

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB- 12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/1

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): ANDRÉS CAMILO APELLIDOS: CALDERÓN CORREA

NOMBRE(S): JESÚS ENRIQUE APELLIDOS: CAMARGO DELGADO

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): ÁLVARO ORLANDO APELLIDOS: PEDROZA ROJAS

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO DE MEZCLAS DE SUELO ARCILLOSO DE LA FORMACIÓN LEÓN CON ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE VIDRIO DE RECICLAJE

RESUMEN

Este proyecto realizó un análisis del comportamiento geomecánico de mezclas de suelo arcilloso de la formación león con adición de partículas de vidrio de reciclaje. Para ello, se realizó una investigación tipo descriptiva y experimental ya que tuvo como fuerte la actividad de laboratorio y la evaluación del comportamiento geomecánico de materiales térreos en estado natural. La recolección de información se obtuvo por los autores de la investigación, en campo y, en laboratorio, tanto al material, como al aditivo y, a las mezclas suelo-aditivo. La población, corresponde a los afloramientos de arcillas de la Formación León en el área metropolitana de Cúcuta. El muestreo, se realizó mediante métodos probabilísticos, sin embargo, la elección de los sitios donde se extrajeron las muestras fue por conveniencia, tomando en consideración criterios básicos de seguridad para los autores. Se logró, analizar las propiedades de clasificación geotécnica y el comportamiento geomecánico de mezclas de suelo de la Formación León con el uso de partículas de vidrio de reciclaje. Se llevó a cabo la selección de la fuente de arcilla de la Formación León, mediante el análisis de cumplimiento de criterios previamente establecidos. Seguidamente, se caracterizó y clasificó geotécnicamente las muestras de suelos arcillosos procedentes de la Formación León, aflorante en el área metropolitana de Cúcuta. Se prepararon las muestras de partículas de vidrio para ser utilizadas en el diseño de las mezclas de suelo natural-partículas de vidrio. Posteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio para clasificar geotécnicamente los suelos tratados con partículas de vidrio y evaluar su comportamiento geomecánico con agua tratada y, con agua residual minera. Finalmente, se analizó de forma crítica los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

PALABRAS CLAVE: Formación León, arcillas hiperactivas, vidrio de reciclaje.

PÁGINAS: 635 PLANOS: _____ ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1 _____

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
F echa	24/10/2014	F echa	05/12/2014	F echa	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO DE MEZCLAS DE SUELO
ARCILLOSO DE LA FORMACIÓN LEÓN CON ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE VIDRIO
DE RECICLAJE

ANDRÉS CAMILO CALDERÓN CORREA
JESÚS ENRIQUE CAMARGO DELGADO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO DE MEZCLAS DE SUELO
ARCILLOSO DE LA FORMACIÓN LEÓN CON ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE VIDRIO
DE RECICLAJE

ANDRÉS CAMILO CALDERÓN CORREA
JESÚS ENRIQUE CAMARGO DELGADO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

ÁLVARO ORLANDO PEDROZA ROJAS

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 29 DE NOVIEMBRE DE 2019 HORA: 9:00 a. m. ..

LUGAR: SALA VIRTUAL - EDIFICIO TERREOS - UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOMECANICO DE MEZCLAS DE SUELO ARCILLOSO DE LA FORMACION LEON CON ADICION DE PARTICULAS DE VIDRIO DE RECICLAJE".

JURADOS: ING. CARLOS HUMBERTO FLOREZ GONGORA
ING. ALIETH ELIZABETH SANCHEZ GALVIS

DIRECTOR: INGENIERO ALVARO ORLANDO PEDROZA ROJAS.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
ANDRES CAMILO CALDERON CORREA	1112082	4,6	CUATRO, SEIS
JESUS ENRIQUE CAMARGO DELGADO	1112075	4,6	CUATRO, SEIS

MERITORIA


ING. CARLOS HUMBERTO FLOREZ GONGORA


ING. ALIETH ELIZABETH SANCHEZ GALVIS

Vo. Bo. 
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.



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

Cúcuta,

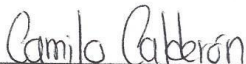
Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

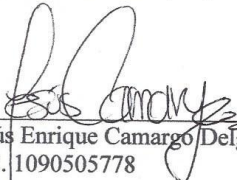
ANDRÉS CAMILO CALDERÓN CORREA, identificado con la C.C. N° 1090484229 de Cúcuta, y JESÚS ENRIQUE CAMARGO DELGADO, identificado con la C.C. N° 1090505778 de Cúcuta, de la tesis y/o trabajo de grado titulado ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO DE MEZCLAS DE SUELO ARCILLOSO DE LA FORMACIÓN LEÓN CON ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE VIDRIO DE RECICLAJE presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de INGENIERO CIVIL; autorizo(amos) 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.



Andrés Camilo Calderón Correa
C.C. 1090484229



Jesús Enrique Camargo Delgado
C.C. 1090505778

Agradecimientos

Los autores del presente documento expresan sus más sinceros agradecimientos a:

Dios, por habernos conducido y dado las fuerzas necesarias para peregrinar por las sendas justas para el cumplimiento cabal de lo alguna vez soñado y hoy por hoy, por fin materializado.

A nuestros padres, por el amor, sacrificio y apoyo incondicional que nos expresaron y que nos alentó en todo este proceso y que llegamos a valorar de forma especial en los momentos en que creíamos desfallecer.

Al Ingeniero Álvaro Orlando Pedroza Rojas, quien nos dirigió por esta senda, mediante su acompañamiento y dedicación brindados de forma continua y sin reservas en todos los procesos que fueron justos realizar para cumplir tan anhelado sueño.

Al Ingeniero Gustavo Adolfo Ovalles Rodríguez, excelente docente y gran persona, por habernos asesorado en el manejo estadístico de la información.

A la Universidad Francisco de Paula Santander por habernos brindado las oportunidades para empezar y finiquitar el sueño de convertirnos en ingenieros civiles.

Finalmente, extendemos unas gracias enormes a los docentes del grupo Geoenergía que nos orientaron siempre, al jefe del laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander, el Licenciado Óscar Alberto Dallos Luna por su orientación y apoyo, a Isidoro Rangel quien actúa como laboratorista y nos orientó en algunas ocasiones, a nuestros compañeros de estudio y amigos de la facultad que nos motivaron a seguir en el camino durante todo el proceso.

Dedicatoria

A Dios, por siempre haberme guiado por las sendas justas y en los momentos precisos, por la sabiduría y el entendimiento que me permitió tener en esta bonita etapa.

A mis padres, Orlando & Luz Marina, por todo el amor incondicional para conmigo, por sus infinitos esfuerzos y sus constantes oraciones por mí.

A mis hermanos, a quienes les deseo de todo corazón que lleguen mucho más lejos de lo que yo pueda llegar.

A mis adorados sobrinos/as, quienes deseo que se sientan profundamente orgullosos de tener un tío que los ama.

A mi compañero y amigo Jesús Camargo, por todos los buenos y malos momentos vivenciados a lo largo de nuestra carrera, que culminaron en la ejecución a cabalidad de este proyecto.

A quienes confiaron en mí, justo en los momentos en que todo parecía oscuridad, sin duda fueron como luces en medio del camino.

Andrés Camilo Calderón Correa.

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de hacer parte de este proyecto, por escuchar mis oraciones y siempre prestarme la vida.

A mis padres, Enrique & María Dolores, por darme la oportunidad de estudiar, enseñarme el valor de cada momento y aprender a valorar cada oportunidad

A mi hermano, el cual quiero que siga mi ejemplo y sea mejor que yo, que sueñe en grande y pueda lograr todo lo que se proponga.

A mi familia, la cual ha hecho presencia en mi desarrollo personal, por el apoyo y motivación para seguir adelante en cada circunstancia.

A mi compañero y amigo Camilo Calderón, por todos los buenos y malos momentos vivenciados a lo largo de nuestra carrera, que culminaron en la ejecución a cabalidad de este proyecto.

A todas las personas confiaron en mí, me acompañaron y apoyaron de forma incondicional sin esperar nada a cambio.

Jesús Enrique Camargo Delgado.

