cúcuta	SONDEO No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,9	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad CH		

PRUEBAS	1	2	3	4
Tapa de contracción No.	3	8	7	1
Peso de la tapa ( gr. )	20,55	20,553	19,376	20,182
Peso tapa + suelo húmedo ( gr. )	45,44	45,39	44,49	45,01
Peso tapa + suelo seco ( gr. )	35,44	35,41	34,42	35,003
Peso mercurio desalojado ( gr. )	140,06	140,07	138,89	139,54
Peso mercurio en la tapa ( gr. )	256,34	256,09	255,56	255,999
Humedad de la muestra (%)	67,11	67,17	66,94	67,52
Volumen Inicial muestra húmeda ( cm <sup>3</sup> )	17,39	17,37	17,42	17,39
Volumen Final muestra seca ( cm <sup>3</sup> )	8,81	8,81	8,81	8,80
<b>Límite de contracción ( % ) wS</b>	9,53	9,58	9,74	9,57
<b>Relación de contracción ( % ) SR</b>	0,86	0,86	0,86	0,85
<b>Cambio Volumétrico Sv</b>	67,23	67,33	66,22	67,99
<b>Contracción Lineal LS</b>	15,75	15,77	15,58	15,88

Densidad del mercurio = 13,56 gr/ cm<sup>3</sup>

Límite de contracción ( % ) wS (promedio) 9,61

REALIZADO POR:	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
----------------	-------------------------------

**Anexo 7** Laboratorios presión de expansión de lambe, suelo natural.

	LABORATORIO DE SUELOS CIVILES		
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER		

<b>ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE</b>
---

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	90 cm	MUESTRA	1
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH		

MUESTRA	VALOR
Diámetro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	16,20
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	254,78
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,066
Cambio Potencial de Volumen	1,50
Condición para el suelo	No crítica
Condición del Ensayo	Suelo seco, 50% humedad relativa

REALIZADO POR:	
EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN	



LABORATORIO DE SUELOS CIVILES  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

**ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE**

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	130 cm	MUESTRA	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH		

MUESTRA	VALOR
Diámetro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	30,80
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	502,76
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,131
Cambio Potencial de Volumen	3,18
Condición para el suelo	Marginal
Condición del Ensayo	Suelo seco, 50% humedad relativa

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



LABORATORIO DE SUELOS CIVILES  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

**ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE**

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	90 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH		

MUESTRA	VALOR
Diámetro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	30,40
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	495,97
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,129
Cambio Potencial de Volumen	3,10
Condición para el suelo	Marginal
Condición del Ensayo	Suelo seco, 50% humedad relativa

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

**ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE**

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	90 cm	MUESTRA	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH		

MUESTRA	VALOR
Diámetro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	14,80
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	231,00
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,060
Cambio Potencial de Volumen	1,36
Condición para el suelo	No crítica
Condición del Ensayo	Suelo seco, 50% humedad relativa

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

**ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE**

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	90 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH		

MUESTRA	VALOR
Diámetro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	18,50
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	293,84
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,076
Cambio Potencial de Volumen	1,71
Condición para el suelo	No crítica
Condición del Ensayo	Suelo seco, 50% humedad relativa

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESIÓN DE EXPANSIÓN DE LAMBE

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya			
LOCALIZACIÓN : MUESTRA	Municipio (N.º de S.)	VALOR	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	90 cm		MUESTRA	1
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	70,00	Arcilla alta plasticidad CH		
Altura muestra mm.	28,00			
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001			
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2			
Lectura Final Dial 0,01 mm	28,00			
Kte anillo carga N.	16,99			
Carga kgrs.	455,20			
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,118			
Cambio Potencial de Volumen	2,87			
Condición para el suelo	Marginal			
Condición del Ensayo	Suelo seco, 50% humedad relativa			

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
 ENSAYO PRESIÓN DE EXPANSIÓN DE LAMBE

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya			
LOCALIZACIÓN : MUESTRA	Municipio (N. de S.)	VALOR	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	90 cm		MUESTRA	2
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	70,00	Arcilla alta plasticidad CH		
Altura muestra mm.	28,00			
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001			
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2			
Lectura Final Dial 0,01 mm	26,00			
Kte anillo carga N.	16,99			
Carga kgrs.	421,23			
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,109			
Cambio Potencial de Volumen	2,51			
Condición para el suelo	Marginal			
Condición del Ensayo	Suelo seco, 50% humedad relativa			

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESIÓN DE EXPANSIÓN DE LAMBE

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya			
LOCALIZACIÓN : MUESTRA	Municipio (N. de S.)	VALOR	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	90 cm		MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	70,00	Arcilla alta plasticidad CH		
Altura muestra mm.	28,00			
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001			
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2			
Lectura Final Dial 0,01 mm	55,20			
Kte anillo carga N.	16,99			
Carga kgrs.	917,20			
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,238			
Cambio Potencial de Volumen	6,00			
Condición para el suelo	Muy crítica			
Condición del Ensayo	Suelo seco, 50% humedad relativa			

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESIÓN DE EXPANSIÓN DE LAMBE

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN : MUESTRA	Municipio VALPARAÍSO (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	90 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	70,00 Arcilla alta plasticidad CH		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	11,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	168,15		
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,044		
Cambio Potencial de Volumen	4,93		
Condición para el suelo	Crítica		
Condición del Ensayo	Limite plástico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESIÓN DE EXPANSIÓN DE LAMBE

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN : MUESTRA	Municipio (N.º de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	90 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	70,00		
	Arcilla alta plasticidad CH		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	7,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	98,51		
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,026		
Cambio Potencial de Volumen	4,12		
Condición para el suelo	Crítica		
Condición del Ensayo	Limite plástico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESIÓN DE EXPANSIÓN DE LAMBE

SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya			
LOCALIZACIÓN : MUESTRA	Municipio (N. de S.)	VALOR	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	90 cm		MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	70,00	Arcilla alta plasticidad CH		
Altura muestra mm.	28,00			
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001			
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2			
Lectura Final Dial 0,01 mm	22,60			
Kte anillo carga N.	16,99			
Carga kgrs.	363,48			
Índice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,094			
Cambio Potencial de Volumen	6,50			
Condición para el suelo	Muy crítica			
Condición del Ensayo	Limite plástico			

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

**Anexo 8** Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, suelo natural

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS CIVILES</b>
---	---

**LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG**

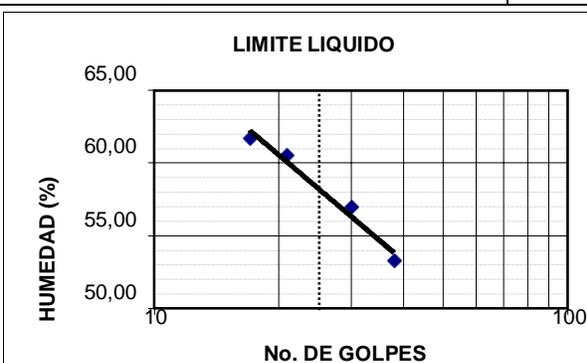
<b>SECTOR :</b>	Urbanización Cormoranes		
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Municipio Cucuta (N. de S.)	<b>APIQUE No. :</b>	1
<b>PROFUNDIDAD :</b>	0,9 metros	<b>MUESTRA No. :</b>	1
<b>DESCRIPCIÓN :</b>	Arcilla de alta plasticidad		

**LIMITE LIQUIDO**

<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	38	30	21	17
<b>NÚMERO DEL RECIPIENTE</b>	V8	M30	64	D1
<b>PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )</b>	6,23	5,32	6,28	6,40
<b>PESO HÚMEDO ( Gr. )</b>	22,40	18,06	19,19	18,72
<b>PESO SECO ( Gr. )</b>	16,79	13,44	14,33	14,02
<b>HUMEDAD ( % )</b>	53,24	56,96	60,52	61,71

**LIMITE PLASTICO**

<b>NÚMERO DEL RECIPIENTE</b>	K	K8	1	
<b>PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )</b>	6,80	5,34	6,33	
<b>PESO HÚMEDO (Gr. )</b>	11,56	9,62	10,65	
<b>PESO SECO ( Gr. )</b>	10,64	8,82	9,83	
<b>HUMEDAD ( % )</b>	23,93	23,05	23,50	



LIMITE LIQUIDO (%)

LIMITE PLASTICO (%)

INDICE DE PLASTICIDAD

REALIZADO POR :



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

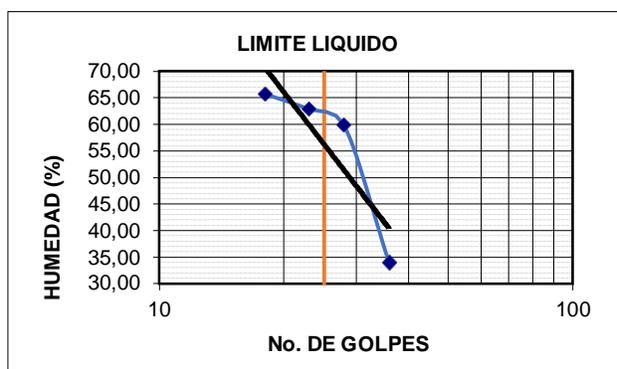
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	1,50 metros	MUESTRA No. :	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	28	23	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	13	6	42	49
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	5,16	6,42	6,36	7,04
PESO HÚMEDO ( Gr. )	20,40	20,27	22,21	21,05
PESO SECO ( Gr. )	16,54	15,08	16,09	15,49
HUMEDAD ( % )	33,90	59,87	62,86	65,71

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	22	29	73	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,36	5,35	6,41	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,74	11,74	11,80	
PESO SECO ( Gr. )	10,16	10,90	11,08	
HUMEDAD ( % )	15,30	15,10	15,63	



LIMITE LIQUIDO (%)	56,31
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	15,34
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	40,96
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

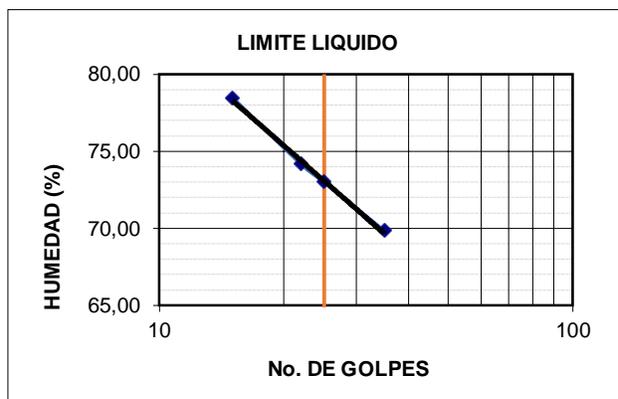
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucutá (N. de S.)		APIQUE No. : 1
PROFUNDIDAD :	2,90 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

LIMITE LIQUIDO	
----------------	--

NÚMERO DE GOLPES	35	25	22	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	22	6	27	42
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,36	6,42	6,42	6,36
PESO HÚMEDO ( Gr. )	18,46	17,34	21,68	17,65
PESO SECO ( Gr. )	13,49	12,73	15,18	12,69
HUMEDAD ( % )	69,84	73,01	74,18	78,49

LIMITE PLASTICO
-----------------

NÚMERO DEL RECIPIENTE	25	111	2	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	5,64	5,60	6,09	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,09	10,50	10,67	
PESO SECO ( Gr. )	9,95	9,47	9,72	
HUMEDAD ( % )	26,37	26,54	26,07	



LIMITE LIQUIDO (%)	73,11
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	26,33
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	46,78
-----------------------	-------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

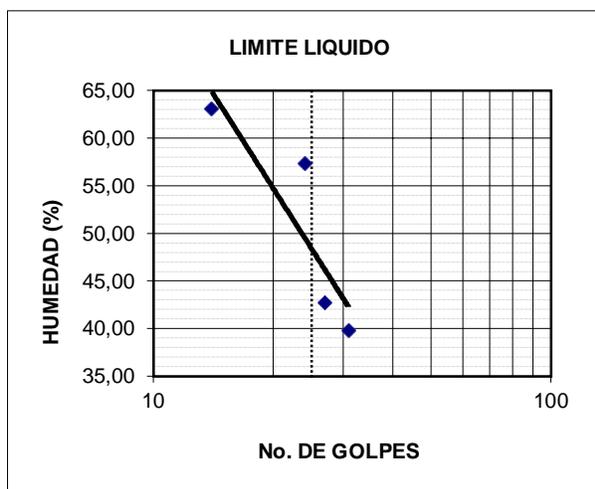
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	1,50 metros	MUESTRA No. :	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	27	24	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	30	OA	19	35
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,30	6,57	6,37	6,31
PESO HÚMEDO ( Gr. )	22,17	21,57	22,94	23,24
PESO SECO ( Gr. )	17,65	17,08	16,90	16,70
HUMEDAD ( % )	39,81	42,72	57,34	63,02

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	8	12	D1	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,15	6,24	6,40	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,40	12,53	13,75	
PESO SECO ( Gr. )	9,78	11,56	12,63	
HUMEDAD ( % )	17,22	18,19	17,99	



LIMITE LIQUIDO (%)	48,38
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	17,80
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	30,58
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

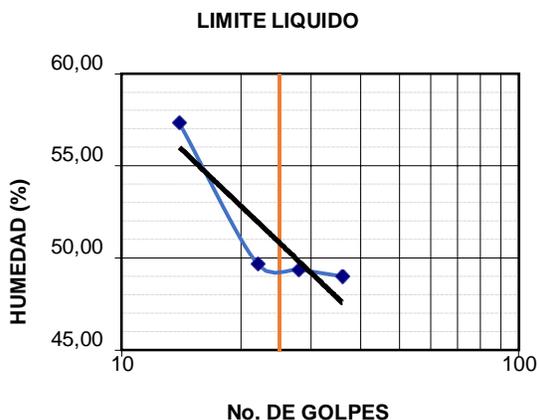
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,90 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	28	22	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	58	25	144	K
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,28	5,63	5,84	6,82
PESO HÚMEDO ( Gr. )	22,75	21,31	20,86	23,19
PESO SECO ( Gr. )	17,34	16,13	15,88	17,23
HUMEDAD ( % )	48,98	49,35	49,64	57,30

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	53	K8	10	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,58	5,34	5,92	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,66	12,52	11,51	
PESO SECO ( Gr. )	11,75	11,46	10,68	
HUMEDAD ( % )	17,53	17,24	17,55	



LIMITE LIQUIDO (%)	50,81
LIMITE PLASTICO (%)	17,44
INDICE DE PLASTICIDAD	33,37

REALIZADO POR : Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

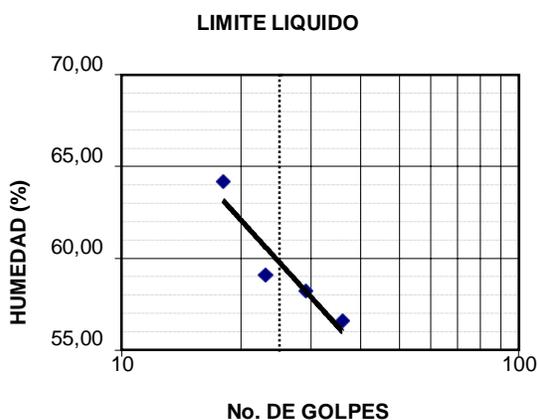
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	0,90 metros	MUESTRA No. :	1
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	29	23	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	1	23	51	2
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,33	6,42	6,32	6,31
PESO HÚMEDO ( Gr. )	22,38	23,12	23,44	22,42
PESO SECO ( Gr. )	16,58	16,98	17,08	16,12
HUMEDAD ( % )	56,56	58,23	59,06	64,19

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	59	27	75	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,51	6,42	6,43	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,46	11,48	10,34	
PESO SECO ( Gr. )	9,83	10,63	9,66	
HUMEDAD ( % )	19,02	20,33	20,89	



LIMITE LIQUIDO (%)	59,77
LIMITE PLASTICO (%)	20,08
INDICE DE PLASTICIDAD	39,69

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

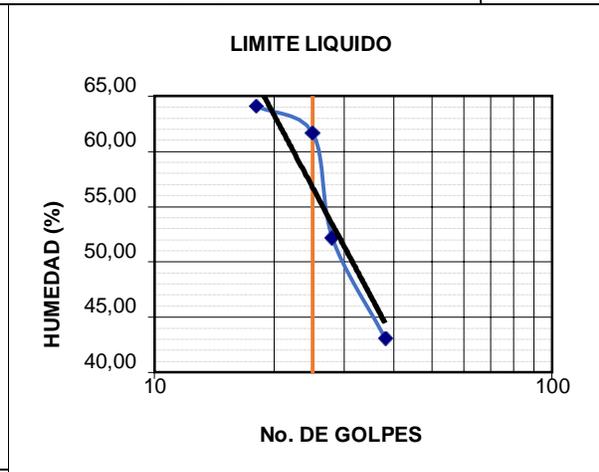
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)		APIQUE No. : 3
PROFUNDIDAD :	1,50 metros	MUESTRA No. :	2
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	38	28	25	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	9	14	52	2M
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,85	6,36	6,32	5,55
PESO HÚMEDO ( Gr. )	26,78	26,80	24,45	25,27
PESO SECO ( Gr. )	20,78	19,80	17,54	17,57
HUMEDAD ( % )	43,07	52,15	61,67	64,11

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	64	V2	M30	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,28	6,23	5,32	
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,95	13,01	11,45	
PESO SECO ( Gr. )	12,73	11,94	10,49	
HUMEDAD ( % )	19,00	18,68	18,53	



LIMITE LIQUIDO (%)	56,74
LIMITE PLASTICO (%)	18,74
INDICE DE PLASTICIDAD	38,00

REALIZADO POR : Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

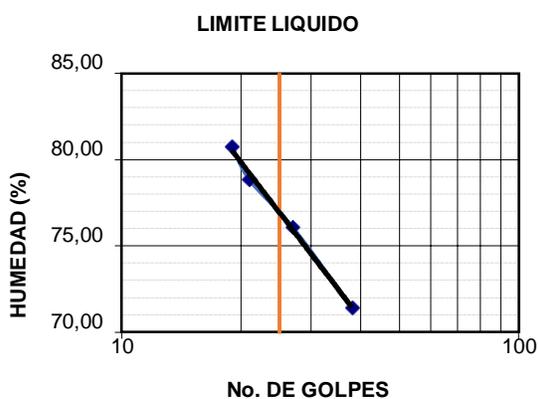
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,90 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	38	27	21	19
NÚMERO DEL RECIPIENTE	6	22	64	D1
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,42	6,36	6,28	6,40
PESO HÚMEDO ( Gr. )	22,30	21,54	20,17	21,62
PESO SECO ( Gr. )	15,68	14,98	14,05	14,82
HUMEDAD ( % )	71,43	76,07	78,83	80,76