Contenido

	pág.
Introducción	25
1. Problema	30
1.1 Título	30
1.2 Planteamiento del Problema	30
1.3 Formulación del Problema	30
1.4 Objetivos	31
1.4.1 Objetivo general	31
1.4.2 Objetivos específicos	31
1.5 Justificación	31
1.6 Alcances y Limitaciones	32
1.6.1 Alcances	32
1.6.2 Limitaciones	33
1.7 Delimitación	33
1.7.1 Delimitación espacial	33
1.7.2 Delimitación temporal	34
1.7.3 Delimitación conceptual	34
2. Marco Referencial	35
2.1 Antecedentes de la Investigación	35
2.1.1 Antecedentes internacionales	35
2.1.2 Antecedentes nacionales	38
2.1.3 Antecedentes regionales	40
2.2 Marco Teórico	41

2.2.1	Los suelos	41
2.2.2	Los suelos finos	42
2.2.3	Las arcillas	43
2.2.3.1	Caolinitas	44
2.2.3.2	Illitas	45
2.2.3.3	Montmorillonitas	46
2.2.4	Estados de consistencia	47
2.2.4.1	Estado líquido	47
2.2.4.2	Estado plástico	48
2.2.4.3	Estado semisólido	49
2.2.4.4	Estado sólido	49
2.2.5	Límites de Atterberg	49
2.2.5.1	Límite líquido (LL)	49
2.2.5.2	Límite plástico (LP)	50
2.2.5.3	Límite de contracción (LC)	50
2.2.5.4	Índice de plasticidad (IP)	50
2.2.5.5	Relación entre el IP y, el LL	51
2.2.6	Suelos hiperactivos	55
2.2.7	Identificación de suelos hiperactivos	56
2.2.8	Sistema de clasificación AASHTO	57
2.2.9	Sistema unificado de clasificación de suelos	58
2.2.10	Tratamiento de suelos hiperactivos	60
2.2.11	El vidrio	61
2.2.12	Características del tratamiento de suelos hiperactivos	62

2.2.13	Uso del vidrio en el tratamiento de suelos hiperactivos	63
2.2.14	Análisis estadístico para el procesamiento de diseños aleatorizados	63
2.3	Marco Conceptual	69
2.3.1	Arcilla	69
2.3.2	Inestabilidad volumétrica	70
2.3.3	Contracción del suelo	70
2.3.4	Límite de contracción	70
2.3.5	Expansión del suelo	71
2.3.6	Índice de expansión libre	71
2.3.7	Granulometría	71
2.3.8	Granulometría – método del hidrómetro	71
2.3.9	Límite líquido	72
2.3.10	Límite plástico	72
2.3.11	Índice de plasticidad	72
2.3.12	Relación densidad-humedad	72
2.3.13	Proctor modificado	73
2.3.14	Gravedad específica	74
2.3.15	Partículas de vidrio	74
2.3.16	Vidrio	75
2.4	Marco Contextual	75
2.5	Marco Legal	76
3.	Diseño Metodológico	78
3.1	Línea de Investigación	78
3.2	Tipo de Investigación	78

3.2.1 Según su propósito	78
3.2.2 Según su nivel de profundización y, el grado de manipulación de variables	78
3.3 Población y Muestra	78
3.3.1 Población	78
3.3.2 Muestra	79
3.4 Fases de la Investigación	83
3.4.1 Fase 1: Revisión documental	83
3.4.2 Fase 2: Trabajo de campo	84
3.4.3 Fase 3: Ejercicio de laboratorio	84
3.4.4 Fase 4: Tarea de oficina	85
3.4.5 Fase 5: Participación en eventos de investigación formativa	85
3.5 Planificación de Actividades	86
3.6 Diseño de Experimentos	89
3.6.1 Hipótesis de trabajo en la investigación	89
3.6.1.1 Hipótesis nula	89
3.6.1.2 Hipótesis alternativa	89
3.6.2 Diseño de mezclas suelo – aditivo	90
3.6.2.1 Consideraciones para definir criterios de dosificación	90
3.6.2.2 Criterios de dosificación adoptados para el diseño de mezclas suelo-vidrio	93
3.6.3 Diseño experimental totalmente aleatorizado (experimento de un solo factor)	94
3.7 Fuentes de Consulta de Información	94
3.7.1 Fuentes primarias	94
3.7.2 Fuentes secundarias	95
3.8 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos	95

4. Desarrollo de la Investigación	97
4.1 Selección de la Fuente de Arcilla de la Formación León	97
4.2 Caracterización y Clasificación Geotécnica de las Arcillas, Sujeto de Estudio	97
4.2.1 Sondeos y toma de muestras	98
4.2.1.1 Fuente 1: Barrio Las Delicias	98
4.2.1.2 Fuente 2. Sector Los Cerezos	105
4.2.1.3 Fuente 3: Barrio Bellavista	108
4.2.2 Preparación de muestras y ejecución de ensayos para clasificación geotécnica	111
4.2.2.1 Contenido de humedad	112
4.2.2.2 Transporte de las muestras	116
4.2.2.3 Secado de las muestras	118
4.2.2.4 Tamizado de las muestras	119
4.2.2.5 Límite líquido	119
4.2.2.6 Límite plástico	120
4.2.2.7 Granulometría (lavado sobre el tamiz 200)	124
4.2.2.8 Granulometría – método del hidrómetro	129
4.2.2.9 Límite de contracción teórico	132
4.2.2.10 Índice de expansión libre (ELP)	134
4.2.2.11 Gravedad específica	137
4.2.2.12 Proctor modificado	138
4.2.3 Interpretación y análisis de resultados de laboratorio	141
4.3 Preparación del Material de Tratamiento de la Arcilla (Retal de Vidrio)	157
4.3.1 Caracterización textural de las partículas de vidrio ³	159
4.3.1.1 Ensayo de corte directo	162

4.4 Tratamiento de Muestras con Partículas de Vidrio y Evaluación de su Comportamiento Geomecánico con agua Tratada y, con Agua Residual Minera	164
4.4.1 Mezclas arcillas – vidrio	164
4.4.2 Diseño de las mezclas suelo-partículas de vidrio	165
4.4.3 Ensayos réplica de comprobación	167
4.4.4 Descripción del análisis estadístico mediante el programa R	168
4.4.5 Procesamiento de datos de laboratorio	171
4.4.5.1 Pruebas de límites de Atterberg realizadas a las mezclas arcilla-vidrio	171
4.4.5.2 Límite plástico	175
4.4.5.3 Plasticidad	177
4.4.5.4 Índice de expansión libre	181
4.4.5.5 Proctor modificado	182
4.4.5.6 Ensayo de compresión inconfina	185
5. Análisis de Datos de Campo y Laboratorio - Discusión de Resultados	191
5.1 Discusión de Datos de Campo	191
5.2 Discusión de Datos de Laboratorio	193
6. Conclusiones	196
6.1 Conclusiones Específicas, Relacionadas con el Cumplimiento de los Objetivos	196
6.2 Aprendizajes en Investigación Formativa	206
6.3 Productos de la Investigación Adelantada	206
7. Recomendaciones	92
Referencias Bibliográficas	212
Anexos	220

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Estructura básica de arcilla caoliníticas	45
Figura 2. Estructura básica de las arcillas ilíticas	45
Figura 3. Estructura básica de las arcillas montmorillonitas	46
Figura 4. Carta de plasticidad de Casagrande	52
Figura 5. Carta de plasticidad de Casagrande, modificada por Mitchel con la intersección líneas A y U	54
Figura 6. Carta de plasticidad del sistema AASHTO	58
Figura 7. Carta de plasticidad del sistema unificado	59
Figura 8. Distribución normal	64
Figura 9. Ubicación espacial del proyecto	76
Figura 10. Ubicación de los sitios de muestreo en una superposición en Google Earth del cuadrángulo G-13	83
Figura 11. Plan de trabajo-Diagrama de flujo	88
Figura 12. Área de extracción de muestras en las Delicias, San José de Cúcuta.	100
Figura 13. Perfil litológico del corte hecho sobre taludes conformados en afloramientos de la Formación León, en el barrio Las Delicias, Cúcuta, Colombia	101
Figura 14. Lote del proyecto, sector Las Delicias, Cúcuta, Colombia	102
Figura 15. Vegetación xerofítica y cactácea, sector Las Delicias	102
Figura 16. Erosión por surco y carcavamiento evidenciable en el carretable de acceso (figura 16b) y en el lote del proyecto (figura 16a), sector Las Delicias, Cúcuta, Colombia., donde, además de las cavidades causadas por erosión se aprecian excavaciones hechas antrópicamente	103

Figura 17. Sondeo tipo canaleta	104
Figura 18. Grietas de desecación en el terreno	104
Figura 19. Llenado de costales con muestras y toma de humedades en campo, sector Las Delicias	105
Figura 20. Lote, sector los Cerezos	106
Figura 21. Sondeos tipo calicata, sector Los Cerezos	107
Figura 22. Yeso encapsulado y toma de datos en campo para ensayo de humedad, sector los Cerezos	107
Figura 23. Área de extracción de muestras, sector Los Cerezos	108
Figura 24. Área de extracción de muestras en Bellavista, Los Patios	109
Figura 25. Fuente 3 de muestreo: sector Bellavista, Los Patios, N.S	110
Figura 26. Corte del macizo rocoso de arcillolitas terciarias, abigarradas, de la F. León., en condición de alta meteorización y fracturación	111
Figura 27. Yeso presente en la Formación León, sector Bellavista	111
Figura 28. Determinación de humedad	113
Figura 29. Humedad Natural	115
Figura 30. Localización relativa de los tres sitios fuente de préstamo	117
Figura 31. Transporte de las muestras al laboratorio de la UFPS	118
Figura 32. Secado de las muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio	118
Figura 33. Textura de la arcilla, producto de procesos de disgregación y tamizado	119
Figura 34. Ensayo de límite líquido y límite plástico	120
Figura 35. Concentración de valores de Límites líquidos	122
Figura 36. Distribución de los valores de Límite Plástico	124
Figura	45