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	K8	111	1	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	5,34	5,60	6,33	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,66	11,20	12,07	
PESO SECO ( Gr. )	10,48	10,17	10,96	
HUMEDAD ( % )	22,92	22,57	24,04	



LIMITE LIQUIDO (%)	76,93
LIMITE PLASTICO (%)	23,18
INDICE DE PLASTICIDAD	53,75

REALIZADO POR : Eduardo Toloza y Oscar Gaitan

**Anexo 9** Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A1-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS CIVILES</b>
--	---

**LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG**

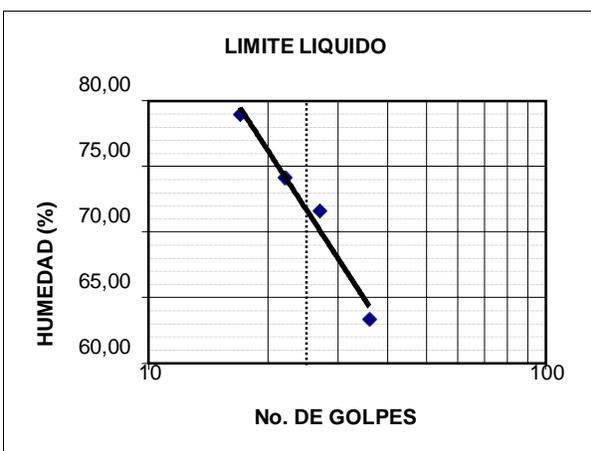
<b>SECTOR :</b>	Urbanización Cormoranes		
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Municipio Cucuta (N. de S.)	<b>APIQUE No. :</b>	1
<b>PROFUNDIDAD :</b>	2,50 metros	<b>MUESTRA No. :</b>	3
<b>DESCRIPCIÓN :</b>	Arcilla de alta plasticidad con cal al 4%		

**LIMITE LIQUIDO**

<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	36	27	22	17
<b>NÚMERO DEL RECIPIENTE</b>	2M	111	24	1M
<b>PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )</b>	5,53	5,58	7,04	6,27
<b>PESO HÚMEDO ( Gr. )</b>	26,83	26,29	27,32	25,28
<b>PESO SECO ( Gr. )</b>	18,56	17,65	18,68	16,89
<b>HUMEDAD ( % )</b>	63,41	71,62	74,18	78,96

**LIMITE PLASTICO**

<b>NÚMERO DEL RECIPIENTE</b>	M30	71	29	
<b>PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )</b>	5,34	6,43	5,35	
<b>PESO HÚMEDO (Gr. )</b>	9,36	11,30	10,19	
<b>PESO SECO ( Gr. )</b>	8,23	9,95	8,82	
<b>HUMEDAD ( % )</b>	39,11	38,22	39,40	



<b>LIMITE LIQUIDO (%)</b>	71,68
<b>LIMITE PLASTICO (%)</b>	38,91
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	32,77

**REALIZADO POR :**

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

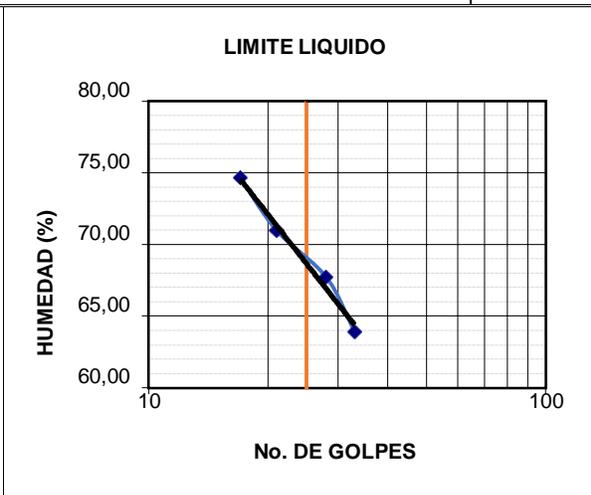
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 4,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	33	28	21	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	99	J4	42	2
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,49	6,67	6,35	5,43
PESO HÚMEDO ( Gr. )	24,47	26,04	23,84	23,94
PESO SECO ( Gr. )	17,46	18,22	16,58	16,03
HUMEDAD ( % )	63,90	67,71	70,97	74,62

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	00	69	6	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,92	5,98	7,20	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,60	9,93	11,66	
PESO SECO ( Gr. )	10,29	8,87	10,43	
HUMEDAD ( % )	38,87	36,68	38,08	



LIMITE LIQUIDO (%)	68,65
LIMITE PLASTICO (%)	37,88
INDICE DE PLASTICIDAD	30,77

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

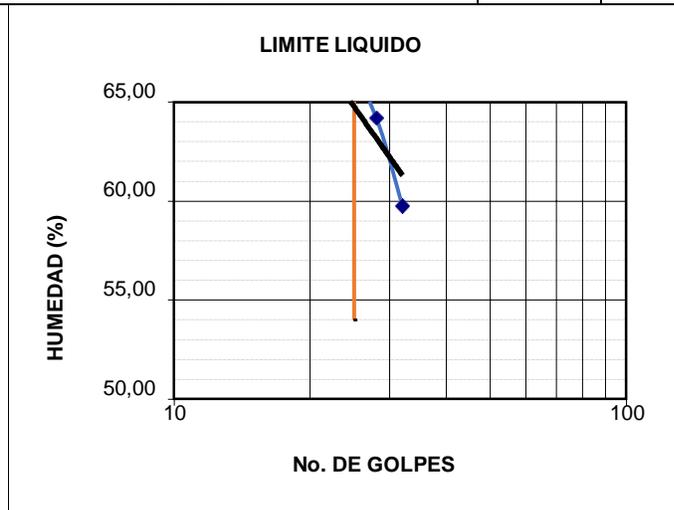
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	28	24	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	301	302	43	20
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,26	6,24	6,21	6,40
PESO HÚMEDO ( Gr. )	31,26	31,28	28,72	30,11
PESO SECO ( Gr. )	21,91	21,49	19,70	20,48
HUMEDAD ( % )	59,74	64,20	66,86	68,39

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	16	26	31	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,46	5,31	6,45	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,38	9,78	11,29	
PESO SECO ( Gr. )	10,07	8,60	9,98	
HUMEDAD ( % )	36,29	35,87	37,11	



LIMITE LIQUIDO (%)	64,77
LIMITE PLASTICO (%)	36,42
INDICE DE PLASTICIDAD	28,35

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



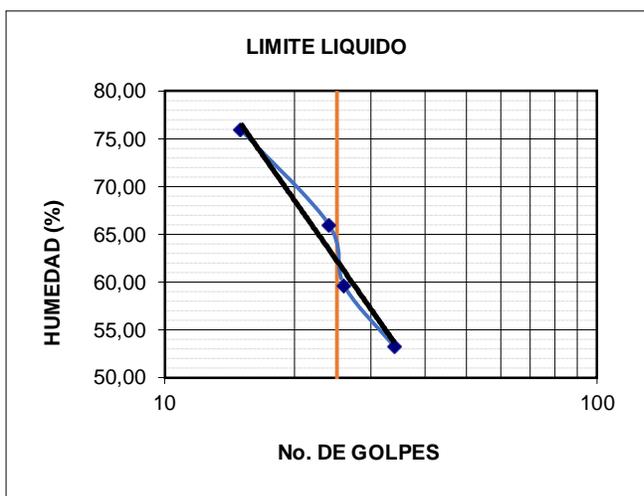
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5.5%		
NÚMERO DE GOLPES	34	26	24
NÚMERO DEL RECIPIENTE	1	B9	B1
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,37	6,25	6,24
PESO HÚMEDO ( Gr. )	28,77	32,83	34,69
PESO SECO ( Gr. )	20,99	22,90	23,38
HUMEDAD ( % )	53,21	59,64	65,99

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	Z2	M11	13M
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,20	6,39	6,20
PESO HÚMEDO ( Gr. )	9,12	9,65	9,56
PESO SECO ( Gr. )	8,41	8,82	8,65
HUMEDAD ( % )	32,13	34,16	36,85



LIMITE LIQUIDO (%)	62,26
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	34,38
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	27,89
-----------------------	-------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



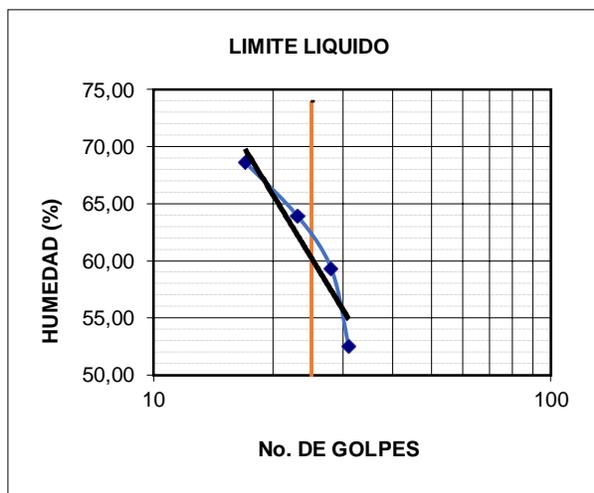
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 6%		
NÚMERO DE GOLPES	31	28	23
NÚMERO DE GOLPES	17		
LÍMITE LIQUIDO	100	42	45
LÍMITE LIQUIDO	89		
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,74	7,33	7,43
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,86	28,01	26,17
PESO SECO ( Gr. )	20,59	20,31	18,86
HUMEDAD ( % )	52,49	59,32	63,95

LÍMITE PLÁSTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	B4	12M	10M	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,27	6,20	6,19	
PESO HÚMEDO ( Gr. )	9,60	9,83	10,58	
PESO SECO ( Gr. )	8,73	8,90	9,51	
HUMEDAD ( % )	35,21	34,07	32,54	



LÍMITE LIQUIDO (%)	60,23
--------------------	-------

LÍMITE PLÁSTICO (%)	33,94
---------------------	-------

ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	26,29
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

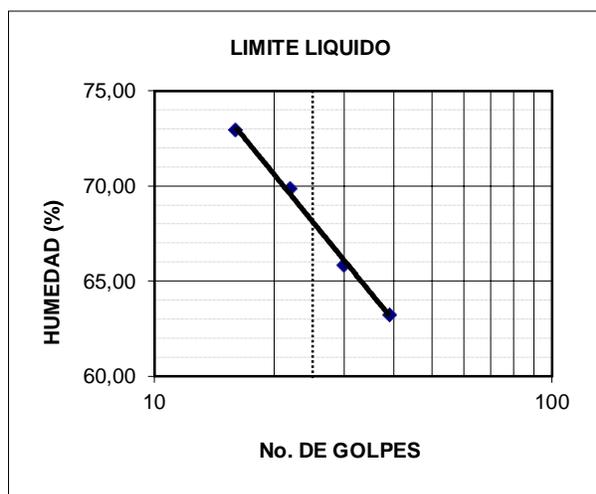
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	39	30	22	16
NÚMERO DEL RECIPIENTE	M21	34	M22	B9
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,30	6,44	6,30	6,27
PESO HÚMEDO ( Gr. )	26,16	24,40	25,29	24,70
PESO SECO ( Gr. )	18,47	17,27	17,48	16,93
HUMEDAD ( % )	63,23	65,85	69,85	72,94

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	10M	M20	B5	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,25	6,25	6,39	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,59	11,43	12,19	
PESO SECO ( Gr. )	11,28	10,41	11,03	
HUMEDAD ( % )	25,99	24,50	24,87	



LIMITE LIQUIDO (%) 68,12

LIMITE PLASTICO (%) 25,12

INDICE DE PLASTICIDAD 42,99

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



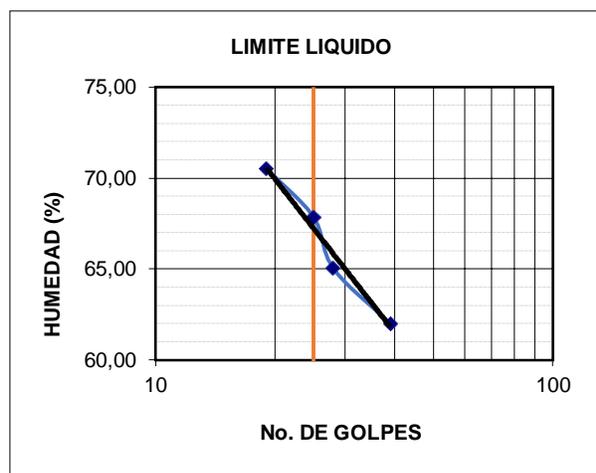
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4,5%		
NÚMERO DE GOLPES	39	28	25
NÚMERO DEL RECIPIENTE	M22	B5	B2
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,30	6,39	6,39
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,69	23,37	26,69
PESO SECO ( Gr. )	18,27	16,68	18,48
HUMEDAD ( % )	62,00	65,05	67,87

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	M20	34	53
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,25	6,44	6,26
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,74	11,38	12,14
PESO SECO ( Gr. )	9,87	10,17	11,03
HUMEDAD ( % )	24,18	32,40	23,28



LIMITE LIQUIDO (%)	67,23
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	26,62
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	40,61
-----------------------	-------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

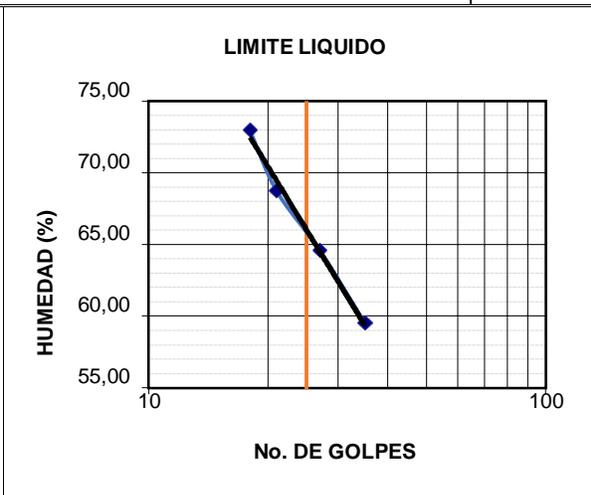
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	27	21	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A1	K8	A5	8M
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,28	5,63	5,84	6,82
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,50	28,51	26,87	27,82
PESO SECO ( Gr. )	18,33	19,53	18,30	18,96
HUMEDAD ( % )	59,50	64,57	68,75	73,00

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	0	M11	35	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,58	5,34	5,92	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,54	11,14	12,94	
PESO SECO ( Gr. )	9,68	9,93	11,45	
HUMEDAD ( % )	27,59	26,28	26,93	



LIMITE LIQUIDO (%)	66,01
LIMITE PLASTICO (%)	26,93
INDICE DE PLASTICIDAD	39,08

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

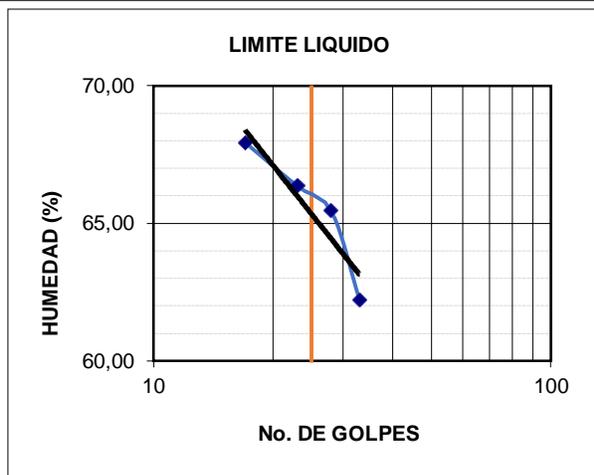
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	33	28	23	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	B9	B8	6M	B4
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,27	6,07	6,22	6,26
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,17	25,79	22,93	25,94
PESO SECO ( Gr. )	17,92	17,99	16,27	17,98
HUMEDAD ( % )	62,21	65,46	66,36	67,95

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	M21	10M	B3	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,30	6,25	6,38	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,73	11,66	10,51	
PESO SECO ( Gr. )	9,76	10,47	9,69	
HUMEDAD ( % )	28,17	28,25	25,01	



LIMITE LIQUIDO (%)	65,34
LIMITE PLASTICO (%)	27,14
INDICE DE PLASTICIDAD	38,20

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



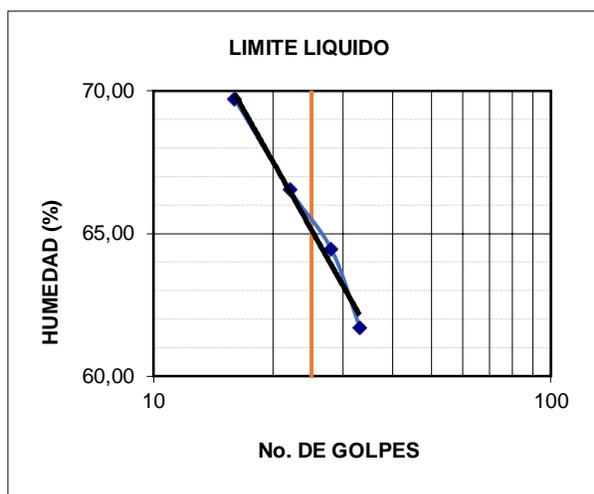
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	5
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 6%		
NÚMERO DE GOLPES	33	28	22
NÚMERO DEL RECIPIENTE	B4	B7	53
LÍMITE LÍQUIDO			6M
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,26	6,19	7,03
PESO HÚMEDO ( Gr. )	24,36	24,71	23,37
PESO SECO ( Gr. )	17,45	17,45	16,84
HUMEDAD ( % )	61,70	64,45	66,54

LÍMITE PLÁSTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	B2	B8	B3	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,39	6,07	6,38	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,48	10,62	10,12	
PESO SECO ( Gr. )	9,59	9,65	9,31	
HUMEDAD ( % )	27,96	27,10	27,51	



LÍMITE LÍQUIDO (%)	65,11
--------------------	-------

LÍMITE PLÁSTICO (%)	27,52
---------------------	-------

ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	37,59
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