Figura 37. Lavado por tamiz 200	125
Figura 38. Porcentajes de finos	128
Figura 36. Fases esenciales del ensayo de compactación Proctor Modificado	139
Figura 37. Distribución de puntos (LL, IP) correspondientes a las muestras procedentes del sector Las Delicias, en la Carta de Plasticidad de Casagrande, modificada por Mitchel	144
Figura 38. Distribución de puntos (LL, IP) correspondientes a las muestras procedentes de sector Los Cerezos, en la carta de plasticidad de Casagrande, modificada por Mitchel	149
Figura 39. Distribución de puntos (LL, IP) correspondientes a las muestras procedentes del sector Bellavista, en la Carta de Plasticidad de Casagrande, modificado por Mitchel	151
Figura	45
Figura 40. Preparación (conminución y tamizado) del material vítreo	157
Figura 41. Conminución de retal de vidrio mediante el molino de bolas	158
Figura 42. Curva Granulométrica del vidrio	160
Figura 43. Tamizado y almacenamiento del vidrio	162
Figura 44. Esfuerzo vs Deformación-Ensayo de corte al vidrio particulado	163
Figura 45. Ensayo de corte directo-Vidrio	164
Figura 46. Agua residual minera.	165
Figura 47. Establecimiento de franjas de humedad en el límite líquido, para seleccionar las muestras de arcilla	167
Figura 48. Densidad máxima seca-Tratamientos	184
Figura 49. Humedad óptima - Densidad máxima seca	185
Figura 50. Muestra 31 (condición natural y, en mezclas con vidrio en proporciones de 15% y 20% de material vítreo)	186
Figura 51. Patrón de falla de la muestra de arcilla natural	187

Figura 52. Patrón de falla en prueba de compresión inconfiada, de muestra mezcla 85% de arcilla + 15% de vidrio artificial particulado	187
Figura 53. Patrón de falla en prueba de compresión inconfiada, de muestra mezcla 80% de arcilla + 20% de vidrio artificial particulado	188
Figura 54. Fases de preparación de muestra y ejecución de prueba de compresión inconfiada	190
Figura 55. Cumplimientos de objetivos específicos	197
Figura 56. Cumplimiento del objetivo específico 1	198
Figura 57. Cumplimiento del objetivo específico 2	199
Figura 58. Cumplimiento del objetivo específico 3	200
Figura 59. Cumplimiento del objetivo específico 4	201
Figura 60. Cumplimiento del objetivo específico 5	202
Figura 61. Aprendizajes de la investigación	206

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Actividad de las arcillas	56
Tabla 2. Resultados del experimento	65
Tabla 3. Análisis de varianza para un diseño totalmente aleatorizado con réplicas desiguales de los tratamientos	67
Tabla 4. Comparación método estándar y modificado de compactación	73
Tabla 5. Niveles de confianza para el cálculo del tamaño de la muestra	80
Tabla 6. Cálculo de la muestra	82
Tabla 7. Recomendaciones sugeridas por investigadores para diseño de mezclas de suelo	92
Tabla 8. Dosificación de mezclas suelo-aditivo	94
Tabla 9. Descripción del trabajo de campo realizado	98
Tabla 10. Normas de procedimientos de pruebas de laboratorio de suelos	112
Tabla 11. Aspectos determinantes en la obtención del porcentaje de humedad	112
Tabla 12. Porcentajes de humedad	113
Tabla 13. Valores de Límite líquido	121
Tabla 14. Valores de los Límites plásticos	123
Tabla 15. Porcentajes de Finos (%)	126
Tabla 16. Porcentaje de Finos (%)	127
Tabla 17. Granulometría-Hidrómetro Las Delicias	129
Tabla 18. Granulometría-Hidrómetro Los Cerezos	130
Tabla 19. Granulometría-Hidrómetro B. Bellavista	131
Tabla 20. Límite de contracción teórico	133
Tabla 21. Porcentajes de expansión libre en probeta de arcillas del sector las delicias	134

Tabla 22. Valores de Expansión Libre en probeta de arcillas del sector Los Cerezos	135
Tabla 23. Valores de Expansión Libre en probeta de arcillas del sector Bellavista	136
Tabla 24. Análisis comparativo de valores característicos de ELP de las tres fuentes analizadas	137
Tabla 25. Información prueba Proctor modificado-Arcillas sector las Delicias	140
Tabla 26. Condensado de información muestras - Las Delicias	142
Tabla 27. Condensado de información muestras - Los Cerezos	146
Tabla 28. Condensado de información muestras - Bellavista	150
Tabla 29. Comparación de valores de humedades característicos (estado natural) de las arcillas de las tres fuentes	154
Tabla 30. Análisis comparativo de las fuentes según el porcentaje de finos	155
Tabla 31. Evaluación comparativa de LL en las arcillas de las tres fuentes evaluadas	156
Tabla 32. Análisis comparativo de LP para las arcillas de las tres fuentes	156
Tabla 33. Descripción cualitativa de la plasticidad a partir del IP	157
Tabla 34. Granulometría del vidrio artificial particulado	159
Tabla 35. Número de réplicas necesarias para un coeficiente de variación dado (%CV) y probabilidad $(1 - \beta)$, de obtener una diferencia significativa de $\% \delta$ entre dos medias de tratamiento con una prueba bilateral de significancia α .	168
Tabla 36. Valores del límite líquido en mezclas de arcilla con 15% vidrio + Agua potable	171
Tabla 37. Valores del límite líquido en mezclas de arcilla con 15% vidrio + Agua residual minera	172
Tabla 38. Valores del límite líquido en mezclas de arcilla con 20% vidrio + Agua potable	172
Tabla 39. Valores del límite líquido en mezclas de arcilla con 20% vidrio + Agua residual minera	173

Tabla 40. Límite plástico 15% vidrio + Agua potable	175
Tabla 41. Límite plástico 15% vidrio + Agua residual minera	176
Tabla 42. Límite plástico 20% vidrio + Agua potable	176
Tabla 43. Límite plástico 20% vidrio + Agua residual minera	177
Tabla 44. Índice de plasticidad 15% Vidrio + Agua potable	178
Tabla 45. Índice de plasticidad 15% Vidrio + Agua residual minera	178
Tabla 46. Índice de plasticidad 20% Vidrio + Agua potable	179
Tabla 47. Índice de plasticidad 20% Vidrio + Agua residual minera	179
Tabla 48. Análisis de la influencia del IP en el comportamiento de las mezclas suelo-vidrio	180
Tabla 49. Expansión libre 15% Vidrio.	181
Tabla 50. Expansión libre 20% Vidrio	181
Tabla 51. Densidad máxima seca	183
Tabla 52. Resultados del ensayo de compresión inconfiada	188
Tabla 53. Comparación de propiedades y recomendaciones para el uso de arcillas CL y CH	211

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Análisis estadístico	221
Anexo 2. Tabla de Resumen	288
Anexo 3. Humedad Natural	294
Anexo 4. Límite líquido y Límite plástico	315
Anexo 5. Granulometría - Hidrómetro	377
Anexo 6. Gravedad Especifica	439
Anexo 7. Proctor modificado	443
Anexo 8. Ensayo de corte directo del vidrio	465
Anexo 9. Límite Líquido y Límite plástico-Tratamientos	475
Anexo 10. Proctor Modificado-Tratamientos.	614
Anexo 11. Ensayo compresión inconfínada	630

Resumen

Este proyecto consistió en la evaluación de propiedades índice de arcillas características de la Formación León, que afloran en el área metropolitana de la ciudad de Cúcuta, estas arcillas exhiben hiperactividad volumétrica asociada a los cambios de humedad en su debido a la variación de épocas de lluvias, la evaluación se basó en la caracterización antes y después de ser tratadas con vidrio de reciclaje ciertas muestras de arcilla pertenecientes a tres zonas de la ciudad, en las cuales la Formación León aflora sin alteración antrópica, corroborando la hipótesis de la alta variabilidad composicional y deposicional de los suelos aunque pertenezcan a una misma formación geológica. Las propiedades índice evaluadas fueron la plasticidad (índice de plasticidad), la expansividad (mediante el ensayo de expansión libre en probeta) y la relación densidad-humedad (ensayo modificado de compactación), exhibiendo una alta variabilidad (en ocasiones descendente y en otras veces ascendente) en la plasticidad de las muestras ensayadas respecto al ensayo control (arcilla natural), una reducción altamente considerable en todas las muestras ensayadas en la expansión libre en probeta después de ser tratadas las muestras con vidrio de reciclaje y finalmente un aumento en la densidad máxima seca de las muestras estudiadas, con reducciones considerables en la humedad óptima de compactación para la mayor parte de las muestras estudiadas. Adicionalmente se estudió la influencia del agua residual minera en la influencia de la plasticidad y de la relación densidad-humedad al ser utilizada como un posible material reemplazante en el lubricante de mezclado para la compactación de arcillas hiperactivas.