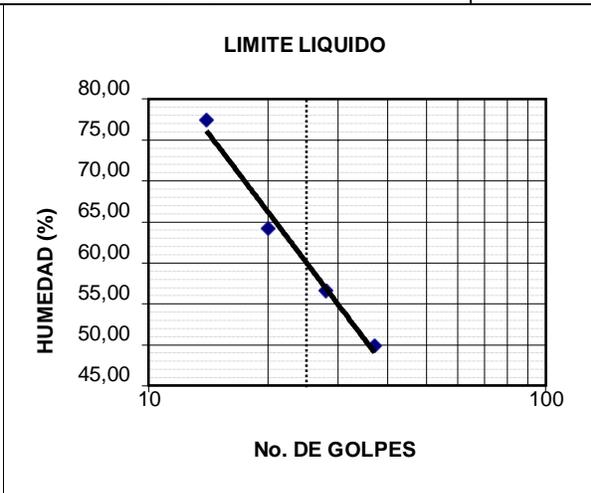
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	37	28	20	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	53	101	42	103
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,34	6,93	7,35	6,80
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,65	26,05	26,82	28,46
PESO SECO ( Gr. )	19,55	19,13	19,21	19,01
HUMEDAD ( % )	49,95	56,64	64,18	77,41

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	89	82	37
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,83	6,62	7,50
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,18	11,73	11,49
PESO SECO ( Gr. )	11,05	10,66	10,63
HUMEDAD ( % )	26,71	26,55	27,15



LIMITE LIQUIDO (%)	59,98
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	26,80
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	33,17
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

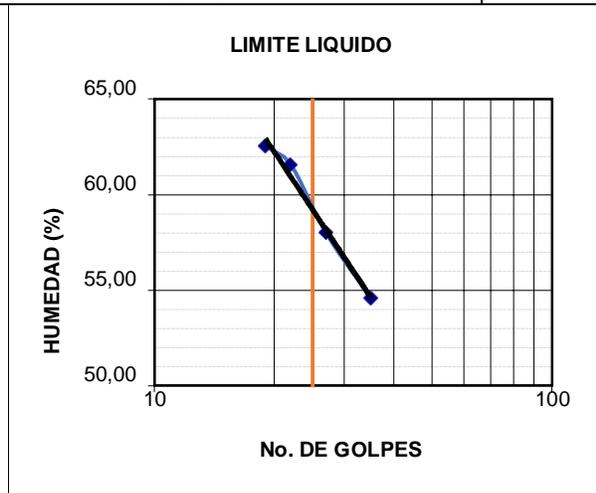
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	27	22	19
NÚMERO DEL RECIPIENTE	27	16	10	55
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,77	7,66	7,64	7,53
PESO HÚMEDO ( Gr. )	24,59	26,37	29,66	26,98
PESO SECO ( Gr. )	18,65	19,50	21,27	19,50
HUMEDAD ( % )	54,57	58,00	61,58	62,54

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	57	12	4
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,45	7,42	7,51
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,04	12,73	12,75
PESO SECO ( Gr. )	11,90	11,62	11,65
HUMEDAD ( % )	25,56	26,34	26,57



LIMITE LIQUIDO (%)	59,21
LIMITE PLASTICO (%)	26,16
INDICE DE PLASTICIDAD	33,05

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

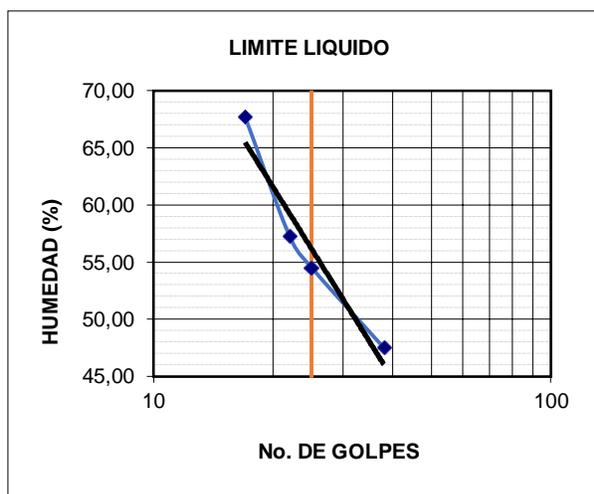
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucutá (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	38	25	22	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	M9	B3	6M	M21
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,24	6,38	6,22	6,30
PESO HÚMEDO ( Gr. )	24,88	26,85	24,89	23,35
PESO SECO ( Gr. )	18,88	19,63	18,10	16,47
HUMEDAD ( % )	47,46	54,49	57,24	67,72

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	21	A5	5A
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,58	5,34	5,92
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,12	11,27	12,57
PESO SECO ( Gr. )	9,52	10,30	11,42
HUMEDAD ( % )	20,72	19,49	20,97



LIMITE LIQUIDO (%)	56,15
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	20,39
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	35,76
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

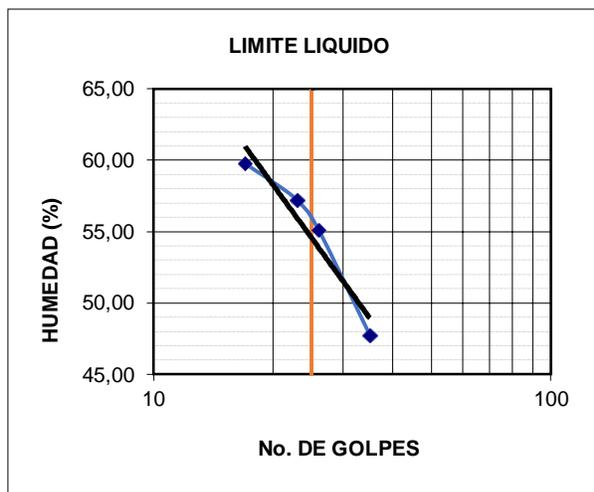
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	26	23	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	24	J4	A1	10
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	5,31	6,65	6,32	6,34
PESO HÚMEDO ( Gr. )	29,82	25,47	25,73	26,43
PESO SECO ( Gr. )	21,90	18,79	18,67	18,92
HUMEDAD ( % )	47,73	55,11	57,19	59,75

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	28	2	B5
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,20	7,10	6,39
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,20	11,42	11,40
PESO SECO ( Gr. )	12,03	10,58	10,44
HUMEDAD ( % )	24,21	23,94	23,63



LIMITE LIQUIDO (%)	54,56
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	23,93
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	30,63
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

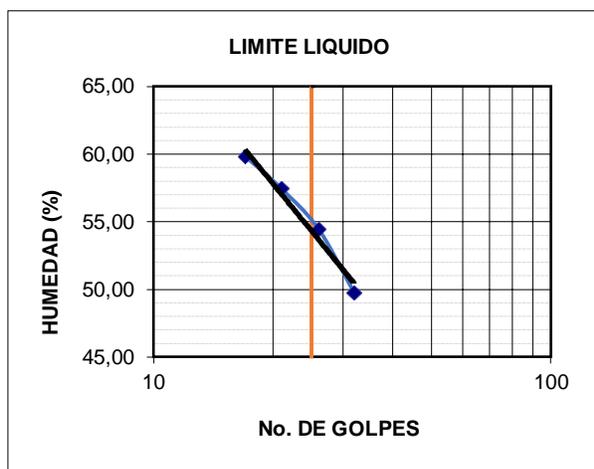
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucutá (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cenizas al 6%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	26	21	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	B9	1M	B1	16
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,24	6,25	6,20	5,09
PESO HÚMEDO ( Gr. )	29,10	27,74	25,19	24,18
PESO SECO ( Gr. )	21,50	20,16	18,26	17,03
HUMEDAD ( % )	49,78	54,48	57,42	59,82

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	13M	10M	M11
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,39	6,07	6,38
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,13	11,21	10,97
PESO SECO ( Gr. )	9,40	10,22	10,11
HUMEDAD ( % )	24,37	23,92	23,27



LIMITE LIQUIDO (%)	54,30
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	23,85
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	30,45
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan

**Anexo 10** Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A2-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

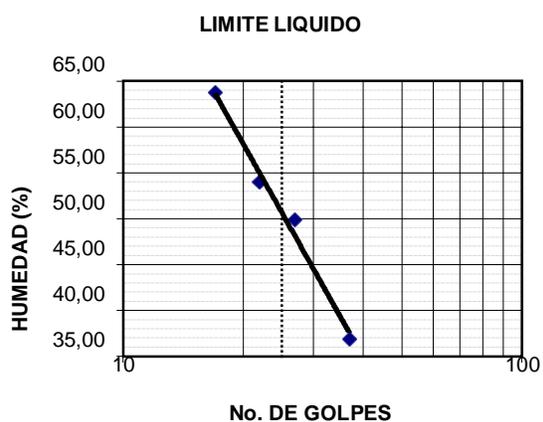
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 4%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	37	27	22	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	9	35	99	82
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,27	7,66	6,73	6,60
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,68	26,09	26,59	28,57
PESO SECO ( Gr. )	22,18	19,96	19,63	20,02
HUMEDAD ( % )	36,89	49,84	53,95	63,71

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	301	Z-2	B1	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,51	6,42	6,43	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,01	10,94	10,97	
PESO SECO ( Gr. )	9,79	9,75	9,79	
HUMEDAD ( % )	37,28	35,93	35,13	



LIMITE LIQUIDO (%) 50,72

LIMITE PLASTICO (%) 36,11

INDICE DE PLASTICIDAD 14,61

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

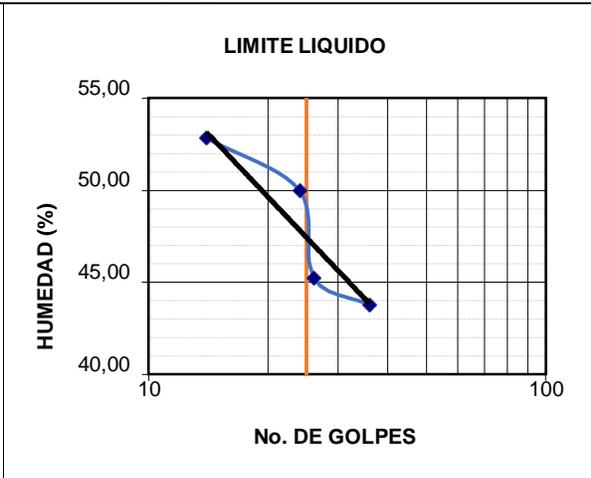
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cúcuta (N. de S.)	APIQUE No. : 2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 4,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	26	24	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	J4	10	M9	B7
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,63	6,34	4,97	6,18
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,84	30,45	24,30	25,72
PESO SECO ( Gr. )	21,38	22,94	17,86	18,97
HUMEDAD ( % )	43,78	45,24	49,98	52,83

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	2	28	24	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,10	7,20	7,02	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,18	13,19	12,76	
PESO SECO ( Gr. )	10,90	11,63	11,35	
HUMEDAD ( % )	33,39	35,21	32,38	



LIMITE LIQUIDO (%)	47,42
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	33,66
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	13,76
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

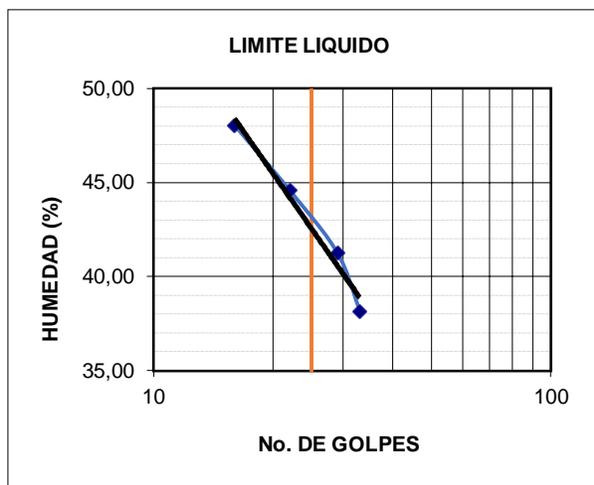
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. : 2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5%		

LIMITE LIQUIDO	
----------------	--

NÚMERO DE GOLPES	33	29	22	16
NÚMERO DEL RECIPIENTE	M21	10M	B3	B9
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	4,90	6,17	6,49	6,24
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,05	25,13	28,88	28,03
PESO SECO ( Gr. )	19,48	19,59	21,98	20,96
HUMEDAD ( % )	38,17	41,25	44,59	48,05

LIMITE PLASTICO	
-----------------	--

NÚMERO DEL RECIPIENTE	16	13M	A1	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,28	6,23	5,32	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,66	10,90	11,91	
PESO SECO ( Gr. )	9,55	9,76	10,33	
HUMEDAD ( % )	33,87	32,16	31,45	



LIMITE LIQUIDO (%)	42,53
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	32,49
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	10,03
-----------------------	-------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

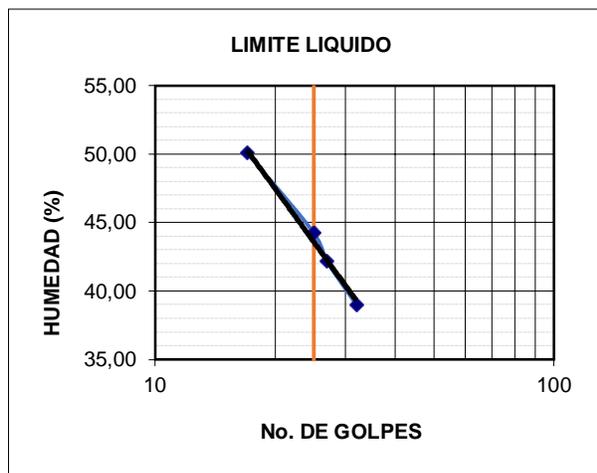
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. : 2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5,5%		

LIMITE LIQUIDO		
----------------	--	--

NÚMERO DE GOLPES	32	27	25	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	74	57	4	12
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,60	7,40	7,40	7,44
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,93	29,42	31,79	27,06
PESO SECO ( Gr. )	21,94	22,89	24,31	20,51
HUMEDAD ( % )	39,00	42,15	44,25	50,09

LIMITE PLASTICO
-----------------

NÚMERO DEL RECIPIENTE	A2	21	M11	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,04	5,42	6,38	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,23	10,18	10,94	
PESO SECO ( Gr. )	9,82	8,95	9,73	
HUMEDAD ( % )	37,35	35,04	36,13	



LIMITE LIQUIDO (%)	43,60
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	36,17
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	7,43
-----------------------	------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

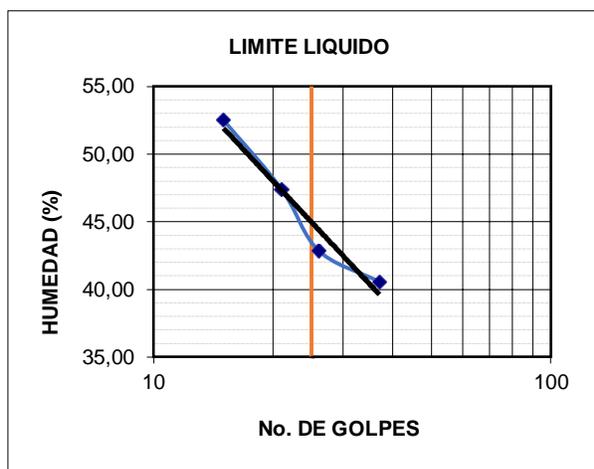
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. : 2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 6%		

LIMITE LIQUIDO		
----------------	--	--

NÚMERO DE GOLPES	37	26	21	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	14	5	44	49
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,48	7,26	7,61	7,13
PESO HÚMEDO ( Gr. )	29,76	27,01	26,42	28,82
PESO SECO ( Gr. )	23,33	21,09	20,37	21,35
HUMEDAD ( % )	40,57	42,87	47,39	52,50

LIMITE PLASTICO
-----------------

NÚMERO DEL RECIPIENTE	1	43	8	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,64	7,55	7,44	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,79	12,05	12,33	
PESO SECO ( Gr. )	11,37	10,80	10,95	
HUMEDAD ( % )	37,99	38,51	39,34	



LIMITE LIQUIDO (%)	44,97
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	38,61
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	6,36
-----------------------	------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

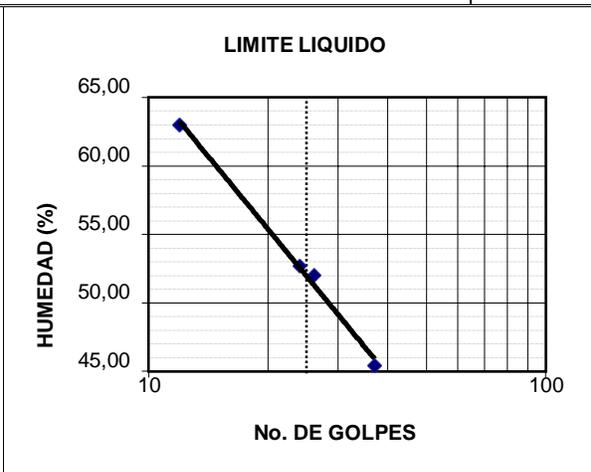
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	37	26	24	12
NÚMERO DEL RECIPIENTE	1M	A5	B3	28
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,26	6,26	6,36	7,21
PESO HÚMEDO ( Gr. )	30,58	33,68	30,78	34,69
PESO SECO ( Gr. )	22,99	24,29	22,35	24,07
HUMEDAD ( % )	45,40	52,05	52,72	62,97

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	43	2	70	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,20	7,11	5,38	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,38	10,96	10,37	
PESO SECO ( Gr. )	9,55	10,27	9,34	
HUMEDAD ( % )	24,77	21,71	25,86	



LIMITE LIQUIDO (%)	51,97
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	24,11
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	27,85
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

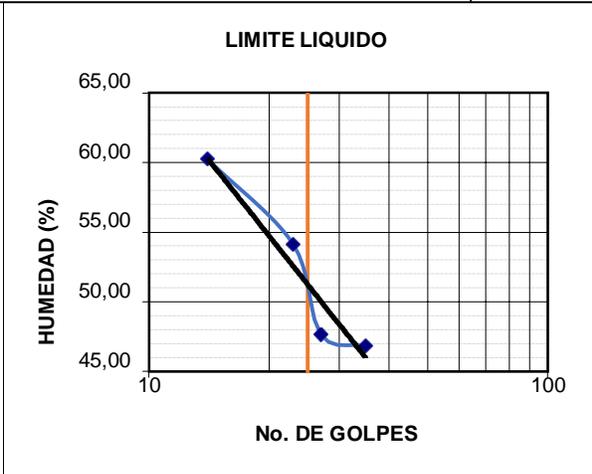
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cucuta (N. de S.)	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG ARIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	27	23	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	al	62	9	M20
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,32	6,26	6,15	6,25
PESO HÚMEDO ( Gr. )	31,70	37,40	30,57	31,34
PESO SECO ( Gr. )	23,60	27,35	21,99	21,91
HUMEDAD ( % )	46,83	47,63	54,15	60,27

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	13	1	69	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	5,16	6,37	5,98	
PESO HÚMEDO (Gr. )	8,71	9,64	9,86	
PESO SECO ( Gr. )	8,05	9,03	9,09	
HUMEDAD ( % )	23,07	23,17	24,98	