Abstract

This project consisted of the evaluation of index properties of clays characteristic of the León Formation, which emerge in the metropolitan area of the city of Cúcuta, these clays exhibit volumetric hyperactivity associated with changes in humidity due to the variation of rainy seasons. , the evaluation was based on the characterization before and after being treated with recycling glass certain clay samples belonging to three areas of the city, in which the León Formation emerges without anthropic alteration, corroborating the hypothesis of the high compositional variability and depositional soils although they belong to the same geological formation. The index properties evaluated were plasticity (plasticity index), expansivity (by means of the test of free expansion in test tube) and the density-humidity ratio (modified compaction test), exhibiting a high variability (sometimes descending and at other times ascending) in the plasticity of the samples tested with respect to the control test (natural clay), a highly considerable reduction in all samples tested in the free expansion in the test tube after the samples are treated with recycling glass and finally an increase in density maximum dry of the studied samples, with considerable reductions in the optimum compaction humidity for most of the studied samples. Additionally, the influence of mining wastewater on the influence of plasticity and density-moisture ratio was studied when used as a possible replacement material in the mixing lubricant for compaction of hyperactive clays.

Introducción

Los suelos arcillosos suelen presentar problemas de inestabilidad volumétrica debido a cambios en su contenido de humedad, crecimiento de cristales mineralógicos, entre otras causas. En lo pertinente a la presente investigación se hace referencia a la hiperactividad de las arcillas asociada a modificaciones de humedad. Usualmente, la ganancia de esta condición de estado (humedad), por parte de los suelos finos cohesivos, está acompañada de expansiones (incremento del volumen) y, contrariamente, la pérdida de humedad conlleva contracciones (reducción volumétrica).

La dinámica expansión - contracción del suelo arcilloso es cíclica, debido a que tal característica también la presentan las condiciones ambientales, que fluctúan, para el caso de Colombia, entre períodos secos y períodos lluviosos. Este comportamiento “flexible” del suelo arcilloso influencia los sistemas de cimentación de obras civiles y, por ende, la interacción suelo-estructura, según sea la condición de la fundación (rígida o flexible).

La incidencia del comportamiento del suelo en las edificaciones es frecuentemente manifiesta en alzamientos de la estructura, movimientos diferenciales del sistema de cimentación, generación de grietas, rotura de elementos portantes y rotura de tuberías, entre otros.

A manera de ejemplos que destacan el rol de la naturaleza y calidad del geomedio en la estabilidad de las obras civiles, se mencionan: la construcción de estructuras de pavimentos viales en suelos arcillosos expansivos con baja capacidad de soporte; en este caso, el costo del proyecto es elevado debido a que el diseño del pavimento resulta en espesores considerables y estos suelos conllevan movimientos diferenciales que generan hundimientos de la estructura del pavimento disminuyendo su vida útil.

De igual manera, la construcción de edificaciones sobre suelos expansivos se ven sometidas a movimientos diferenciales de la cimentación, que generan agrietamientos en muros y rotura de elementos portantes. Optar por soluciones diferentes de cimentación (cimentación profunda, restitución de suelos) lleva a costos extras de la obra.

En tales condiciones se hace necesario desarrollar soluciones preventivas y/o correctivas del sistema suelo-cimentación; bien sea estabilizando el geomedio de apoyo o adoptando elementos estructurales de soporte (cimientos) para garantizar la estabilidad, buen funcionamiento y larga vida útil de las estructuras.

En el departamento Norte de Santander afloran arcillas de reconocida hiperactividad, especialmente en el área metropolitana de Cúcuta, con afloramientos de las formaciones arcillosas terciarias León y, del Grupo Guayabo (conformado éste por las Formaciones Cornejo, Zulia y Cúcuta). Pese a que, por su naturaleza, toda arcilla experimenta susceptibilidad a cambios volumétricos, algunas de las arcillas de estas formaciones (especialmente las que conforman la Formación León) han mostrado un nivel de hiperactividad medio a alto. La solución que localmente se ha dado para reducir el carácter expansivo de tales suelos, ha sido el de realizar mezclas mecánicas suelo-aditivo, usando como material estabilizante diversos productos (resinas orgánicas, asfaltos, cemento, cenizas de carbón, colas de roca fosfórica, cal, suelos granulares, plástico de reciclaje, polvo de productos de cerámica roja, entre otros productos). Previo al presente proyecto, no se había evaluado el efecto del retal de vidrio de reciclaje en la plasticidad y expansividad de los sedimentos arcillosos.

El empleo de los diferentes productos estabilizantes, antes nombrados, radica en su disponibilidad y acceso a los mismos. Así, por ejemplo, regionalmente se cuenta con recursos

carboníferos térmicos, cuya combustión genera alto volumen de cenizas volantes, que hacen cada vez más dificultosa su disposición y control adecuados, aumentando el riesgo de que se generen problemas ambientales. Su uso, como material estabilizante de arcillas expansivas, es una salida al problema ambiental que genera su disposición a campo abierto.

De igual forma, el departamento Norte de Santander cuenta con recursos minerales carbonatados (caliza), que es base para la fabricación de cales y cementos, que son productos de frecuente utilización como estabilizantes y aglutinantes de suelos. Se poseen yacimientos de roca fosfórica, cuyos procesos de explotación y beneficio, actual, generan colas residuales que son utilizadas como abonos y, más recientemente, como estabilizantes de suelos expansivos, según lo revelan estudios realizados en la UFPS que muestran que su uso en mezclas con arcillas modifican la plasticidad y expansividad de estas.

La creciente industria del vidrio y la incompleta respuesta de salida a los residuos sólidos asociados, obliga a que se busquen aplicaciones de reutilización y reciclado. Gran parte del vidrio que se logra reciclar se puede utilizar para hacer nuevos elementos de vidrio. Además, una pequeña proporción se utiliza para la fabricación de ladrillos, cerámicas y asfaltos, entre otros productos, con buenos resultados. En los últimos años, alrededor del mundo se ha venido implementando, a gran escala, el uso de vidrio en la industria de la construcción en todos sus componentes (fachadas, ventanerías, puertas e incluso en puentes peatonales).

El creciente incremento del vidrio en la industria de la construcción ha generado un aumento en los volúmenes de desperdicios, conocidos como retal residual vítreo (producto de los recortes que se deben hacer para la fabricación, sobre medida, de los diferentes elementos fabricados con vidrio). Los residuos vítreos o son reciclados en la fabricación de nuevos elementos que

consumen energía eléctrica o calorífica, o son, infortunadamente mal dispuestos en áreas abiertas causando problemas ambientales y, de paso, siendo elementos cortopunzantes que pueden, potencialmente, causar lesiones a quienes deambulan por los lugares de disposición de los mismos.

Este proyecto de investigación innova un uso del retal de vidrio considerado material residual en una aplicación de estabilidad de suelos expansivos. De esta manera, el proyecto soluciona dos problemas, en simultánea: uno, de carácter ambiental, generado por la disposición a campo abierto o en rellenos de un material no biodegradable y, otro, de orden geotécnico, representado en la inestabilidad de los suelos arcillosos asociados a los cambios volumétricos por variaciones en el contenido de humedad de tales sedimentos térreos. Así las cosas, el proyecto de investigación, cuyo informe está contenido en este documento, asimila el proceso de reciclaje del vidrio con orientación geotécnica a un proceso propio de la economía circular, la cual, dentro de la dinámica de las tendencias económicas contemporáneas, es una estrategia que busca minimizar el uso de materia prima y la generación de residuos sólidos, clausurando los flujos económicos y ecológicos de los recursos.

El tratamiento (basado en mezclas suelo-aditivo) de las arcillas expansivas, cuya hiperactividad está asociada a variación de humedad han mostrado, frecuentemente, reducción de la compresibilidad, decremento de la plasticidad, disminución de la actividad expansiva, aumento de la capacidad de soporte, control de fisuramientos, mejoramiento de la relación densidad-humedad, entre otras mejoras.

El presente documento muestra los resultados de la investigación conducida a evaluar el comportamiento geomecánico de mezclas suelo natural – partículas de vidrio (procedentes de la

pulverización de retal de vidrio), tomando como geomaterial básico, las arcillas del grupo León, aflorantes en el área metropolitana de Cúcuta. Como un aporte adicional, la investigación evaluó el efecto de la calidad del agua en el diseño de las mezclas suelo-sustancia inerte; en este sentido, se elaboraron dos sets de mezclas, uno con agua tratada y, otro, con agua residual minera

1. Problema

1.1 Título

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO DE MEZCLAS DE SUELO ARCILLOSO DE LA FORMACIÓN LEÓN CON ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE VIDRIO DE RECICLAJE.

1.2 Planteamiento del Problema

Los suelos hiperactivos representan problema geotécnico en los proyectos de ingeniería dado su comportamiento variable ante eventos de fluctuación de su contenido de humedad y, en la variación volumétrica de algunos de los cristales de su composición mineralógica.

Los cambios volumétricos asociados a la actividad de las arcillas expansivas conllevan movimientos indeseados en la cimentación que se heredan a la estructura, generando en este deterioro progresivo y finalmente, colapso.