LIMITE LIQUIDO (%)	51,24
LIMITE PLASTICO (%)	23,74
INDICE DE PLASTICIDAD	27,50

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

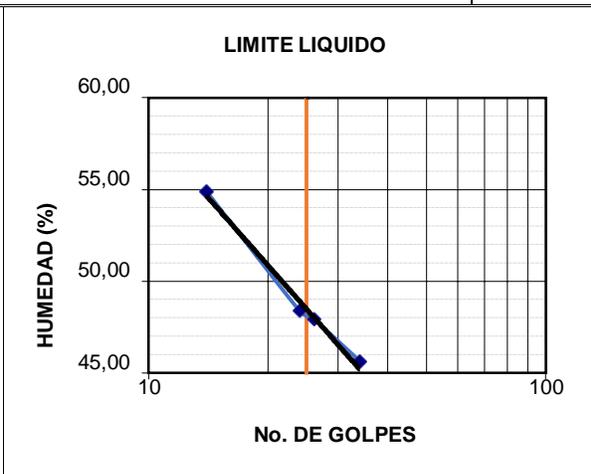
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	26	24	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	M21	B5	K8	M22
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,30	6,39	5,31	6,30
PESO HÚMEDO ( Gr. )	31,56	33,58	30,20	37,03
PESO SECO ( Gr. )	23,64	24,77	22,09	26,14
HUMEDAD ( % )	45,63	47,92	48,37	54,90

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	6	2	16	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,20	5,43	6,46	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,68	10,54	11,03	
PESO SECO ( Gr. )	11,66	9,58	10,16	
HUMEDAD ( % )	22,91	23,20	23,39	



LIMITE LIQUIDO (%)	48,48
LIMITE PLASTICO (%)	23,17
INDICE DE PLASTICIDAD	25,31

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

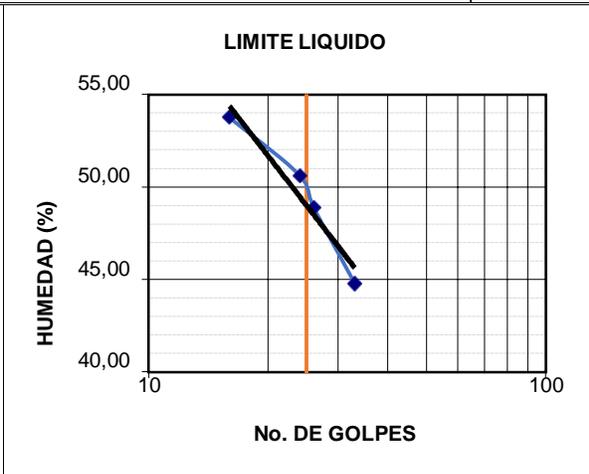
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	33	26	24	16
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A3	M9	B2	0
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,35	6,24	6,39	6,50
PESO HÚMEDO ( Gr. )	31,02	29,32	32,19	29,53
PESO SECO ( Gr. )	23,39	21,74	23,52	21,48
HUMEDAD ( % )	44,76	48,89	50,62	53,75

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	A2	M5	302	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,04	4,88	6,42	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,87	9,38	10,37	
PESO SECO ( Gr. )	10,60	8,45	9,57	
HUMEDAD ( % )	27,84	26,08	25,45	



LIMITE LIQUIDO (%)	48,99
LIMITE PLASTICO (%)	26,46
INDICE DE PLASTICIDAD	22,53

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

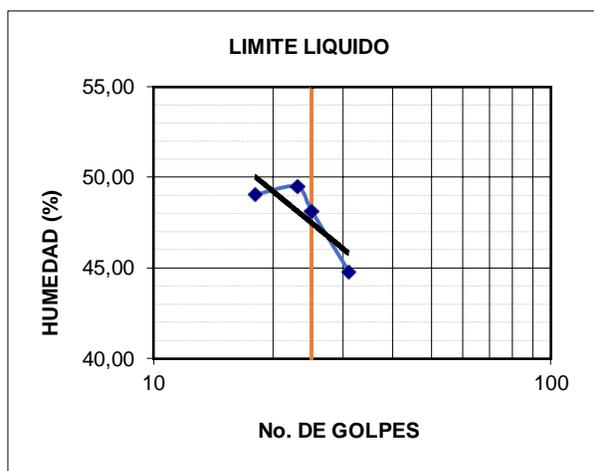
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 6%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	25	23	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	N8	J5	J4	24
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,07	6,76	6,65	7,04
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,83	27,70	26,95	27,21
PESO SECO ( Gr. )	19,72	20,90	20,23	20,57
HUMEDAD ( % )	44,79	48,14	49,50	49,04

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	0	10	M30	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,91	5,96	5,31	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,98	12,01	10,10	
PESO SECO ( Gr. )	10,17	10,77	9,11	
HUMEDAD ( % )	24,91	25,61	26,08	



LIMITE LIQUIDO (%)	47,48
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	25,53
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	21,95
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

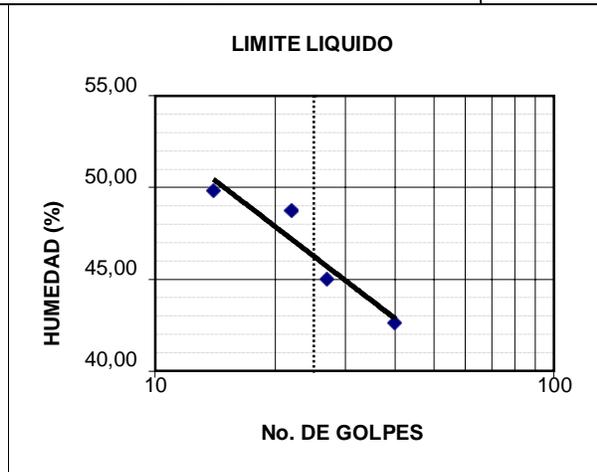
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucutá (N. de S.)		APIQUE No. : 2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	40	27	22	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	10M	M20	301	5A
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,17	6,25	6,51	6,28
PESO HÚMEDO ( Gr. )	30,10	25,70	28,40	30,40
PESO SECO ( Gr. )	22,95	19,66	21,23	22,38
HUMEDAD ( % )	42,62	45,01	48,74	49,84

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	59	27	75
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,43	6,21	6,39
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,08	10,41	10,15
PESO SECO ( Gr. )	9,36	9,65	9,48
HUMEDAD ( % )	24,65	22,01	21,80



LIMITE LIQUIDO (%)	46,26
LIMITE PLASTICO (%)	22,82
INDICE DE PLASTICIDAD	23,44

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

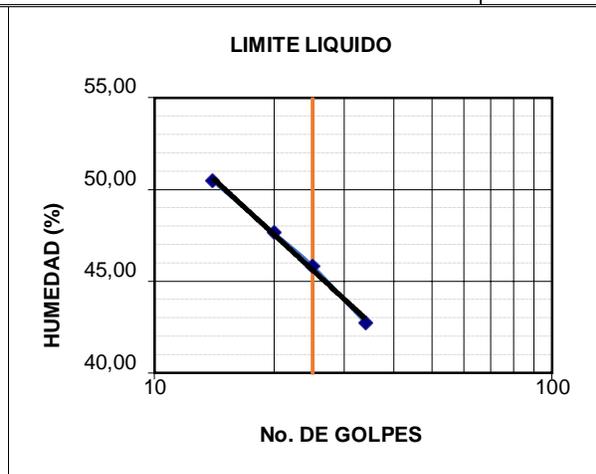
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	25	20	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	13M	16	B7	Z2
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,16	6,41	6,18	6,42
PESO HÚMEDO ( Gr. )	32,45	25,67	28,48	31,10
PESO SECO ( Gr. )	24,57	19,62	21,29	22,82
HUMEDAD ( % )	42,76	45,83	47,63	50,50

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	A1	2	28
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,32	7,10	7,20
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,32	11,37	11,66
PESO SECO ( Gr. )	10,39	10,58	10,85
HUMEDAD ( % )	22,94	22,71	22,34



LIMITE LIQUIDO (%)	45,61
LIMITE PLASTICO (%)	22,66
INDICE DE PLASTICIDAD	22,94

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

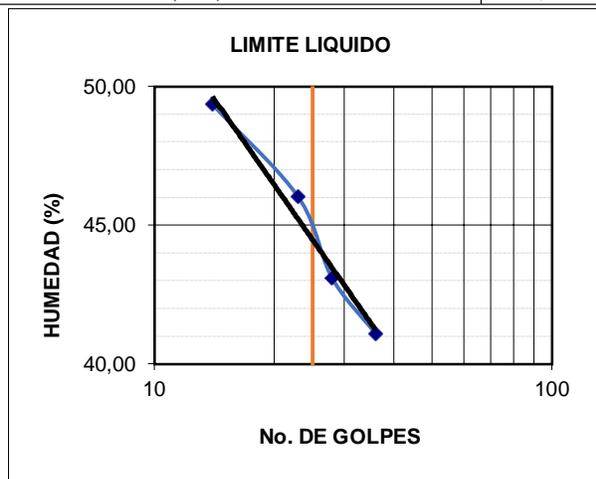
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	28	23	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	M11	A3	B4	M21
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,38	6,26	6,26	4,90
PESO HÚMEDO ( Gr. )	29,49	26,38	29,77	28,42
PESO SECO ( Gr. )	22,76	20,32	22,36	20,65
HUMEDAD ( % )	41,09	43,09	46,02	49,36

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	A2	21	24
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	4,85	5,42	7,02
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,58	9,63	12,97
PESO SECO ( Gr. )	9,55	8,84	11,88
HUMEDAD ( % )	21,91	23,14	22,26



LIMITE LIQUIDO (%)	44,48
LIMITE PLASTICO (%)	22,44
INDICE DE PLASTICIDAD	22,04

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

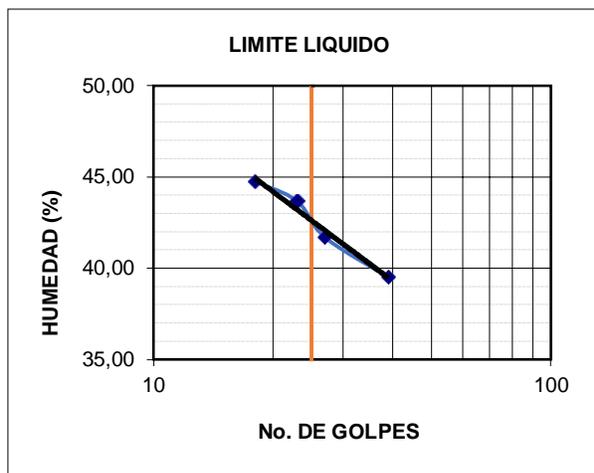
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucutá (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	39	27	23	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A5	1M	B9	J4
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,25	6,25	6,24	6,63
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,11	28,01	28,03	30,54
PESO SECO ( Gr. )	21,20	21,61	21,41	23,15
HUMEDAD ( % )	39,51	41,71	43,69	44,77

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	M9	10	B3
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	4,97	6,34	6,36
PESO HÚMEDO (Gr. )	9,44	10,67	10,71
PESO SECO ( Gr. )	8,59	9,86	9,88
HUMEDAD ( % )	23,60	23,21	23,52



LIMITE LIQUIDO (%)	42,61
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	23,45
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	19,17
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

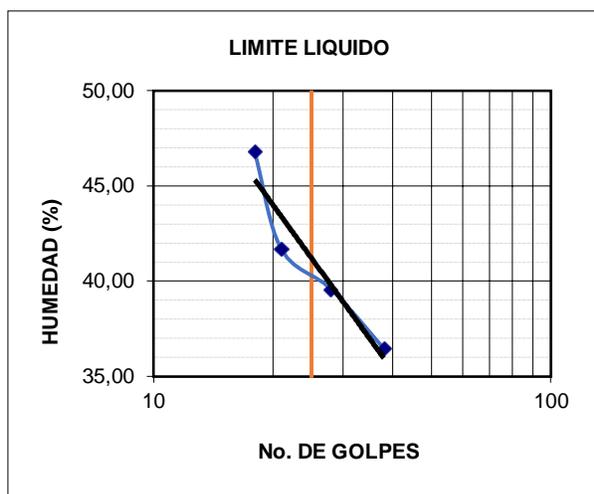
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucutá (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 6%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	38	28	21	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	67	8	43	1
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,52	7,44	7,55	7,64
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,07	27,58	25,74	25,83
PESO SECO ( Gr. )	21,58	21,87	20,39	20,04
HUMEDAD ( % )	36,44	39,56	41,65	46,77

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	46	61	36
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,64	7,54	7,69
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,86	12,02	12,43
PESO SECO ( Gr. )	11,91	11,13	11,52
HUMEDAD ( % )	22,31	24,76	23,68



LIMITE LIQUIDO (%)	41,20
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	23,58
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	17,62
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan

**Anexo II** Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A3-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

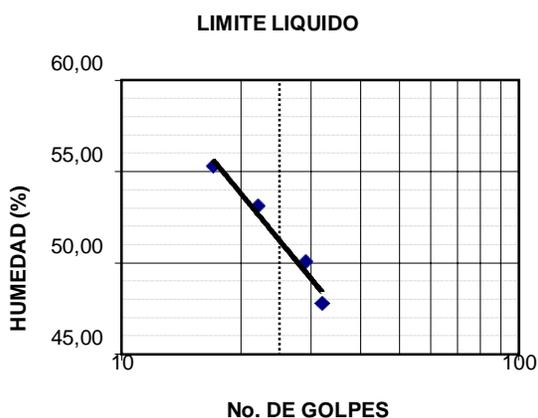
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 4%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	29	22	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	23	11	5	72
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,54	7,18	7,29	6,69
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,71	28,41	27,59	27,06
PESO SECO ( Gr. )	19,84	21,33	20,55	19,81
HUMEDAD ( % )	47,77	50,05	53,12	55,30

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	114	15	41	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,70	7,88	7,99	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,00	12,08	12,00	
PESO SECO ( Gr. )	9,91	11,05	10,89	
HUMEDAD ( % )	34,06	32,79	38,36	



LIMITE LIQUIDO (%)	51,22
LIMITE PLASTICO (%)	35,07
INDICE DE PLASTICIDAD	16,15

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

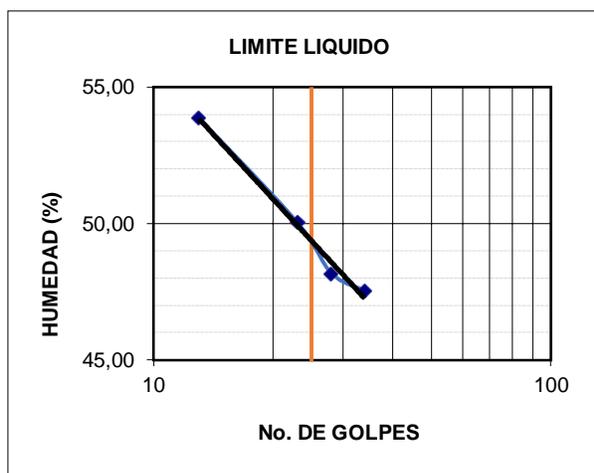
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 4,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	28	23	13
NÚMERO DEL RECIPIENTE	101	99	52	35
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,92	6,75	7,35	7,75
PESO HÚMEDO ( Gr. )	28,93	27,88	30,37	24,67
PESO SECO ( Gr. )	21,84	21,01	22,69	18,74
HUMEDAD ( % )	47,53	48,17	50,04	53,89

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	59	94	56	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,38	6,62	7,61	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,88	10,86	11,72	
PESO SECO ( Gr. )	9,99	9,72	10,64	
HUMEDAD ( % )	34,05	36,65	35,60	



LIMITE LIQUIDO (%)	49,36
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	35,43
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	13,93
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

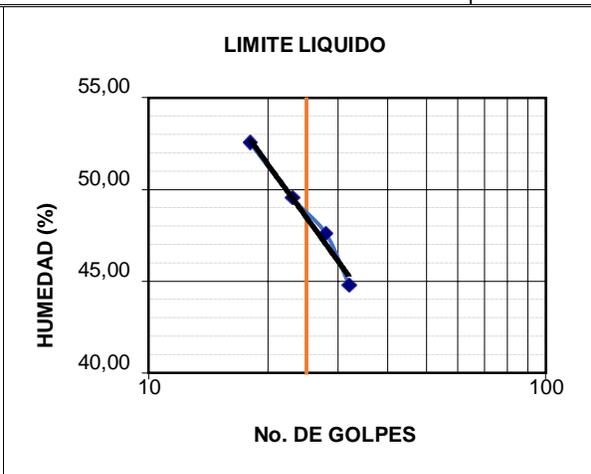
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	28	23	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	89	8	73	106
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,83	7,44	6,51	6,76
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,21	27,49	24,95	26,69
PESO SECO ( Gr. )	19,52	21,03	18,84	19,82
HUMEDAD ( % )	44,79	47,60	49,57	52,57

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	82	87	57	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,61	6,65	7,43	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,63	12,27	12,20	
PESO SECO ( Gr. )	10,32	10,79	10,95	
HUMEDAD ( % )	35,57	35,68	35,33	



LIMITE LIQUIDO (%)	48,46
LIMITE PLASTICO (%)	35,52
INDICE DE PLASTICIDAD	12,94

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

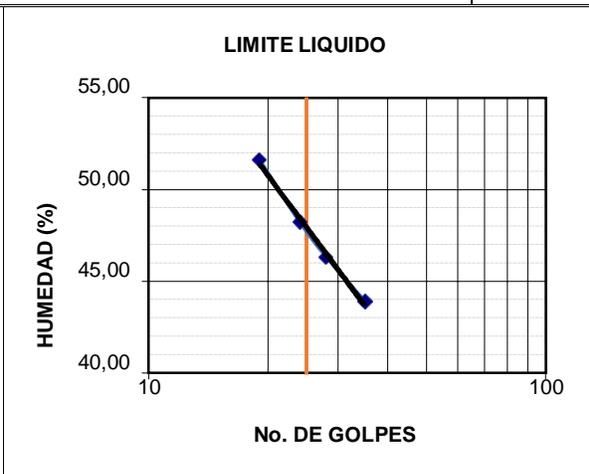
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	28	24	19
NÚMERO DEL RECIPIENTE	31	45	9	58
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,43	7,45	7,27	7,34
PESO HÚMEDO ( Gr. )	26,31	26,04	26,07	24,01
PESO SECO ( Gr. )	20,55	20,16	19,96	18,33
HUMEDAD ( % )	43,90	46,32	48,23	51,62

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	13	77	19	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,42	6,66	7,91	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,34	10,90	12,34	
PESO SECO ( Gr. )	10,29	9,82	11,15	
HUMEDAD ( % )	36,70	34,09	36,37	



LIMITE LIQUIDO (%)	47,94
LIMITE PLASTICO (%)	35,72
INDICE DE PLASTICIDAD	12,22

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

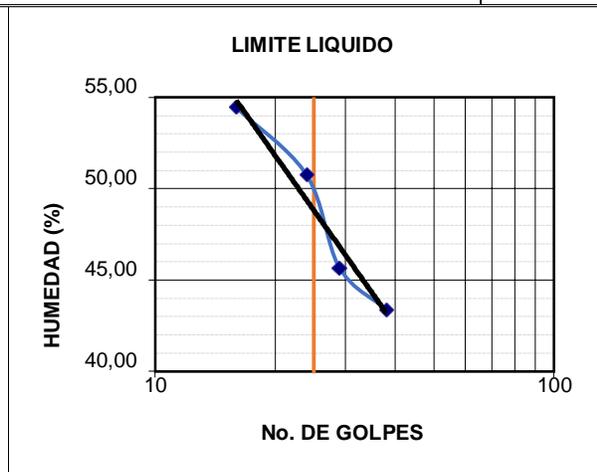
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 6%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	38	29	24	16
NÚMERO DEL RECIPIENTE	1	50	69	60
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,59	7,68	6,75	7,78
PESO HÚMEDO ( Gr. )	26,10	22,63	24,76	27,15
PESO SECO ( Gr. )	20,50	17,94	18,70	20,32
HUMEDAD ( % )	43,37	45,66	50,76	54,47

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	43	86	18	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,51	6,61	7,42	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,21	10,93	11,73	
PESO SECO ( Gr. )	10,93	9,77	10,58	
HUMEDAD ( % )	37,51	36,66	36,02	



LIMITE LIQUIDO (%)	48,84
LIMITE PLASTICO (%)	36,73
INDICE DE PLASTICIDAD	12,11

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

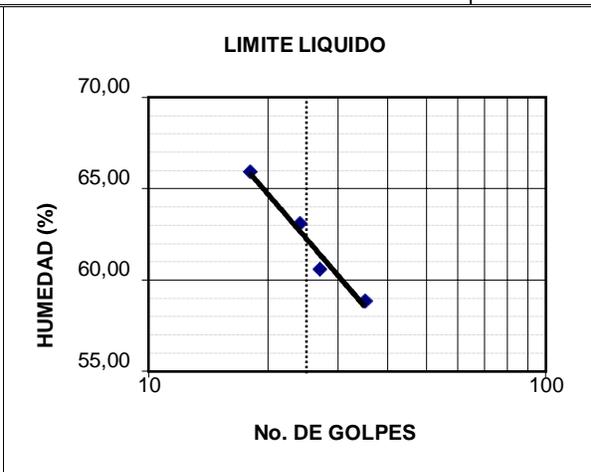
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	27	24	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	1	9	58	18
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,64	7,27	7,34	7,42
PESO HÚMEDO ( Gr. )	22,74	23,86	22,78	23,08
PESO SECO ( Gr. )	17,15	17,60	16,81	16,86
HUMEDAD ( % )	58,88	60,62	63,10	65,95

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	101	87	59	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,92	6,65	7,38	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,46	10,42	11,60	
PESO SECO ( Gr. )	10,54	9,67	10,76	
HUMEDAD ( % )	25,26	24,87	24,97	



LIMITE LIQUIDO (%)	62,26
LIMITE PLASTICO (%)	25,03
INDICE DE PLASTICIDAD	37,22

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

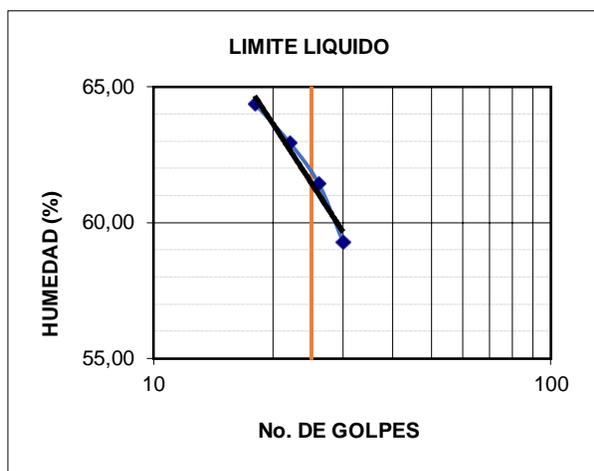
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	30	26	22	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	72	8	86	35
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,69	7,44	6,61	7,75
PESO HÚMEDO ( Gr. )	22,32	22,31	21,04	21,78
PESO SECO ( Gr. )	16,50	16,65	15,46	16,29
HUMEDAD ( % )	59,27	61,46	62,95	64,39

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	106	50	13	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,76	7,68	7,42	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,75	11,60	11,45	
PESO SECO ( Gr. )	10,69	10,78	10,60	
HUMEDAD ( % )	26,91	26,19	26,56	



LIMITE LIQUIDO (%)	61,44
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	26,55
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	34,89
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

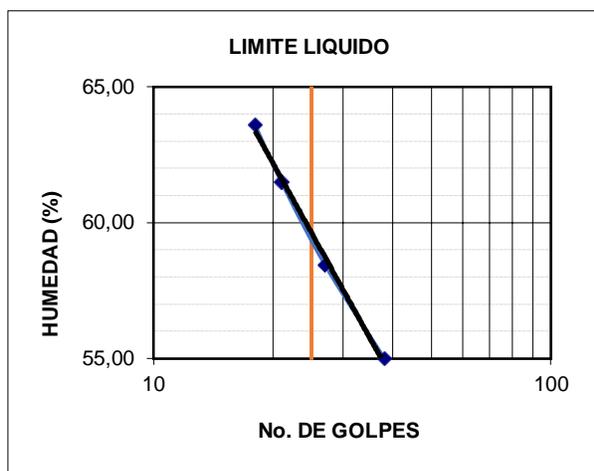
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	38	27	21	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	5	77	73	89
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,29	6,66	6,51	6,83
PESO HÚMEDO ( Gr. )	19,18	20,64	20,63	22,41
PESO SECO ( Gr. )	14,96	15,48	15,25	16,35
HUMEDAD ( % )	55,00	58,45	61,50	63,62

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	52	69	45	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,35	6,75	7,45	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,48	10,75	12,19	
PESO SECO ( Gr. )	11,38	9,86	11,20	
HUMEDAD ( % )	27,25	28,52	26,48	



LIMITE LIQUIDO (%)	59,62
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	27,42
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	32,21
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

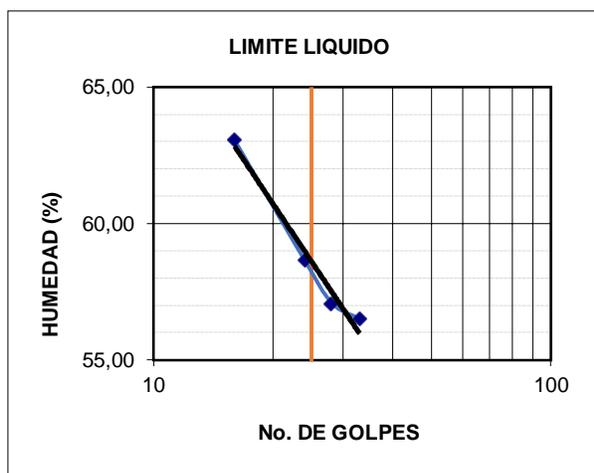
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	33	28	24	16
NÚMERO DEL RECIPIENTE	43	23	19	41
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,55	7,54	7,91	7,49
PESO HÚMEDO ( Gr. )	23,54	21,10	24,05	22,60
PESO SECO ( Gr. )	17,77	16,17	18,08	16,75
HUMEDAD ( % )	56,50	57,08	58,65	63,08

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	82	99	56	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,63	6,75	7,61	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,02	11,92	13,11	
PESO SECO ( Gr. )	10,84	10,80	11,88	
HUMEDAD ( % )	27,84	27,79	28,62	



LIMITE LIQUIDO (%)	58,60
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	28,08
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	30,52
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

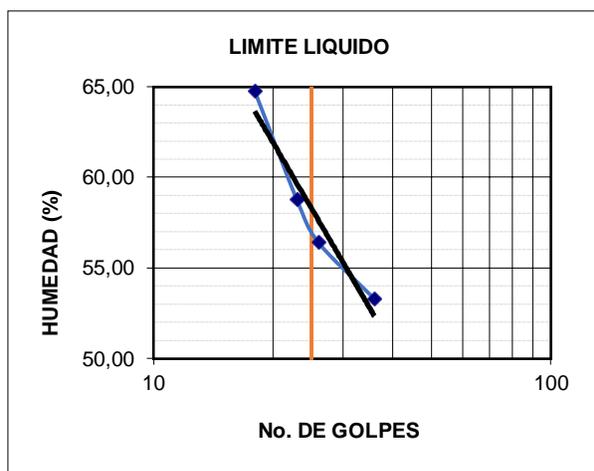
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)		APIQUE No. : 3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 6%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	26	23	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	94	114	15	31
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,62	6,70	7,88	7,87
PESO HÚMEDO ( Gr. )	21,89	21,66	22,64	22,05
PESO SECO ( Gr. )	16,58	16,26	17,17	16,48
HUMEDAD ( % )	53,30	56,42	58,75	64,79

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	60	57	11	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,78	7,43	7,18	
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,82	12,80	12,17	
PESO SECO ( Gr. )	12,48	11,62	11,06	
HUMEDAD ( % )	28,42	28,26	28,37	



LIMITE LIQUIDO (%)	58,28
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	28,35
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	29,94
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

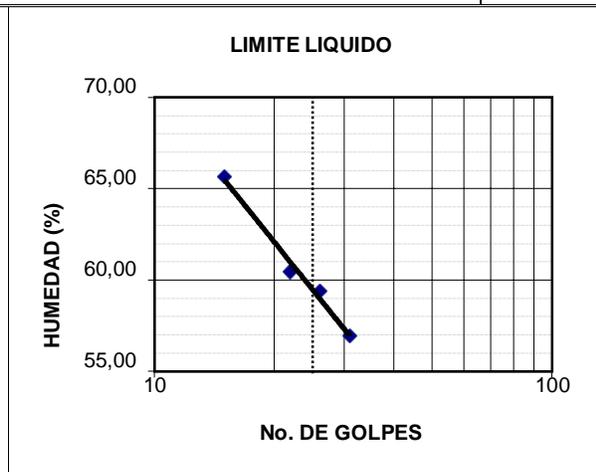
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	26	22	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A2	A3	M20	B4
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	4,86	6,35	6,24	6,25
PESO HÚMEDO ( Gr. )	24,19	29,16	25,23	23,80
PESO SECO ( Gr. )	17,17	20,66	18,08	16,85
HUMEDAD ( % )	56,95	59,38	60,47	65,64

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	301	Z2	B7
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,22	6,20	6,19
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,99	10,68	11,72
PESO SECO ( Gr. )	10,00	9,84	10,77
HUMEDAD ( % )	26,22	23,06	20,88



LIMITE LIQUIDO (%)	59,48
LIMITE PLASTICO (%)	23,38
INDICE DE PLASTICIDAD	36,10

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

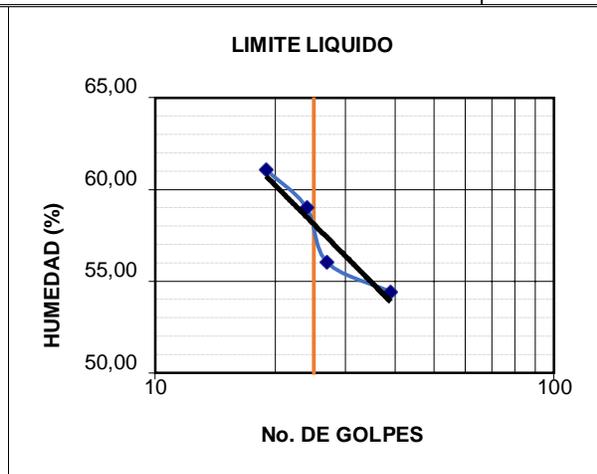
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	39	27	24	19
NÚMERO DEL RECIPIENTE	87	101	82	57
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,65	6,92	6,61	7,43
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,78	29,19	26,15	26,63
PESO SECO ( Gr. )	19,04	21,20	18,90	19,35
HUMEDAD ( % )	54,40	56,02	59,03	61,09

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	114	72	8
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,70	6,69	7,37
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,57	11,75	12,75
PESO SECO ( Gr. )	10,64	10,75	11,70
HUMEDAD ( % )	23,66	24,57	24,17



LIMITE LIQUIDO (%)	58,12
LIMITE PLASTICO (%)	24,13
INDICE DE PLASTICIDAD	33,99

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

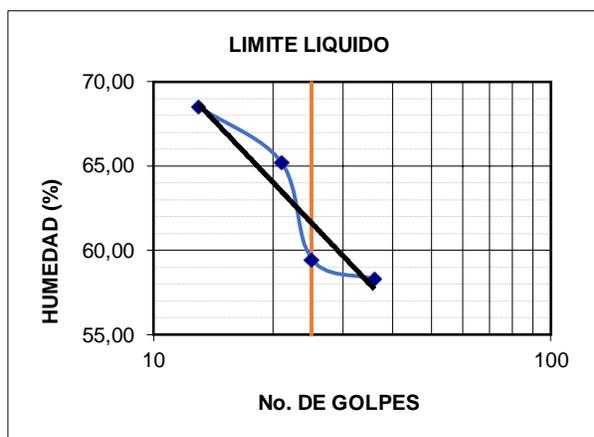
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucutá (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	25	21	13
NÚMERO DEL RECIPIENTE	89	A4	B8	49
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,80	6,32	6,01	7,14
PESO HÚMEDO ( Gr. )	23,98	23,10	22,74	24,28
PESO SECO ( Gr. )	17,65	16,85	16,14	17,31
HUMEDAD ( % )	58,28	59,44	65,21	68,51

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	9	5	10M
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,16	6,46	6,14
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,45	10,92	10,07
PESO SECO ( Gr. )	9,61	10,02	9,28
HUMEDAD ( % )	24,22	25,16	24,97



LIMITE LIQUIDO (%)	61,61
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	24,78
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	36,83
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

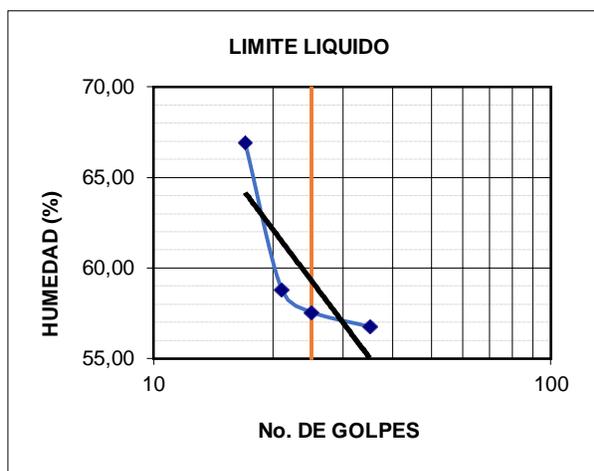
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)		APIQUE No. : 3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	25	21	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	12	23	52	15
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,37	7,54	7,35	7,88
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,03	27,89	29,46	25,70
PESO SECO ( Gr. )	18,27	20,46	21,27	18,56
HUMEDAD ( % )	56,75	57,56	58,79	66,89

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	35	11	59
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,75	7,18	7,38
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,57	13,09	12,88
PESO SECO ( Gr. )	12,30	11,78	11,69
HUMEDAD ( % )	27,73	28,39	27,56



LIMITE LIQUIDO (%)	59,29
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	27,89
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	31,40
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

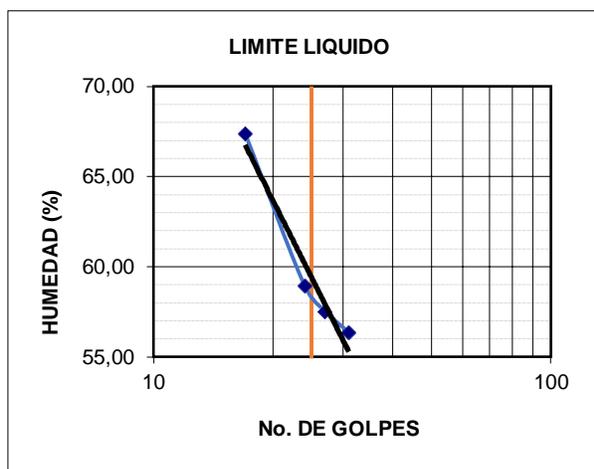
SECTOR :	Urbanización Cormoranes - Atalaya		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 6%		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	27	24	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	41	94	99	5
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,49	6,62	6,57	7,29
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,82	23,60	23,62	25,52
PESO SECO ( Gr. )	20,49	17,40	17,30	18,18
HUMEDAD ( % )	56,36	57,53	58,93	67,41

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	106	56	73
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,76	7,61	6,51
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,82	12,68	11,10
PESO SECO ( Gr. )	10,70	11,59	10,08
HUMEDAD ( % )	28,26	27,24	28,68



LIMITE LIQUIDO (%)	59,42
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	28,06
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	31,36
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan

**Anexo 12** Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A1-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

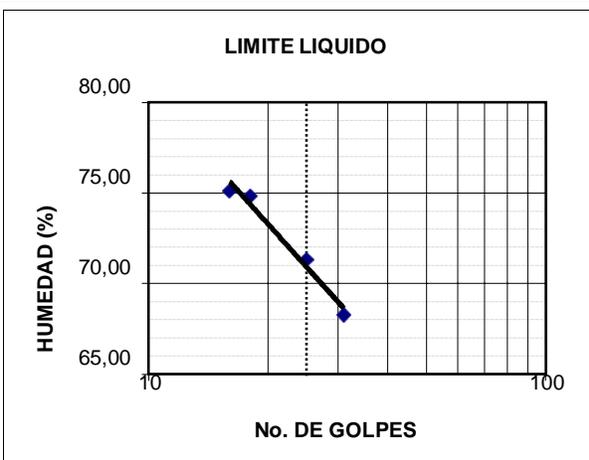
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5,5%, mes 1		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	25	18	16
NÚMERO DEL RECIPIENTE	50	54	1	17
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,65	7,58	7,56	7,42
PESO HÚMEDO ( Gr. )	23,50	28,45	25,88	25,53
PESO SECO ( Gr. )	17,07	19,76	18,04	17,76
HUMEDAD ( % )	68,26	71,35	74,81	75,15