Los movimientos cíclicos de las arcillas (hinchamiento-contracción) pueden ser restringidos parcialmente a niveles tolerables mediante técnicas de mezclado con sustancias inertes o aditivos.

De conformidad con lo expuesto, en la presente investigación se evaluó el comportamiento geomecánico de mezclas de arcillas aflorantes en la Formación León con adición de partículas de vidrio en diferentes porcentajes, como una alternativa de tratamiento de este tipo de suelos.

1.3 Formulación del Problema

¿Cómo varían las propiedades de clasificación y las propiedades geomecánicas de las arcillas pertenecientes a la Formación León con la adición de partículas de vidrio de reciclaje?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Analizar las propiedades de clasificación geotécnica y el comportamiento geomecánico de mezclas de suelo de la Formación León con el uso de partículas de vidrio de reciclaje.

1.4.2 Objetivos específicos. Seleccionar la fuente de arcilla de la Formación León, mediante el análisis de cumplimiento de criterios previamente establecidos.

Caracterizar y clasificar geotécnicamente las muestras de suelos arcillosos procedentes de la Formación León, aflorante en el área metropolitana de Cúcuta.

Preparar las muestras de partículas de vidrio para ser utilizadas en el diseño de las mezclas de suelo natural-partículas de vidrio.

Realizar ensayos de laboratorio para clasificar geotécnicamente los suelos tratados con partículas de vidrio y evaluar su comportamiento geomecánico con agua tratada y, con agua residual minera.

Analizar de forma crítica los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

1.5 Justificación

La presente investigación se justifica en los siguientes argumentos:

i. Los terrenos potencialmente urbanizables en Cúcuta registran arcillas con evidencia de variación volumétrica, razón por la cual, tales sedimentos han sido tratados de diversas formas, mediante mezclas con productos resultantes de procesos industriales, de construcción, entre otros. Sin embargo, hasta la fecha no se han realizado, en la región, investigaciones que, evalúen el

comportamiento de las mezclas arcilla - vidrio, utilizando retal vítreo como aditivo tratante o estabilizante.

ii. Existe una creciente producción de residuo sólido vítreo, generado en la empresa y/o industria vidriera, en la ciudad de Cúcuta, cuyo destino final es su disposición en rellenos sanitarios o en campo abierto.

iii. Pese a existir copiosa información sobre tratamiento de suelos hiperactivos, es poca la información (y nula en la región) la que es pertinente al uso de partículas de vidrio como material tratante de suelos arcillosos.

iv. Se hace necesario explorar nuevas soluciones al problema de la hiperactividad de las arcillas, procurando en lo posible que tales desarrollos sean multipropósito; como en este caso, que además de resolver el problema geotécnico de la actividad expansiva de los suelos cohesivos, se aporta a la solución de problemas ambientales ocasionados con la disposición inadecuada de residuos industriales.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances. La presente investigación tuvo como alcance principal evaluar la afectación que se logra en la plasticidad y clasificación, entre otras propiedades geomecánicas de las arcillas de la Formación León, aflorantes en el área metropolitana de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, cuando tales sedimentos se mezclan con partículas de vidrio reciclado.

El proyecto de investigación, cuyo informe final es aquí presentado abre el camino para nuevas pesquisas sobre el tema de evaluación de mezclas suelo-vidrio, y, por consiguiente, constituye, en lo local, un referente de lectura obligada.

El desarrollo del proyecto hace uso de los insumos curriculares recibidos por los investigadores en su proceso formativo como ingenieros civiles; la metodología aplicada conlleva revisión documental, exploración y muestreo de suelos in situ, ejecución de ensayos y jornadas de análisis, cálculo de nueva información y, discusión e interpretación de resultados, concluyendo con la elaboración del documento final.

1.6.2 Limitaciones. Pese a haber establecido en la propuesta investigativa, como una posible limitante, el proceso de conminución del material de vidrio a tamaños aceptables para el diseño de las mezclas suelo-vidrio, realmente en la práctica, al abordar el desarrollo del proyecto, tal limitación no existió. El ejercicio de reducción de tamaño o elaboración de polvo de vidrio se pudo realizar en los laboratorios de suelos civiles y, de beneficios de minerales de la UFPS, haciendo uso de diversos equipos, resaltando el uso indispensable del molino de bolas por su idoneidad para el trabajo realizado.

1.7 Delimitación

1.7.1 Delimitación espacial. El proyecto de investigación, realizado como modalidad de trabajo de grado, es sometido a consideración del Comité Curricular de Ingeniería Civil, en cumplimiento de uno de los prerrequisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería para otorgar el título de Ingeniero Civil. Consecuentemente, la temática abordada y su enfoque, están íntimamente correlacionados con una de las áreas de conocimiento (mecánica de suelos) de la disciplina de ingeniería civil.

El proyecto de investigación está adscrito a las líneas de investigación “Geomedios” y “Procesos de Beneficio de Geomateriales”, del Grupo de Investigación GEOENERGÍA, perteneciente al Departamento de Geotecnia y Minería de la UFPS, sede Cúcuta, en el

Departamento Norte de Santander.

Tanto los sedimentos térreos (arcillas de la formación León) como el retal de vidrio utilizado como aditivo de mezcla, fueron obtenidos en el área metropolitana de Cúcuta.

El trabajo de laboratorio realizado en el proceso de caracterización de las mezclas suelo-vidrio, fue adelantado en el Laboratorio de Suelos Civiles, coordinado por el Departamento de Geotecnia y Minería, de la Universidad Francisco de Paula Santander, Sede Cúcuta.

1.7.2 Delimitación temporal. La presente investigación fue propuesta y, desarrollada durante los dos períodos académicos del año 2019.

1.7.3 Delimitación conceptual. El contenido documental de la investigación se apoya cognitivamente, entre otros, en los siguientes conceptos: Arcilla, inestabilidad volumétrica, contracción del suelo, límite de contracción, expansión del suelo, índice de expansión libre, granulometría, granulometría – método del hidrómetro, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, relación densidad-humedad, Proctor modificado, gravedad específica, partículas de vidrio, vidrio.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales. Costa, Teixeira, Souza & Santos (2009). Recycling of glass cullet as aggregate for clays used to produce roof tiles. En este artículo se considera el hecho de que se han generado numerosos residuos basados en silicatos, algunos de los cuales se han considerado útiles para la reutilización, entre los cuales se resalta el vidrio de desecho, que genera un volumen considerable de residuos en las ciudades. El documento se basa en el uso del vidrio como agregado para la producción de tejas (cerámica roja). Se usaron diferentes porcentajes de polvo de vidrio para la fabricación de las tejas (0, 5, 8 y 10%); dicho polvo de vidrio fue cocido a cinco temperaturas diferentes que oscilaron entre los 800 y 1200 °C. Los resultados de las pruebas tecnológicas (resistencia a la flexión, absorción de agua, cambios dimensionales, densidad y porosidad aparentes) muestran que la contracción aumenta con el contenido de vidrio y todas las demás propiedades mencionadas anteriormente son mejoradas. Estos cambios se manifiestan más a temperaturas superiores a 900°C y en las concentraciones más altas de polvo de vidrio (8 y 10%).

El documento en referencia aporta a la investigación adelantada como trabajo de grado, información sobre el uso del polvo de vidrio, producido a partir de la trituración de retales de vidrio de reciclaje, como agregado en la producción de tejas; adicionalmente, orienta el diseño de las dosificaciones de arcilla-vidrio y muestra una forma de presentar los resultados, en ese caso, los pertinentes a comportamientos hallados para las diferentes temperaturas empleadas, según el mejoramiento del material en cuanto hace referencia a las propiedades de resistencia a la flexión, absorción de agua, densidad y porosidad aparentes.

El trabajo consultado insinúa que, desde el punto de vista del mejoramiento de la densidad, existe posibilidad de que el vidrio mejore las densidades máximas de las arcillas.

Ikara, Kunduri & Mohammed (2016). Influence of standard and modified proctor compactive efforts on cement stabilized black cotton soil (bcs) with waste glass (wg) admixture. El estudio investigó la conveniencia de utilizar vidrio de desecho (WG) como aditivo para el cemento en la estabilización del suelo algodón negro (BCS) para carreteras, rellenos y terraplenes. El suelo algodón negro es un suelo de Nigeria; dicho suelo fue clasificado como sedimento de alta plasticidad tipo A-7-5 (sistema AASHTO) y, CH (sistema unificado de clasificación de suelos). El análisis químico realizado al vidrio triturado reveló que este material de desecho es rico en óxidos [óxido de silicio (69,2%), óxido de aluminio (2,29%), óxido de hierro (1,57%), óxido de calcio (15,1%) y óxido de sodio (8,75%)]. El suelo en cuestión, fue estabilizado con 0, 2, 4, 6 y 8% de cemento y 0, 5, 10, 15 y 20% WG por peso del suelo seco. Las pruebas de laboratorio se llevaron utilizando los esfuerzos de compactación del Proctor Estándar (SP), relación de soporte de California (CBR), resistencia a la compresión confinada (UCS), y las pruebas características de compactación, para evaluar la efectividad del vidrio de desecho en el suelo de algodón negro estabilizado con cemento. Los resultados obtenidos mostraron una disminución en el índice de plasticidad (IP), límite líquido (LL), límite plástico (LP) y un aumento en la densidad máxima seca (MDD) con un aumento en el contenido de vidrio en todas las proporciones de cemento utilizadas y en comparación con los valores obtenidos para el suelo natural. Los valores máximos de 7 días de resistencia a la compresión confinada de 1152 KN/m² se obtuvieron al 8% de cemento Portland y al 20% de vidrio de desecho. Del mismo modo, el valor más alto de CBR del 53,8% se obtuvo mediante una mezcla óptima del 8% de cemento Portland/20% de vidrio de desecho. Los resultados indican que existe un potencial en el

uso de vidrio de desecho como aditivo para fortalecer los suelos de algodón negro. (Ikara, 2015)

La investigación consultada aporta al proyecto UFPS información valiosa sobre el mejoramiento en las propiedades de plasticidad y, de compactación de los suelos de alta plasticidad que, el vidrio de reciclaje le confiere.