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	55	31	52	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,51	7,35	7,29	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,51	13,38	13,49	
PESO SECO ( Gr. )	10,93	11,52	11,53	
HUMEDAD ( % )	46,20	44,60	46,23	



LIMITE LIQUIDO (%) 70,91

LIMITE PLASTICO (%) 45,68

INDICE DE PLASTICIDAD 25,23

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

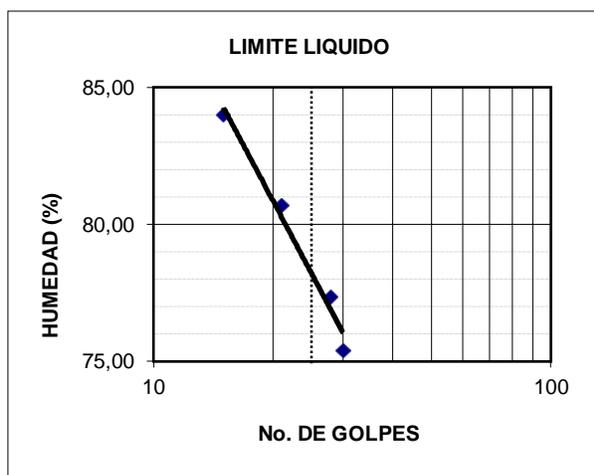
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. : 1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5,5%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	30	28	21	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	13	32	42	99
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,40	7,58	7,31	6,72
PESO HÚMEDO ( Gr. )	25,43	23,88	25,56	26,85
PESO SECO ( Gr. )	17,68	16,77	17,41	17,66
HUMEDAD ( % )	75,39	77,37	80,69	84,00

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	70	85	81	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,70	6,60	6,79	
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,89	13,12	14,01	
PESO SECO ( Gr. )	11,55	11,01	11,63	
HUMEDAD ( % )	48,40	47,98	49,17	



LIMITE LIQUIDO (%) 78,21

LIMITE PLASTICO (%) 48,52

INDICE DE PLASTICIDAD 29,69

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

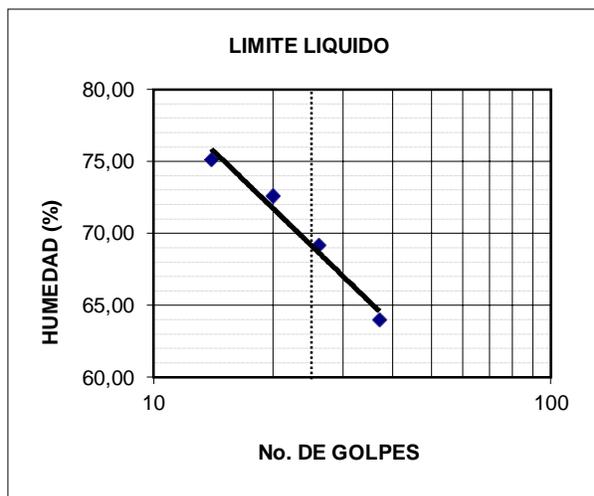
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. : 1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5,5%, mes 3		

LIMITE LIQUIDO		
----------------	--	--

NÚMERO DE GOLPES	37	26	20	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	63	41	85	70
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,37	7,45	6,59	6,70
PESO HÚMEDO ( Gr. )	28,65	32,80	27,76	31,28
PESO SECO ( Gr. )	20,34	22,43	18,85	20,73
HUMEDAD ( % )	63,97	69,15	72,60	75,13

LIMITE PLASTICO
-----------------

NÚMERO DEL RECIPIENTE	103	14	108	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,79	7,47	7,55	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,87	13,67	12,25	
PESO SECO ( Gr. )	11,03	11,87	10,87	
HUMEDAD ( % )	43,33	40,85	41,59	



LIMITE LIQUIDO (%)	69,14
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	41,92
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	27,21
-----------------------	-------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

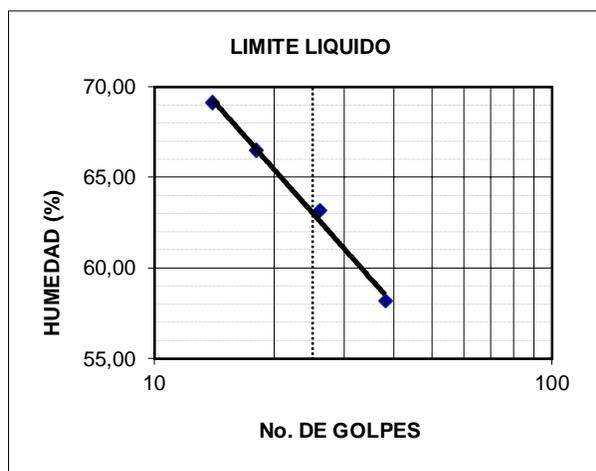
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4,5%, mes 1		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	38	26	18	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	15	16	48	5
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,81	7,53	7,63	7,26
PESO HÚMEDO ( Gr. )	28,26	27,84	27,94	22,40
PESO SECO ( Gr. )	20,74	19,97	19,83	16,21
HUMEDAD ( % )	58,19	63,20	66,50	69,13

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	96	3	77	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,50	7,26	6,66	
PESO HÚMEDO (Gr. )	14,44	15,26	13,29	
PESO SECO ( Gr. )	12,41	13,23	11,65	
HUMEDAD ( % )	34,21	33,97	32,83	



LIMITE LIQUIDO (%)	63,04
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	33,67
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	29,37
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

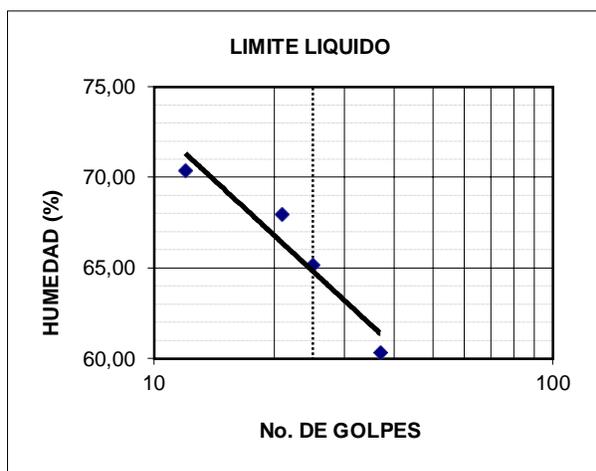
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4,5%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	37	25	21	12
NÚMERO DEL RECIPIENTE	66	41	98	72
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,34	7,47	6,72	6,68
PESO HÚMEDO ( Gr. )	23,70	26,01	24,71	25,17
PESO SECO ( Gr. )	17,54	18,69	17,43	17,53
HUMEDAD ( % )	60,35	65,18	67,98	70,40

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	113	90	78	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,67	6,54	6,63	
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,98	9,90	10,58	
PESO SECO ( Gr. )	12,15	9,12	9,62	
HUMEDAD ( % )	33,43	30,59	32,13	



LIMITE LIQUIDO (%)	64,84
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	32,05
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	32,79
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

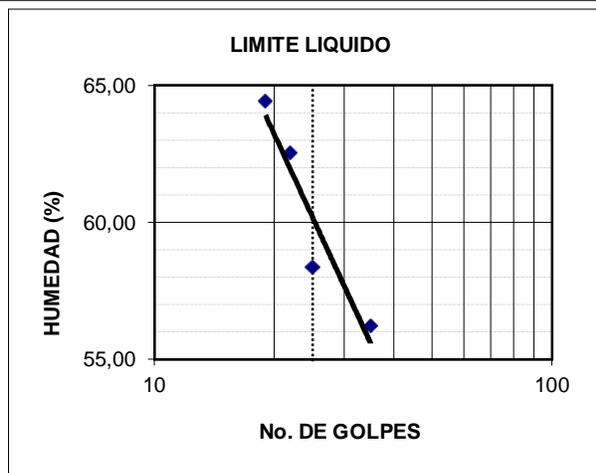
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 4,5%, mes 3		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	25	22	19
NÚMERO DEL RECIPIENTE	60	30	43	74
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,74	7,75	7,45	6,57
PESO HÚMEDO ( Gr. )	29,14	30,60	29,09	29,69
PESO SECO ( Gr. )	21,44	22,18	20,76	20,63
HUMEDAD ( % )	56,24	58,37	62,55	64,43

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	105	56	79	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,63	7,54	6,87	
PESO HÚMEDO (Gr. )	10,42	11,15	11,52	
PESO SECO ( Gr. )	9,61	10,41	10,53	
HUMEDAD ( % )	26,99	25,92	27,08	



LIMITE LIQUIDO (%)	60,17
LIMITE PLASTICO (%)	26,66
INDICE DE PLASTICIDAD	33,51

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

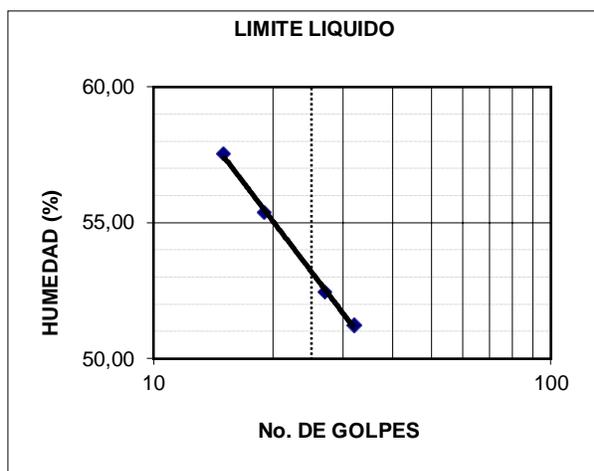
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5% mes 1		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	27	19	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	44	84	33	32
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,61	6,63	7,65	7,60
PESO HÚMEDO ( Gr. )	30,46	28,12	29,20	26,51
PESO SECO ( Gr. )	22,71	20,73	21,52	19,60
HUMEDAD ( % )	51,24	52,45	55,37	57,55

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	98	56	23
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,73	7,56	7,44
PESO HÚMEDO (Gr. )	14,32	15,66	14,27
PESO SECO ( Gr. )	12,77	14,02	12,92
HUMEDAD ( % )	25,67	25,33	24,80



LIMITE LIQUIDO (%)	53,19
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	25,27
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	27,92
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

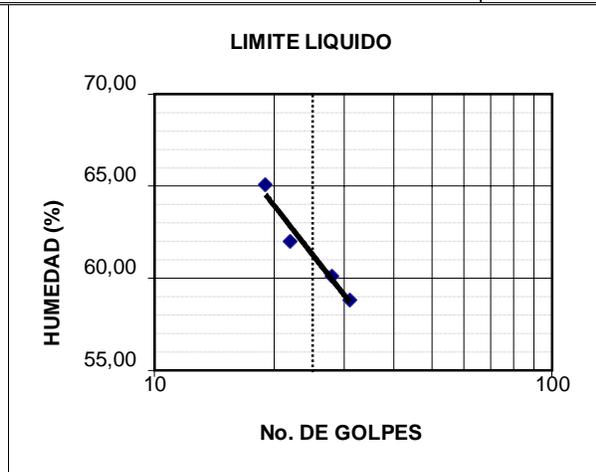
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)		APIQUE No. : 1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	28	22	19
NÚMERO DEL RECIPIENTE	66	41	98	72
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,34	7,47	6,72	6,68
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,74	25,95	27,31	25,44
PESO SECO ( Gr. )	20,19	19,01	19,43	18,05
HUMEDAD ( % )	58,82	60,08	61,98	65,10

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	113	90	78	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,67	6,54	6,63	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,08	12,16	11,39	
PESO SECO ( Gr. )	11,04	11,08	10,50	
HUMEDAD ( % )	23,84	23,74	23,08	



LIMITE LIQUIDO (%)	61,27
LIMITE PLASTICO (%)	23,55
INDICE DE PLASTICIDAD	37,72

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



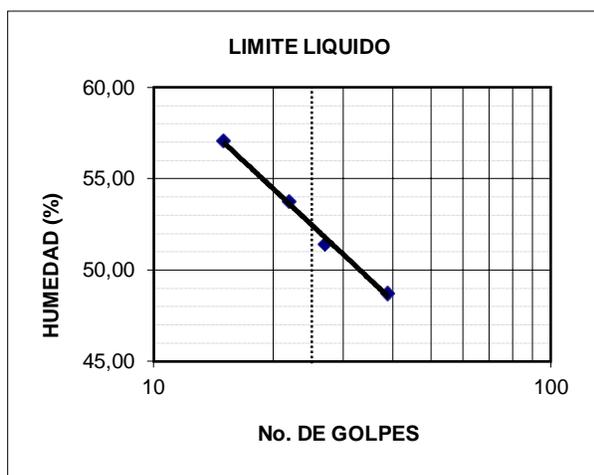
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5%, mes 3		
NÚMERO DE GOLPES	39	27	22
NÚMERO DEL RECIPIENTE	15	45	46
LÍMITE LÍQUIDO			
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,78	7,39	7,61
PESO HÚMEDO ( Gr. )	31,18	32,37	27,80
PESO SECO ( Gr. )	23,52	23,89	20,74
HUMEDAD ( % )	48,71	51,41	53,79

LÍMITE PLÁSTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	54	7	49
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,56	7,45	7,11
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,11	13,17	13,83
PESO SECO ( Gr. )	12,15	12,16	12,68
HUMEDAD ( % )	21,05	21,53	20,72



LÍMITE LÍQUIDO (%)	52,48
--------------------	-------

LÍMITE PLÁSTICO (%)	21,10
---------------------	-------

ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	31,38
-----------------------	-------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------

**Anexo 13** Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A2-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS CIVILES</b>
--	---

**LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG**

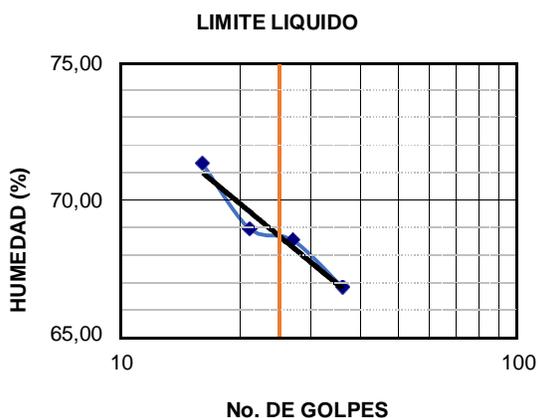
<b>SECTOR :</b>	Urbanización Cormoranes		
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Municipio Cucuta (N. de S.)	<b>APIQUE No. :</b>	2
<b>PROFUNDIDAD :</b>	2,50 metros	<b>MUESTRA No. :</b>	3
<b>DESCRIPCIÓN :</b>	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5,5%, mes 1		

**LIMITE LIQUIDO**

<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	36	27	21	16
<b>NÚMERO DEL RECIPIENTE</b>	15	32	31	16
<b>PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )</b>	7,81	7,60	7,35	7,53
<b>PESO HÚMEDO ( Gr. )</b>	25,66	26,93	26,34	25,98
<b>PESO SECO ( Gr. )</b>	18,51	19,07	18,59	18,30
<b>HUMEDAD ( % )</b>	66,82	68,53	68,95	71,31

**LIMITE PLASTICO**

<b>NÚMERO DEL RECIPIENTE</b>	54	50	1	
<b>PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )</b>	7,58	7,65	7,56	
<b>PESO HÚMEDO (Gr. )</b>	12,29	12,44	12,12	
<b>PESO SECO ( Gr. )</b>	10,82	10,90	10,70	
<b>HUMEDAD ( % )</b>	45,37	47,38	45,22	



LIMITE LIQUIDO (%) 68,67

LIMITE PLASTICO (%) 45,99

INDICE DE PLASTICIDAD 22,68

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

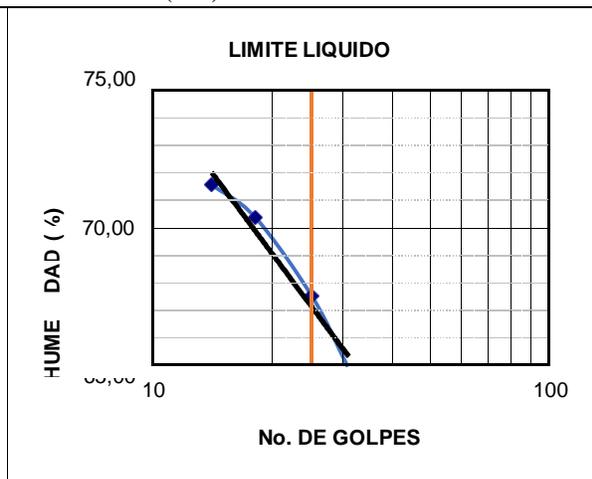
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cúcuta (N. de S.)	APIQUE No. : 2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5,5%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	25	18	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	38	13	70	66
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,38	7,40	6,70	7,34
PESO HÚMEDO ( Gr. )	29,72	30,56	29,21	31,17
PESO SECO ( Gr. )	20,93	21,23	19,91	21,23
HUMEDAD ( % )	64,85	67,51	70,38	71,55

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	113	78	60	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,67	6,63	7,75	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,45	11,57	14,08	
PESO SECO ( Gr. )	10,61	10,00	12,07	
HUMEDAD ( % )	46,64	46,80	46,41	



LIMITE LIQUIDO (%)	67,11
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	46,62
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	20,49
-----------------------	-------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

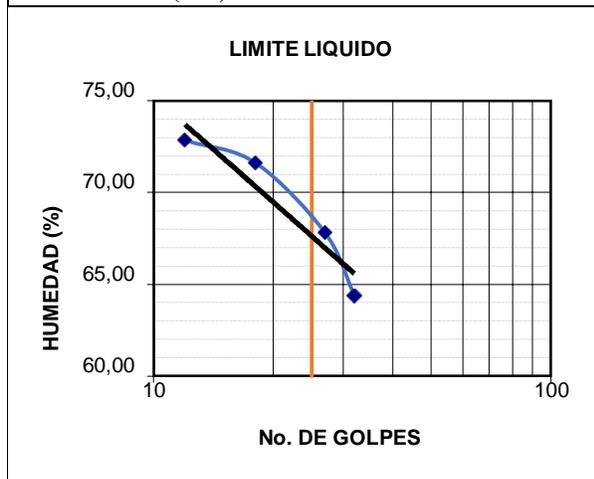
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cúcuta (N. de S.)	APIQUE No. : 2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5,5%, mes 3		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	27	18	12
NÚMERO DEL RECIPIENTE	79	105	46	56
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,91	6,67	7,62	7,55
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,29	28,17	28,01	31,71
PESO SECO ( Gr. )	19,30	19,48	19,50	21,53
HUMEDAD ( % )	64,39	67,80	71,62	72,83