James & Pandian (2015). Soil stabilization as an avenue for reuse of solid wastes: a review. Este análisis investigativo responde a la necesidad de mitigar la contaminación generada por la industrialización. La investigación se apoya en la premisa de que, la industrialización ha aumentado la generación de desechos sólidos, los cuales han alcanzado proporciones épicas. La hipótesis que formula la investigación en referencia es que, los desechos industriales pueden usarse para mejorar propiedades de suelos pobres, como arcillas altamente plásticas, solucionando así dos problemas: el geotécnico y el ambiental, y, en este componente (ambiental) es donde se diferencia fundamentalmente de otras técnicas más convencionales como la estabilización de arcillas con cemento o con cal.

A partir de los planteamientos señalados, sus autores evaluaron diversos residuos industriales, sin tratarlos previamente con cal y cemento, para analizar su comportamiento, como desarrollo previo a promover el uso de tales residuos.

La revisión del documento aquí mencionado, aportó a la investigación, ahora adelantada, información esencial sobre el uso de diferentes residuos sólidos en la estabilización de suelos, incluido el empleo del vidrio para estabilizar arcillas con problemas de inestabilidad volumétrica.

Ponce, González, Rodríguez, Lara, Quiñones, Pérez et al. (2016). Effect of crushed glass cullet sizes on physical and mechanical properties of red clay bricks. En esta investigación se

analizó la influencia directa que tiene el tamaño de las partículas de vidrio de reciclaje triturado en las propiedades físicas y mecánicas de bloques de arcilla roja. En este estudio se hizo uso de botellas de vidrio transparente, los bloques contaron con porcentajes de vidrio entre el 20 y el 30%, y tres tamaños máximos nominales de partículas de vidrio (<500 , <300 , y $<212 \mu\text{m}$), en mezclas de arcilla para el proceso de fabricación artesanal de ladrillos. Finalmente, los investigadores concluyeron que la contracción total, la absorción de agua, la resistencia a la compresión, la microestructura y la composición de las fases mejoraron con el uso del vidrio como material de adición a la arcilla. Los resultados indican que el aumento del contenido de vidrio y la disminución de su tamaño de partícula mejoraron significativamente las propiedades de los ladrillos de absorción de agua y resistencia a la compresión hasta en un 18,5% y 6,8 MPa, para ladrillos con 30% de peso y un tamaño de partícula menor a $212 \mu\text{m}$.

El aporte de este proyecto reside en resaltar la importancia no solo de evaluar el comportamiento físico y mecánico de los ladrillos compuestos fundamentalmente de arcilla al añadirle vidrio de reciclaje en diferentes porcentajes, sino también evaluar el comportamiento de los mismos al variar el tamaño máximo nominal de las partículas de vidrio añadidas, es decir, se consideró de forma simultánea el efecto de la cantidad de vidrio añadida y del tamaño de las partículas de vidrio añadidas.

2.1.2 Antecedentes nacionales. Jiménez & Zamora (2017). Diseño de pavimento flexible sobre suelos expansivos estabilizados usando ceniza volante y polvo de ladrillo. Proyecto de grado. Ingeniería civil. Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. En esta investigación se abordó el estudio de la problemática que representan los suelos expansivos en la estructura de pavimento flexible. Para dar solución a la problemática que representa la expansividad de las arcillas, se emplearon subproductos, tales como la ceniza volante y el polvo de ladrillo como

propuestas estabilizadoras para reducir el potencial expansivo, y, adicionalmente mejorar las propiedades mecánicas del suelo de base de apoyo para la estructura del pavimento (Padilla & Quiguanás, 2016).

Concluye el citado proyecto que el material tratante que mejor responde al mejoramiento de las propiedades expansivas y de resistencia de las arcillas estudiadas, es el polvo de ladrillo. En términos, de génesis, el polvo de ladrillo es arcilla que ha recibido tratamiento térmico. Según sus autores, los resultados muestran que los materiales que también tuvieron, en su estado natural, comportamiento plástico (absorción de agua) activo, tras pasar por un tratamiento térmico, alteran, en forma irreversible, su estructura química y mineralógica. De esta manera, el tratamiento térmico es una práctica usada para mejorar condiciones de inestabilidad de los materiales arcillosos y, los sedimentos así tratados se convierten en materiales inertes que pueden usarse en el mejoramiento de las propiedades de los suelos expansivos y con bajas capacidades de soporte.

El citado proyecto centra, en gran medida, su desarrollo en el uso de cenizas volantes y, del polvo de ladrillo, presentando un análisis comparativo de los efectos que estos dos materiales tienen sobre las arcillas activas, especialmente en las características expansión-contracción y resistencia a la compresión inconfiada del geomaterial. Se infiere que, los parámetros de resistencia al corte (cohesión, ángulo de fricción interna) se ven afectados por la acción de las cenizas volantes y el polvo de ladrillo.

Como se aprecia, los aportes de esta investigación a la nueva pesquisa desarrollada es que da luces sobre los resultados de mejoramiento en las características de las arcillas, cuando las mismas son tratadas mecánicamente mediante mezclas con aditivos que tienen los mismos

componentes óxidos y álcalis de la arcilla natural, como lo son las cenizas de carbón y, el polvo de ladrillo. En la investigación UFPS realizada se hizo uso de retal de vidrio y, se evaluó el papel del agua de mezcla, utilizando, alternativamente al agua tratada, agua residual minera en el mezclado.

2.1.3 Antecedentes regionales. Pineda Modesto, Gonzáles Rodolfo, Pedroza R. Álvaro, Flórez G. Carlos, entre otros docentes adscritos al departamento de Geotecnia y Minería de la UFPS y, algunos profesores de la UFPSO (Gallardo Romel, Leidy J. Quintero) y profesionales en ejercicio en la región (Pineda Ricardo, Omar Torres, Montaguth Luis, Maldonado Armando, entre otros) han dirigido numerosas y sendas investigaciones orientadas a estudiar la naturaleza, características y comportamiento geomecánico de las arcillas hiperactivas aflorantes en el área de Cúcuta. En esa dinámica, se han hecho estudios la mayor parte de ellos conducentes a caracterizar físicamente las arcillas y, a evaluar el comportamiento de mezclas suelo-aditivo, utilizando diferentes materiales (cenizas de carbón, cemento, cal, resinas orgánicas, plástico, colas de roca fosfórica, asfalto, etcétera) obteniendo conclusiones favorables en términos de mejoramiento de las condiciones de estabilidad de los suelos arcillosos. Dada la fecha reciente de su realización y la innovación en cuanto a evaluar la calidad del agua de mezcla, se considera pertinente mencionar la investigación adelantada por Cadette & Patiño (2016). Influencia de la calidad del agua de mezcla en la determinación de los límites de Atterberg de suelos finos. Proyecto de grado. Ingeniería civil. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. (Cadette & Patiño, 2016).

En esta investigación se realizaron ensayos de límites de Atterberg usando cinco tipos de agua diferentes (agua potable, agua servida, agua con trazas de gasolina y aceite, agua cruda y agua residual de minería), para conocer la influencia de estas en las propiedades índices de los

suelos finos pertenecientes a la Formación León aflorante en Cúcuta y su área metropolitana, específicamente en el barrio Bellavista, Los Patios, Norte de Santander. Los resultados que se obtuvieron en el ejercicio investigativo indican que tanto el agua residual minera como el agua servida funcionan en la reducción de los límites de Atterberg, lo cual sugiere una disminución en la plasticidad de las arcillas de la Formación León ensayadas, el reutilizamiento o aprovechamiento de estas aguas podría ayudar a resolver de forma simultánea dos problemas, uno de carácter geotécnico como lo es la hiperactividad de las arcillas, y otro de índole ambiental, como lo son el poco o nulo tratamiento de las aguas residuales mineras y las aguas servidas que posteriormente son dispuestas en el ambiente de forma inadecuada.