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	41	14	85	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,44	7,47	6,59	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,92	13,34	13,22	
PESO SECO ( Gr. )	11,28	11,57	11,23	
HUMEDAD ( % )	42,55	43,23	42,84	



LIMITE LIQUIDO (%)	67,63
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	42,87
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	24,75
-----------------------	-------

REALIZADO POR :	Eduardo Toloza y Oscar Gaitan
-----------------	-------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

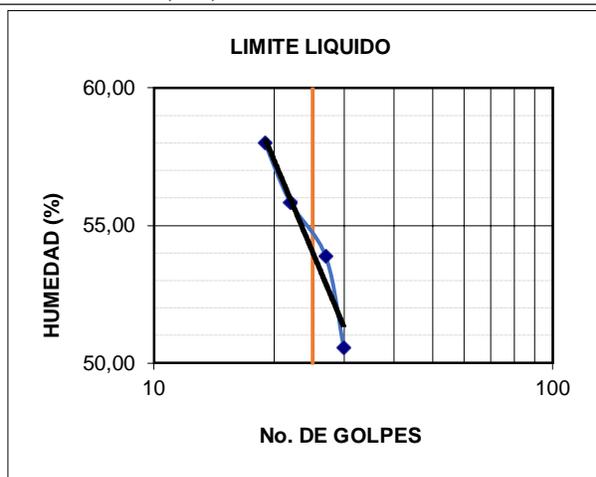
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Municipio Cúcuta (N. de S.)	APIQUE No. : 2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5.0%, mes 1		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	30	27	22	19
NÚMERO DEL RECIPIENTE	50	32	54	16
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,65	7,60	7,58	7,53
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,92	27,48	26,66	28,31
PESO SECO ( Gr. )	21,11	20,52	19,82	20,68
HUMEDAD ( % )	50,55	53,89	55,84	57,99

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	31	15	1	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,35	7,81	7,56	
PESO HÚMEDO (Gr. )	14,21	13,15	12,50	
PESO SECO ( Gr. )	12,86	11,91	11,29	
HUMEDAD ( % )	24,65	30,28	32,41	



LIMITE LIQUIDO (%) 54,13

LIMITE PLASTICO (%) 29,11

INDICE DE PLASTICIDAD 25,02

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

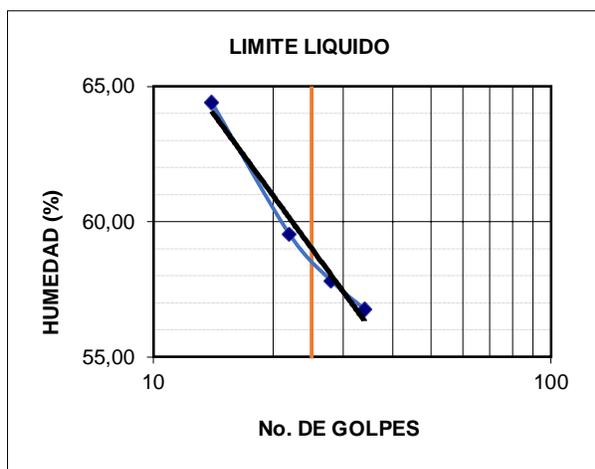
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5.0%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	28	22	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	29	61	49	28
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	8,78	7,45	7,12	7,41
PESO HÚMEDO ( Gr. )	32,18	30,22	28,62	25,99
PESO SECO ( Gr. )	23,71	21,88	20,59	18,71
HUMEDAD ( % )	56,78	57,83	59,54	64,42

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	60	24	38	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,75	7,70	7,38	
PESO HÚMEDO (Gr. )	15,36	17,94	15,83	
PESO SECO ( Gr. )	13,66	15,64	13,94	
HUMEDAD ( % )	28,79	28,84	28,90	



LIMITE LIQUIDO (%)	59,02
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	28,84
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	30,17
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

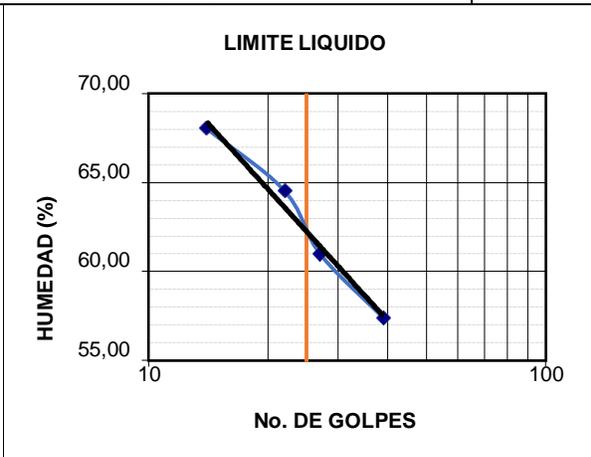
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5.0%, mes 3		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	39	27	22	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	108	74	25	60
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,54	6,58	7,53	7,74
PESO HÚMEDO ( Gr. )	30,85	28,79	30,57	28,99
PESO SECO ( Gr. )	22,35	20,37	21,53	20,38
HUMEDAD ( % )	57,38	60,99	64,54	68,05

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	13	9	63	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,40	7,24	7,36	
PESO HÚMEDO (Gr. )	15,20	14,56	14,32	
PESO SECO ( Gr. )	13,32	12,80	12,65	
HUMEDAD ( % )	31,90	31,75	31,66	



LIMITE LIQUIDO (%)	62,25
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	31,77
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	30,48
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

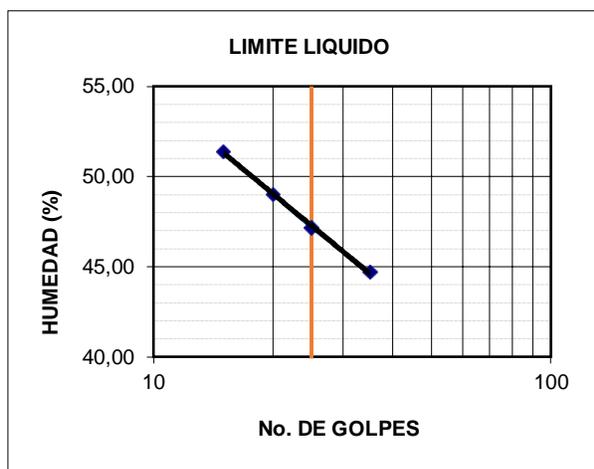
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4.0%, mes 1		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	25	20	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	46	23	77	44
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,63	7,44	6,66	7,61
PESO HÚMEDO ( Gr. )	26,81	26,90	26,99	29,23
PESO SECO ( Gr. )	20,89	20,66	20,30	21,89
HUMEDAD ( % )	44,69	47,18	49,01	51,37

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	56	3	55
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,56	7,26	7,51
PESO HÚMEDO (Gr. )	14,82	13,10	14,83
PESO SECO ( Gr. )	13,57	12,15	13,54
HUMEDAD ( % )	20,86	19,48	21,26



LIMITE LIQUIDO (%)	47,28
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	20,53
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	26,75
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

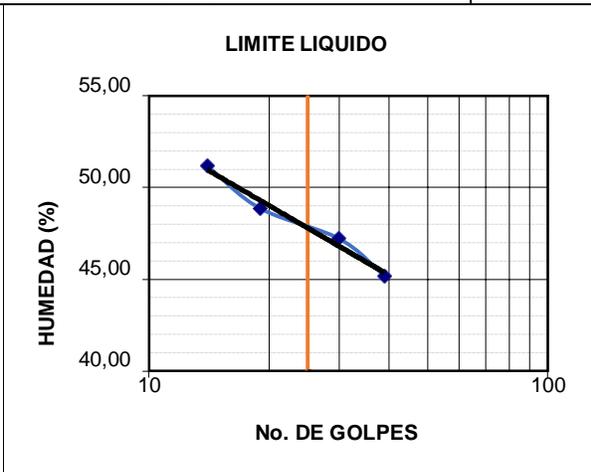
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4.0%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	39	30	19	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	32	24	49	85
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,58	7,70	7,12	6,60
PESO HÚMEDO ( Gr. )	31,63	32,76	32,19	30,46
PESO SECO ( Gr. )	24,14	24,72	23,96	22,38
HUMEDAD ( % )	45,19	47,21	48,86	51,18

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	28	42	90	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,47	7,31	6,54	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,95	11,48	11,59	
PESO SECO ( Gr. )	11,99	10,79	10,74	
HUMEDAD ( % )	21,09	20,03	20,28	



LIMITE LIQUIDO (%)	47,80
LIMITE PLASTICO (%)	20,47
INDICE DE PLASTICIDAD	27,33

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

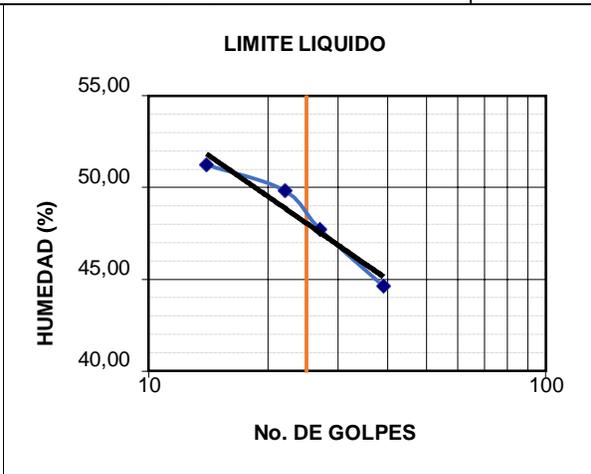
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 4.0%, mes 3		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	39	27	22	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	103	30	70	43
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,78	7,75	6,69	7,45
PESO HÚMEDO ( Gr. )	28,68	28,51	28,90	33,04
PESO SECO ( Gr. )	21,92	21,80	21,52	24,37
HUMEDAD ( % )	44,62	47,72	49,83	51,24

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	49	45	53	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,11	7,38	7,31	
PESO HÚMEDO (Gr. )	13,50	14,60	13,49	
PESO SECO ( Gr. )	12,40	13,36	12,42	
HUMEDAD ( % )	20,77	20,75	21,01	



LIMITE LIQUIDO (%)	48,05
LIMITE PLASTICO (%)	20,84
INDICE DE PLASTICIDAD	27,21

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan

**Anexo 14** Ensayos de laboratorio de límites de Atterberg, muestras del suelo A3-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

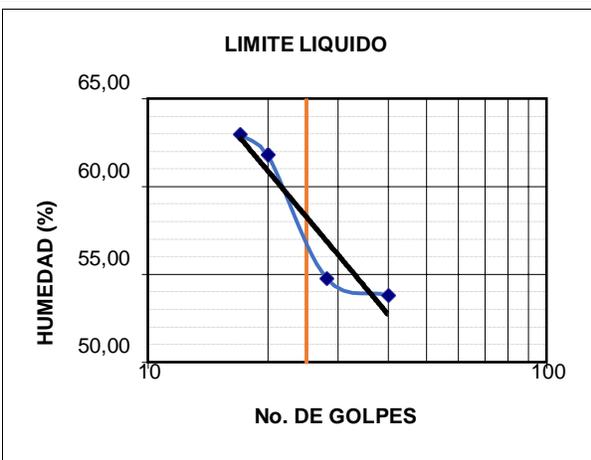
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5.0%, mes 1		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	40	28	20	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	96	84	33	17
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,50	6,63	7,65	7,42
PESO HÚMEDO ( Gr. )	26,73	27,10	25,63	24,81
PESO SECO ( Gr. )	19,66	19,86	18,77	18,09
HUMEDAD ( % )	53,79	54,77	61,78	62,95

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	98	5	52	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,73	7,26	7,29	
PESO HÚMEDO (Gr. )	9,87	11,14	10,94	
PESO SECO ( Gr. )	8,97	10,08	9,92	
HUMEDAD ( % )	40,44	37,76	38,59	



LIMITE LIQUIDO (%) 58,25

LIMITE PLASTICO (%) 38,93

INDICE DE PLASTICIDAD 19,32

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

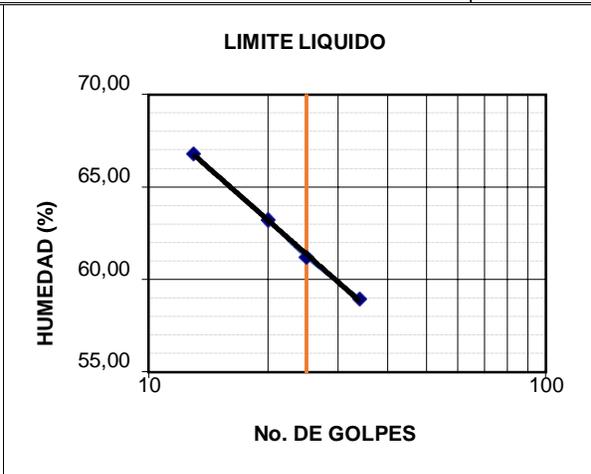
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5.0%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	25	20	13
NÚMERO DEL RECIPIENTE	42	49	78	90
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,31	7,12	6,63	6,54
PESO HÚMEDO ( Gr. )	28,07	30,23	27,69	28,28
PESO SECO ( Gr. )	20,37	21,45	19,54	19,58
HUMEDAD ( % )	58,94	61,20	63,20	66,80

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	85	38	113	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,60	7,38	6,67	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,94	12,59	11,71	
PESO SECO ( Gr. )	10,40	11,11	10,30	
HUMEDAD ( % )	40,61	39,79	38,60	



LIMITE LIQUIDO (%)	61,36
LIMITE PLASTICO (%)	39,67
INDICE DE PLASTICIDAD	21,69

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

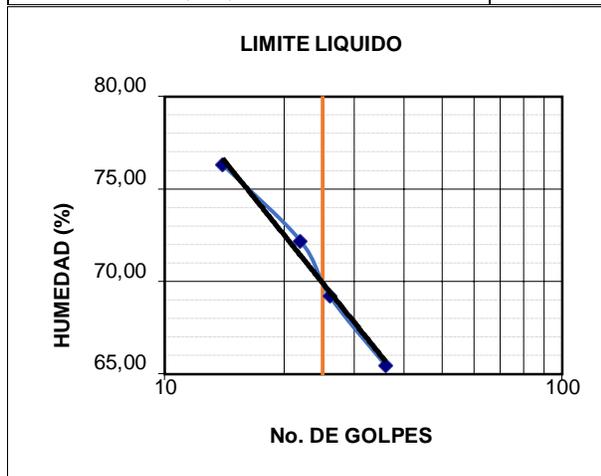
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cal al 5.0%, mes 3		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	26	22	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	13	25	85	30
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,40	7,53	6,59	7,75
PESO HÚMEDO ( Gr. )	28,77	27,56	24,24	26,55
PESO SECO ( Gr. )	20,32	19,37	16,84	18,41
HUMEDAD ( % )	65,45	69,21	72,19	76,32

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	9	43	41	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,24	7,45	7,44	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,56	14,44	12,72	
PESO SECO ( Gr. )	11,01	12,35	11,15	
HUMEDAD ( % )	41,22	42,41	42,23	



LIMITE LIQUIDO (%)	69,91
LIMITE PLASTICO (%)	41,95
INDICE DE PLASTICIDAD	27,96

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

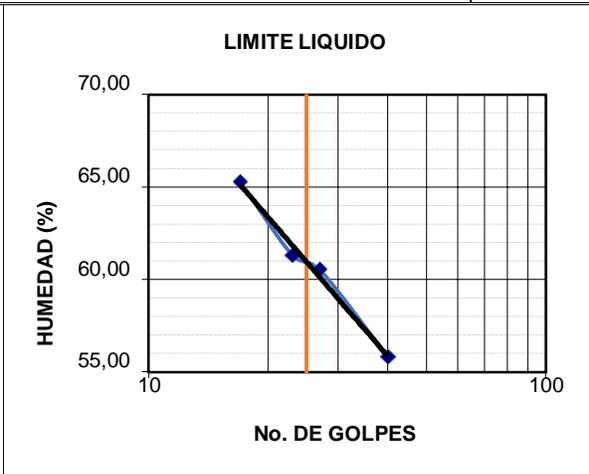
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5,5%, mes 1		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	40	27	23	17
NÚMERO DEL RECIPIENTE	26	76	48	67
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,54	6,60	7,33	6,52
PESO HÚMEDO ( Gr. )	26,71	25,75	24,97	26,03
PESO SECO ( Gr. )	19,84	18,53	18,27	18,33
HUMEDAD ( % )	55,82	60,52	61,31	65,29

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	9	70	102	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,26	6,71	6,91	
PESO HÚMEDO (Gr. )	14,20	14,31	14,41	
PESO SECO ( Gr. )	12,67	12,66	12,80	
HUMEDAD ( % )	28,14	27,73	27,45	



LIMITE LIQUIDO (%)	60,95
LIMITE PLASTICO (%)	27,77
INDICE DE PLASTICIDAD	33,17

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

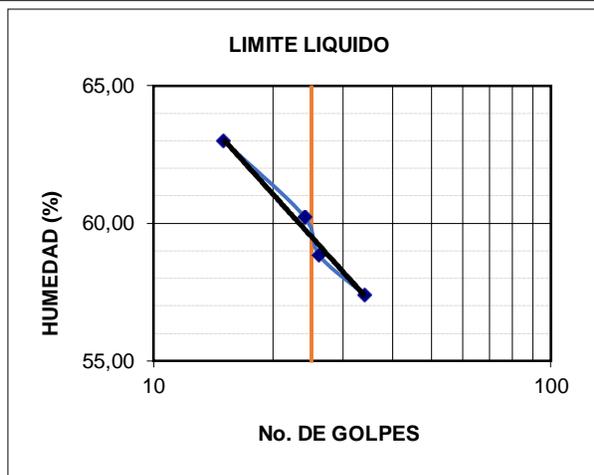
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5,5%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	26	24	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	98	99	61	72
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,71	6,71	7,44	6,67
PESO HÚMEDO ( Gr. )	28,83	30,31	30,83	32,01
PESO SECO ( Gr. )	20,77	21,57	22,04	22,22
HUMEDAD ( % )	57,38	58,85	60,23	63,00

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	81	41	66	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,80	7,46	7,30	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,52	12,49	12,44	
PESO SECO ( Gr. )	10,38	11,23	11,17	
HUMEDAD ( % )	31,86	33,25	32,86	



LIMITE LIQUIDO (%)	59,51
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	32,66
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	26,85
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