El aporte de esta investigación es claro, el agua residual minera funciona en la reducción de la plasticidad de las arcillas, por lo menos de las ensayadas, que pertenecen a la Formación León, que es la misma formación sujeto de estudio del presente documento, es conveniente pues, que se continúe estudiando esto más detalladamente al ser usado como un segundo agente tratante.

Adicionalmente, se vuelve a resaltar la idea de que muchos materiales subproductos de diferentes actividades o industrias pueden funcionar en el tratamiento de la hiperactividad de ciertos suelos, de allí que se plantee como hipótesis que el vidrio puede funcionar en el tratamiento de suelos hiperactivos de la ciudad de Cúcuta y su área metropolitana.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Los suelos. La formación de suelos resulta de la desintegración y/o descomposición de rocas parentales, a partir de procesos naturales (meteorización y/o erosión). Una masa de suelo se define como un conjunto de partículas sólidas (minerales y orgánicas), intercomunicadas entre sí por un espacio de vacíos que alberga aire y/o agua, entre otras sustancias. En términos

matemáticos, podría definirse como un sistema de fases, discontinuo y discreto de partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas), que acepta deformación a bajos esfuerzos mecánicos. (Pedroza, 1986).

Los procesos de meteorización física y/o química ocurren al interactuar la roca natural con el entorno que le rodea y los agentes externos (agua, aire, temperatura, organismos vivos, etcétera). Usualmente, la meteorización mecánica se asocia a la ocurrencia de acciones físicas que conllevan a la fracturación de la unidad rocosa; la meteorización química se genera por reacción química de los componentes de la roca con sustancias externas (ácidos, aguas, gases, organismos, sales, etcétera). La meteorización física hace conminución de la roca sin afectar la composición; los resultados de este proceso son fragmentos de roca de diferente textura (cuyas denominaciones, en el campo de la geotecnia, comprende los sobretamaños, gravas, arenas, limos y arcillas)

La descomposición química se genera por reacción química de los componentes del geomaterial con el agente que lo afecta (usualmente agua) a través de procesos de oxidación, reducción, hidratación, hidrólisis, carbonación, carbonatación, entre otros. El resultado de este proceso natural (potencialmente estimulado con prácticas antrópicas) es la generación de sedimentos de composición diferente a la de la roca parental.

2.2.2 Los suelos finos. Según la ASTM, se denominan suelos finos las partículas térreas cuyo diámetro equivalente es menor a 0,074 mm; es decir, los suelos en los cuales un porcentaje considerable de su masa pasa por la malla número 200.

De esta manera, en el sistema unificado de clasificación de suelos en un suelo fino, más del 50% de su masa logra pasar el tamiz 200; en el sistema de clasificación AASHTO, el suelo se

clasifica como fino si al menos el 36% de la masa del suelo pasa la malla 200. Caen en la textura de suelos finos los limos y, las arcillas; los primeros de tipo particulado y, los segundos de estructura laminar. Dependiendo de su naturaleza (orgánica o inorgánica), los sedimentos finos exhibirán mayor o menor plasticidad. Usualmente, los suelos revelan consistencia temporal (propiedad de las componentes individuales de “pegarse”, agruparse, cohesionarse); consistencia que varía según sea el contenido de humedad que tenga el material. Esta propiedad (consistencia) mostrable en los suelos finos no está presente en los suelos particulados gruesos (arenas, gravas y sobretamaños).

La gradación textural de los suelos finos (limos o arcillas), se determina mediante pruebas mecánicas hidrométricas. Texturalmente hablando, los sedimentos que pasan el tamiz 200 (0.075mm) y son mayores a 2 micras, se califican como limos y presentan dilatancia (reacción al sacudimiento). Por su parte, los suelos con tamaño menor o igual a 2 micras se clasifican como arcillas, no registran dilatancia y exhiben mayor plasticidad (capacidad de admitir deformación permanente) que los limos.

2.2.3 Las arcillas. “Suelos finos-granulares que presentan plasticidad dentro de cierta escala de contenidos de agua, y que secado al aire muestra considerable resistencia. El término ha sido usado también para designar la fracción de partículas más finas que 0.002 mm” (Márquez, 1987, p.29). Desde el punto de vista mineralógico, las arcillas son suelos cuyos componentes son minerales compuestos por silicatos de aluminio y de magnesio hidratados. Gran parte de los minerales arcillosos se pueden ubicar de forma sencilla en tres grupos según su configuración cristalina: Caolinitas, Illitas y Montmorillonitas.

“Investigaciones mineralógicas con base en el microscopio electrónico y en difracción de rayos X muestran que los minerales de arcilla tienen una estructura en enrejado en la cual los átomos están dispuestos en varias capas, a la manera de las páginas de un libro” (Márquez, 1987, p.1). Es decir, los átomos forman capas de minerales en forma laminar, esta es una de las cualidades que hace que las arcillas adquieran una mayor impermeabilidad en relación con otros tipos de suelos.

2.2.3.1 Caolinitas. Márquez (1987) menciona: “La estructura básica de los minerales de este grupo está constituida por una lámina de alúmina hidratada sobre una lámina de sílice con lo cual se tiene una capa eléctricamente neutra del mineral caolinita; esta combinación se repite indefinidamente” (p.74). La estructura de las caolinitas hace que las arcillas constituidas por ellas no sean expansivas, ya que el agua no puede entrar en sus retículas; tales arcillas son moderadamente plásticas y tienen una permeabilidad mayor y un coeficiente de fricción interna mayor que las que contienen minerales arcillosos de otros grupos.

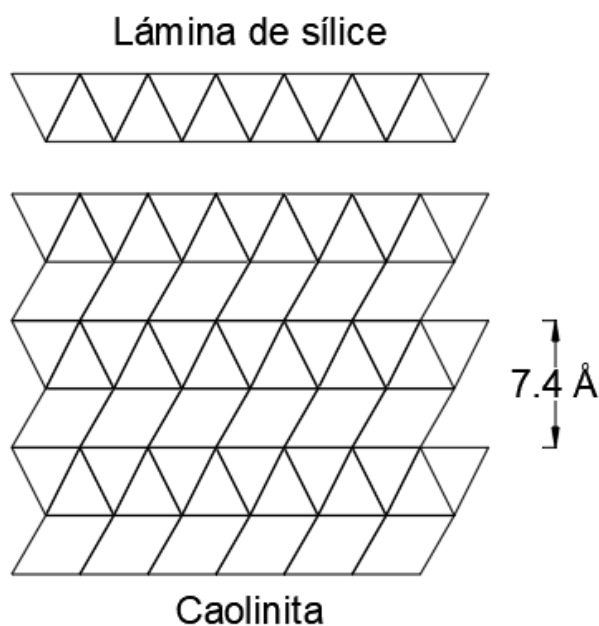


Figura 1. Estructura básica de arcilla caoliníticas

Fuente: Márquez, 1987.

2.2.3.2 Illitas. Las estructuras de las Illitas son también formadas de tres láminas como las de las montmorillonitas: una lámina de alúmina hidratada está colocada entre dos láminas de sílice. Pero además existen iones de potasio presentes entre las láminas de cristales adyacentes, lo que produce ligaciones más firmes entre las láminas que en las montmorillonitas. En consecuencia, las Illitas no se expanden tanto como las montmorillonitas al absorber agua, aunque sí más que las caolinitas. Sus coeficientes de fricción interna, así como su permeabilidad, son más altos que en las montmorillonitas y menos que en las caolinitas (Márquez, 1987, p.76).

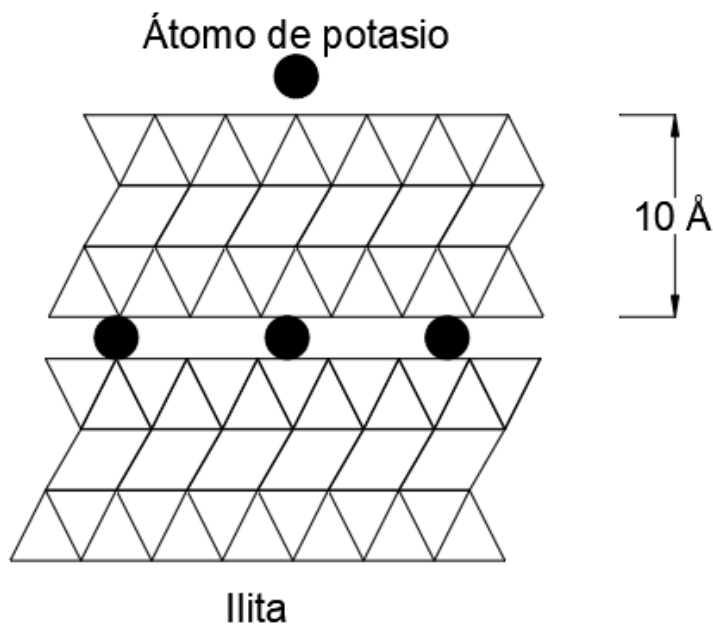


Figura 2. Estructura básica de las arcillas ilíticas

Fuente: Márquez, 1987.