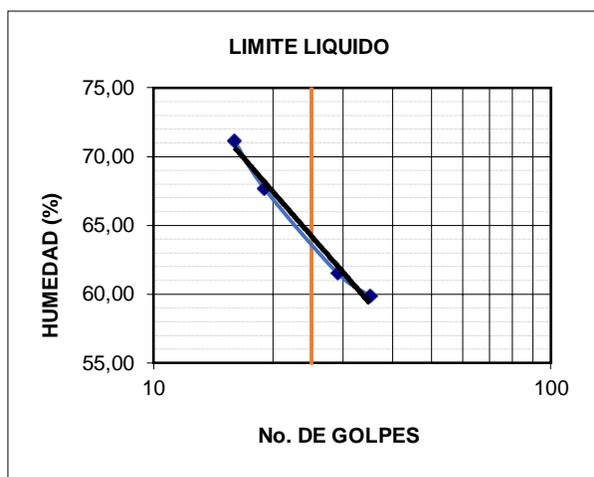
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con cemento al 5,5%, mes 3		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	29	19	16
NÚMERO DEL RECIPIENTE	108	103	74	79
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,54	6,78	6,58	6,91
PESO HÚMEDO ( Gr. )	27,79	26,91	27,46	24,06
PESO SECO ( Gr. )	20,21	19,24	19,03	16,93
HUMEDAD ( % )	59,87	61,53	67,69	71,16

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	105	60	56	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	6,67	7,74	7,55	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,39	13,40	12,77	
PESO SECO ( Gr. )	10,21	11,94	11,46	
HUMEDAD ( % )	33,50	34,51	33,58	



LIMITE LIQUIDO (%)	64,21
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	33,87
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	30,34
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

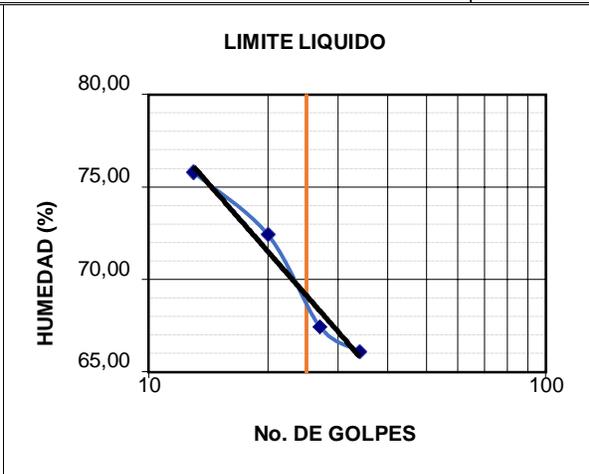
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5%, mes 1		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	27	20	13
NÚMERO DEL RECIPIENTE	22	78	62	41
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,56	6,64	7,54	7,47
PESO HÚMEDO ( Gr. )	26,27	27,27	27,50	27,36
PESO SECO ( Gr. )	18,82	18,96	19,12	18,78
HUMEDAD ( % )	66,09	67,42	72,41	75,80

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	45	72	29
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,42	6,68	8,81
PESO HÚMEDO (Gr. )	14,75	13,67	17,84
PESO SECO ( Gr. )	13,23	12,19	15,98
HUMEDAD ( % )	26,09	26,91	25,84



LIMITE LIQUIDO (%)	69,12
LIMITE PLASTICO (%)	26,28
INDICE DE PLASTICIDAD	42,84

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

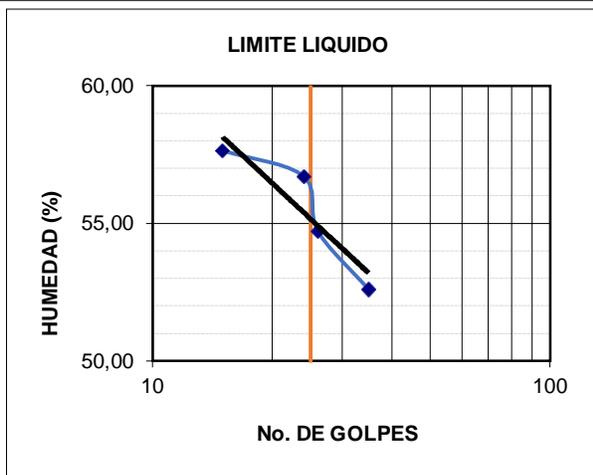
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5%, mes 2		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	26	24	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	42	49	78	113
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,31	7,12	6,63	6,67
PESO HÚMEDO ( Gr. )	29,54	30,15	33,48	32,16
PESO SECO ( Gr. )	21,88	22,01	23,76	22,84
HUMEDAD ( % )	52,60	54,73	56,71	57,63

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	38	90	85	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,38	6,54	6,60	
PESO HÚMEDO (Gr. )	12,86	12,42	12,35	
PESO SECO ( Gr. )	11,81	11,32	11,27	
HUMEDAD ( % )	23,60	23,18	23,26	



LIMITE LIQUIDO (%)	55,16
--------------------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	23,35
---------------------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	31,81
-----------------------	-------

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

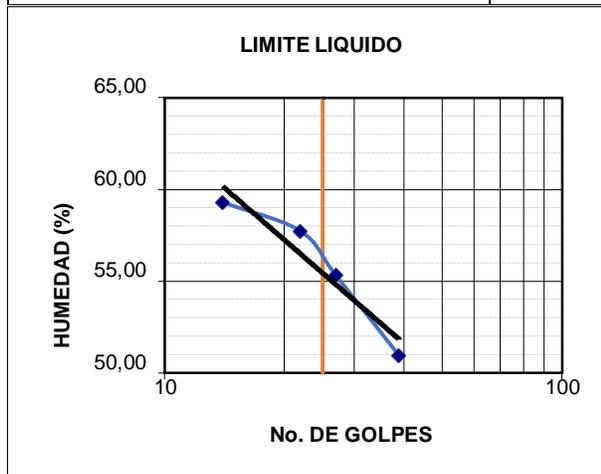
SECTOR :	Urbanización Cormoranes		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	2,50 metros	MUESTRA No. :	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad con ceniza al 5,5%, mes 3		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	39	27	22	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	14	46	45	70
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,47	7,62	7,38	6,69
PESO HÚMEDO ( Gr. )	30,55	28,06	26,93	27,14
PESO SECO ( Gr. )	22,76	20,78	19,78	19,53
HUMEDAD ( % )	50,95	55,32	57,73	59,30

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	63	49	53	
PESO DEL RECIPIENTE ( Gr. )	7,36	7,11	7,31	
PESO HÚMEDO (Gr. )	11,82	11,56	11,33	
PESO SECO ( Gr. )	10,96	10,69	10,53	
HUMEDAD ( % )	24,12	24,25	24,96	



LIMITE LIQUIDO (%)	55,44
LIMITE PLASTICO (%)	24,45
INDICE DE PLASTICIDAD	31,00

REALIZADO POR :

Eduardo Toloza y Oscar Gaitan

**Anexo 15** Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A1-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.

	LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

<b>ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE</b>
---

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 4,0%
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0

MUESTRA	VALOR
Diametro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,40
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	71,34
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,019
Cambio Potencial de Volumen	3,61
Condicon para el suelo	Marginal
Condicion del Ensayo	Limite plastico

REALIZADO POR:	
EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN	



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	7,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	98,51		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,026		
Cambio Potencial de Volumen	4,12		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	9,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	132,48		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,034		
Cambio Potencial de Volumen	4,61		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	8,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	115,50		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,030		
Cambio Potencial de Volumen	4,39		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	7,90		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	113,80		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,030		
Cambio Potencial de Volumen	4,39		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	11,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	168,15		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,044		
Cambio Potencial de Volumen	5,05		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN:	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	66,24		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,017		
Cambio Potencial de Volumen	3,48		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN:	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	47,56		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,012		
Cambio Potencial de Volumen	2,94		
Condicon para el suelo	Margnal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (Norte S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH (70,00)	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,90		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	28,87		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,008		
Cambio Potencial de Volumen	2,22		
Condicion para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (No de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	32,27		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,008		
Cambio Potencial de Volumen	2,22		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	6,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	83,23		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,022		
Cambio Potencial de Volumen	3,88		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,40		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	71,34		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,019		
Cambio Potencial de Volumen	3,65		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,30		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	69,64		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,018		
Cambio Potencial de Volumen	3,57		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,30		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	69,64		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,018		
Cambio Potencial de Volumen	3,57		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,70		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	59,45		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,015		
Cambio Potencial de Volumen	3,29		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

**Anexo 16** Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A2-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.

	LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

<b>ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE</b>
---

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 4,0%
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES

MUESTRA	VALOR
Diametro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,30
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	35,67
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,009
Cambio Potencial de Volumen	2,44
Condicon para el suelo	Marginal
Condicion del Ensayo	Limite plastico

REALIZADO POR:
EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,90		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	28,87		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,008		
Cambio Potencial de Volumen	2,22		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,80		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	27,18		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,007		
Cambio Potencial de Volumen	1,96		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,80		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	44,16		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,011		
Cambio Potencial de Volumen	2,79		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	32,27		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,008		
Cambio Potencial de Volumen	2,22		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio de (No de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,40		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	71,34		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,019		
Cambio Potencial de Volumen	3,65		
Condicion para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (No de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,80		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	27,18		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,007		
Cambio Potencial de Volumen	1,96		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN:	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	13,59		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,004		
Cambio Potencial de Volumen	1,11		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,80		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	27,18		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,007		
Cambio Potencial de Volumen	1,96		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



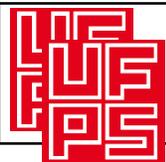
## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (No de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH 70,00	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	30,57		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,008		
Cambio Potencial de Volumen	2,22		
Condicion para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

**ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE**

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,0%
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES

MUESTRA	VALOR
Diametro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	6,20
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	84,93
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,022
Cambio Potencial de Volumen	3,88
Condicon para el suelo	Marginal
Condicion del Ensayo	Limite plastico

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (No de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	7,60		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	108,70		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,028		
Cambio Potencial de Volumen	4,26		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,30		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	69,64		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,018		
Cambio Potencial de Volumen	3,57		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,90		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	62,84		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,016		
Cambio Potencial de Volumen	3,39		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,70		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	59,45		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,015		
Cambio Potencial de Volumen	3,29		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

**Anexo 17** Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A3-M3 con diferentes aditivos, y porcentajes.

	LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

<b>ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE</b>
---

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 4,0%
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES

MUESTRA	VALOR
Diametro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,00
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	30,57
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,008
Cambio Potencial de Volumen	2,22
Condicion para el suelo	Marginal
Condicion del Ensayo	Limite plastico

REALIZADO POR:	EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN
----------------	-------------------------------



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,70		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	42,46		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,011		
Cambio Potencial de Volumen	2,79		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (N de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	13,59		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,004		
Cambio Potencial de Volumen	1,11		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (N de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	13,59		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,004		
Cambio Potencial de Volumen	1,11		
Condicion para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALER (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	13,59		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,004		
Cambio Potencial de Volumen	1,11		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	32,27		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,008		
Cambio Potencial de Volumen	2,22		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	9,80		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	146,07		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,038		
Cambio Potencial de Volumen	4,78		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VAL (N de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	8,20		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	118,90		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,031		
Cambio Potencial de Volumen	4,43		
Condicion para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	14,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	217,41		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,056		
Cambio Potencial de Volumen	5,52		
Condicion para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



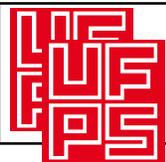
## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (N de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	11,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	166,45		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,043		
Cambio Potencial de Volumen	5,00		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

**ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE**

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,0%
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES

MUESTRA	VALOR
Diametro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	7,50
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	107,01
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,028
Cambio Potencial de Volumen	4,26
Condicon para el suelo	Critica
Condicion del Ensayo	Limite plastico

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
 ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VAL (N de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	11,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	166,45		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,043		
Cambio Potencial de Volumen	5,00		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	6,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	81,53		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,021		
Cambio Potencial de Volumen	3,81		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VAL (N de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	15,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	236,09		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,061		
Cambio Potencial de Volumen	5,66		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 6,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VAL (N de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	0 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	7,50		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	107,01		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,028		
Cambio Potencial de Volumen	4,26		
Condicon para el suelo	Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

**Anexo 18** Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A1-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.

	LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

<b>ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE</b>
---

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES

MUESTRA	VALOR
Diametro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,00
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	13,59
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,003531
Cambio Potencial de Volumen	1,005
Condicon para el suelo	No Critica
Condicion del Ensayo	Limite plastico

REALIZADO POR:
EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	2 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,20		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	16,99		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,00441		
Cambio Potencial de Volumen	1,2100		
Condicon para el suelo	No critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	3 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	1,90		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	11,89		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,00309		
Cambio Potencial de Volumen	0,92		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio y (No de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. 70,00 Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	32,27		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,00839		
Cambio Potencial de Volumen	2,31		
Condicion para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	2 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	30,57		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,00794		
Cambio Potencial de Volumen	2,20		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 4,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN:	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	3 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	30,57		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,00794		
Cambio Potencial de Volumen	2,20		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,80		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	61,15		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,01589		
Cambio Potencial de Volumen	3,37		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	2 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	47,56		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,01236		
Cambio Potencial de Volumen	2,98		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	1
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	3 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	30,57		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,008		
Cambio Potencial de Volumen	1,80		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

**Anexo 19** Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A2-M3 estabilizada con los aditivos a través del tiempo.

	LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

<b>ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE</b>
---

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES

MUESTRA	VALOR
Diametro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,60
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	23,78
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,00618
Cambio Potencial de Volumen	1,71
Condicon para el suelo	No Critica
Condicion del Ensayo	Limite plastico

REALIZADO POR:	
EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN	



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	2 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,50		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	22,08		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,00574		
Cambio Potencial de Volumen	1,58		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	3 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,50		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	22,08		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,006		
Cambio Potencial de Volumen	1,58		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (No de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	2,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	13,59		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,004		
Cambio Potencial de Volumen	1,00		
Condicion para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (No de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	2 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	1,50		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	5,10		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,00132		
Cambio Potencial de Volumen	0,62		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (No de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	70,00	TIEMPO	3 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	1,50		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	5,10		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,001		
Cambio Potencial de Volumen	0,62		
Condicon para el suelo	No Critica		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	64,54		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,01677		
Cambio Potencial de Volumen	3,46		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	2 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,30		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	52,65		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,01368		
Cambio Potencial de Volumen	3,14		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 4,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N de S.)	APIQUE N°	2
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	3 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	49,26		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,01280		
Cambio Potencial de Volumen	3,04		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

**Anexo 20** Ensayos de laboratorio de presión de expansión de lambe, muestras del suelo A3-M3 estabilizadas con los aditivos a través del tiempo.

	LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

<b>ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE</b>
---

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,0%
LOCALIZACIÓN :	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES

MUESTRA	VALOR
Diametro muestra mm.	70,00
Altura muestra mm.	28,00
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,60
Kte anillo carga N.	16,99
Carga kgrs.	40,76
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,01059
Cambio Potencial de Volumen	2,73
Condicon para el suelo	Marginal
Condicion del Ensayo	Limite plastico

REALIZADO POR:
EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	2 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,40		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	37,37		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,00971		
Cambio Potencial de Volumen	2,58		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CAL 5,0%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	3 MES
Diámetro muestra mm.	70,00		
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	3,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	32,27		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,008		
Cambio Potencial de Volumen	2,31		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	6,00		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	81,53		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,021		
Cambio Potencial de Volumen	3,82		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (No de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	2 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	6,50		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	90,02		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,02339		
Cambio Potencial de Volumen	3,98		
Condicion para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEM 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	3 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,90		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	79,83		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,02074		
Cambio Potencial de Volumen	3,79		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	1 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms^2	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,80		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	78,13		
Indice Expansividad kgrs/cms^2	0,02030		
Cambio Potencial de Volumen	3,76		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio VALPARAISO (N de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN : Diámetro muestra mm.	Arcilla alta plasticidad CH 170,00	TIEMPO	2 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	5,10		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	66,24		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,01721		
Cambio Potencial de Volumen	3,50		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN



## LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
ENSAYO PRESION DE EXPANSION DE LAMBE

SECTOR :	Urbanizacion Cormoranes - Atalaya	ADITIVO	CEN 5,5%
LOCALIZACIÓN MUESTRA	Municipio (N. de S.)	APIQUE N°	3
PROFUNDIDAD :	190 cm	MUESTRA	3
DESCRIPCIÓN :	Diámetro muestra mm. Arcilla alta plasticidad CH	TIEMPO	3 MES
Altura muestra mm.	28,00		
Area cms <sup>2</sup>	3848,451001		
Lectura Inicial Dial 0,01 mm	1,2		
Lectura Final Dial 0,01 mm	4,70		
Kte anillo carga N.	16,99		
Carga kgrs.	59,45		
Indice Expansividad kgrs/cms <sup>2</sup>	0,01545		
Cambio Potencial de Volumen	3,33		
Condicon para el suelo	Marginal		
Condicion del Ensayo	Limite plastico		

REALIZADO POR:

EDUARDO TOLOZA Y OSCAR GAITAN

*Anexo 21* Fotografías de la extracción de muestras en la Urbanización Cormoranes.



Fotografía 1. Sitio de la extracción de las muestras del apique 1, al momento de empezar las excavaciones para el proyecto, se estaban realizando una serie de zanjas para colocar un filtro francés al lado de la torre 28, estas zanjas tenían la profundidad adecuada para el estudio.



Fotografía 2. Apique No 2, este se realizo a un lado de la cancha de la urbanización Cormoranes, la profundidad final fue de 2.9 m.



Fotografía 3. Apique No 3, se realizo en un área abierta al otro lado de la via principal de la urbanización, dimensiones: 2x0.9x2.9m

**Anexo 22** Fotografías de la preparación de las muestras para realizar los ensayos.



Fotografía 4. Preparación de las muestras para lavado previo a la clasificación.



Fotografía 5. Preparación de las muestras para la realización de diferentes ensayos.



Fotografía 6. Secado al aire libre de las muestras para su posterior estudio.



Fotografía 7. Clasificación y almacenamiento de las muestras para estudiar.



Fotografía 8. Separación de muestras con diferentes porcentajes de aditivos.

*Anexo 23* Fotografías de la realización de ensayos de laboratorio para el proyecto.



Fotografías 9 y 10. Ensayos de laboratorio limites de Atterberg.



Fotografía 11. Ensayo de laboratorio Límites de contracción.



Fotografía 12. Ensayo de laboratorio Presion de expansión en el aparato de lambe.



Fotografía 13. Ensayo de laboratorio, gravedad específica de los suelos



Fotografía 14. Ensayo de laboratorio, análisis granulométrico por hidrómetro



Fotografía 15. Ensayo de laboratorio, suelos expansivos, expansión libre en probeta