2.2.3.3 Montmorillonitas. La estructura básica de los minerales de este grupo está formada por una lámina de magnesio hidratada (brucita) o de alúmina hidratada (gibbsite) colocada entre dos láminas de sílice, lo cual da una capa del mineral montmorillonita, que se repite indefinidamente (Márquez, 1987).

Duque & Escobar (2002) “La unión entre minerales individuales es débil, por lo cual el agua se inserta, introduciendo n moléculas para producir el hinchamiento del suelo” (p.1).

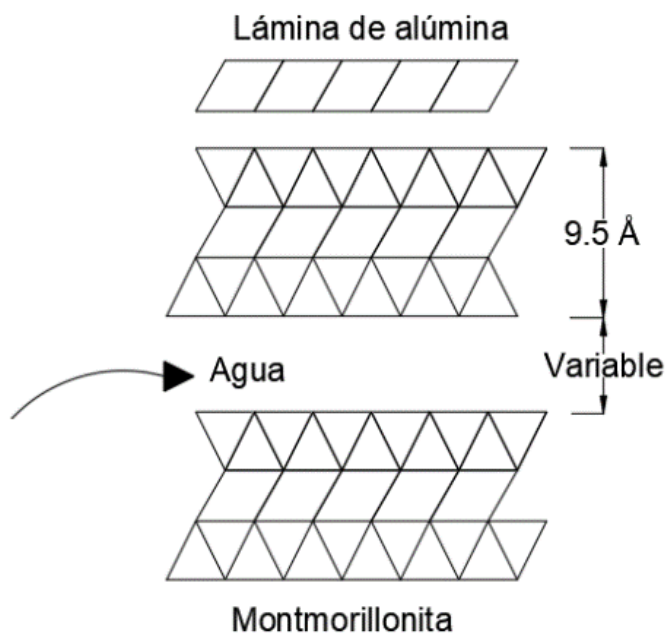


Figura 3. Estructura básica de las arcillas montmorillonitas

Fuente: Márquez, 1987.

Márquez (1987) afirma:

Junto con las características de ser expansivas, las arcillas montmorilloníticas presentan mucha plasticidad. Cuando se secan después de estar saturadas se produce retracción considerable con el

consiguiente agrietamiento. Entre los minerales arcillosos, los que tienen más bajo coeficiente de fricción interna y más baja permeabilidad son los de este grupo. (p.76)

2.2.4 Estados de consistencia. “Consistencia, etimológicamente, es la cualidad de aquello que tiene capacidad de mantener sus partes en conjunto. En el lenguaje común significa estabilidad, fijeza, trabazón, coherencia de una cosa” (Márquez, 1987, p.1).

El término consistencia no es aplicable a suelos friccionantes (granulares gruesos) como lo son las arenas y las gravas, es decir, solo es aplicable a suelos finos cohesivos como lo son los limos y las arcillas.

Los estados de consistencia de un suelo fino son cuatro, y fueron definidos por Albert Mauritz Atterberg. Los estados de consistencia son los siguientes: líquido, plástico, semisólido y sólido, así pues, se tiene que los cuatro estados de consistencia tienen parámetros que determinan sus fronteras, los cuales son denominados límites de Atterberg y son los siguientes: Límite de contracción, límite plástico, y, límite líquido.

2.2.4.1 Estado líquido. Se considera que un suelo fino se encuentra en estado líquido cuando el contenido de humedad presente en este hace que el material se comporte como un líquido glutinoso, pegajoso o viscoso, haciendo que este material fluya sin la menor dificultad, incluso bajo la sola acción de su masa, es decir, carece de resistencia al corte o este es cercano a cero, tal como la resistencia al corte del agua.

El estado líquido comparte frontera con el estado plástico, y el indicador o parámetro que los separa es el límite líquido, este último permite en muchos sistemas de clasificación caracterizar los suelos, por ejemplo, en el sistema unificado de clasificación de suelos, un límite líquido menor a 50% indica un suelo fino de baja plasticidad, y un límite líquido mayor a 50% indica un

suelo fino de alta plasticidad.

2.2.4.2 Estado plástico. El estado plástico en un suelo se presenta cuando este se puede manipular, amasar sin que se generen grietas en este o se desintegre. El estado plástico de un suelo está asociado a un porcentaje de humedad menor que el porcentaje de humedad asociado a el estado líquido del mismo suelo en cuestión.

En esta fase o estado, el suelo al ser sometido a cargas puede ser deformado excediendo la frontera de recuperación (zona elástica), de lo cual se infiere que, en este estado, una carga si es lo suficientemente grande puede hacer que la masa de suelo varíe su forma y sus dimensiones de forma permanente.

2.2.4.3 Estado semisólido. El estado semisólido de una masa de suelo se caracteriza por tener un porcentaje de humedad inferior a la humedad asociada al estado plástico de la misma masa de suelo en cuestión, en el estado semisólido el suelo pierde las características propias del estado plástico, como, por ejemplo, la facilidad para el moldeamiento sin generación de grietas, por ende, al tratar de moldear la muestra de suelo esta se fractura o se desintegra.

2.2.4.4 Estado sólido. En este estado, el porcentaje de humedad es incluso menor que los porcentajes de humedad que pueden estar asociados al estado semisólido, en este estado, el suelo ya no pierde más su volumen por pérdida de agua, en esta fase, la pérdida de agua que pueda continuar en la masa del suelo hace que la tonalidad del suelo sea más clara.

2.2.5 Límites de Atterberg. Los límites de Atterberg son, en esencia, contenidos de humedad que representan fronteras de consistencia. Inicialmente fueron identificados por su autor seis valores límites (límite de cohesión, límite de adherencia, límite de pegajosidad, límite de contracción, límite plástico y límite líquido). De estos valores de humedad de una arcilla, los tres primeros son usualmente tomados como indicadores de prácticas de arado de suelos y agrícolas; los tres últimos, son usados en geotecnia como criterio de clasificación de suelos finos.

2.2.5.1 Límite líquido (LL). El límite líquido es la frontera que divide dos de los estados de los suelos (estado plástico y estado líquido), de esta manera se puede considerar que el límite líquido es un porcentaje de humedad en el cual un aumento de humedad hace que el suelo pase de

un estado plástico a un estado líquido, y en el cual un decremento en el porcentaje de humedad presente en el suelo hace que el suelo pase a un estado plástico. En el estado de consistencia líquido, el suelo pierde totalmente su resistencia al esfuerzo cortante y se comporta como un material viscoso.

2.2.5.2 Límite plástico (LP). El límite plástico es la frontera que divide dos de los estados de los suelos (estado semisólido y estado plástico), de esta manera se puede considerar que el límite plástico es un porcentaje de humedad en el cual un aumento de humedad hace que el suelo pase de un estado plástico a un estado semisólido, y en el cual un decremento en el porcentaje de humedad presente en el suelo hace que el suelo pase a un estado plástico.

2.2.5.3 Límite de contracción (LC). El límite de contracción, también conocido como límite de retracción o de encogimiento, es la frontera que divide dos de los estados del suelo (estado sólido y estado semisólido), de esta manera se puede inferir que el límite de contracción tiene un porcentaje de humedad asociado, y, en este punto de humedad si esta disminuye pasa a un estado sólido, pero si aumenta la humedad pasa a un estado semisólido.

En teoría, el límite de contracción es aquel punto donde una pérdida de humedad no reduce el volumen de una muestra de suelo en cuestión, pero sí hace que su masa varíe.

2.2.5.4 Índice de plasticidad (IP). Este parámetro índice corresponde a un rango de humedades de la arcilla en el cual, la misma puede ser moldeada y, está definido entre los valores de los límites líquido y plástico. De este modo:

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 1. Índice de plasticidad.

2.2.5.5 Relación entre el IP y, el LL. La relación sugerida determina la Carta de Plasticidad de Casagrande, la cual permite clasificar sedimentos finos en los sistemas Unificado de Clasificación y, AASHTO. El primer cuadrante del plano cartesiano definido por la función $IP = F(LL)$ fue franjeado por Casagrande al trazar tres líneas: la línea A identificada por la ecuación (2), la línea U regida por la ecuación (3) y, la línea B gobernada por $LL=50$. Estas tres líneas dividen el primer cuadrante del plano cartesiano $IP = F(LL)$ en seis subespacios, cada uno de los cuales corresponde a un tipo de suelo.

La línea A separa los suelos arcillosos del grupo de sedimentos limosos y orgánicos; los puntos (LL, IP) del plano $IP=F(LL)$, situados arriba de la línea A, se clasifican como arcillas y, los puntos de dicho plano ubicados por debajo de la línea A, determinan suelos limosos u orgánicos. Por su parte, la línea U, representa el tope de plasticidad de los suelos finos y, la línea B, divide los sedimentos de alta plasticidad (situados a la derecha de dicha línea) de los suelos localizados a la izquierda de la ella, calificados como de baja a media plasticidad.

Así las cosas, la Figura 4 muestra la Carta de plasticidad de Casagrande, apropiada al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), sobre la cual se han identificado las líneas arriba mencionadas y los símbolos del precitado sistema de clasificación para los distintos tipos de suelos finos.

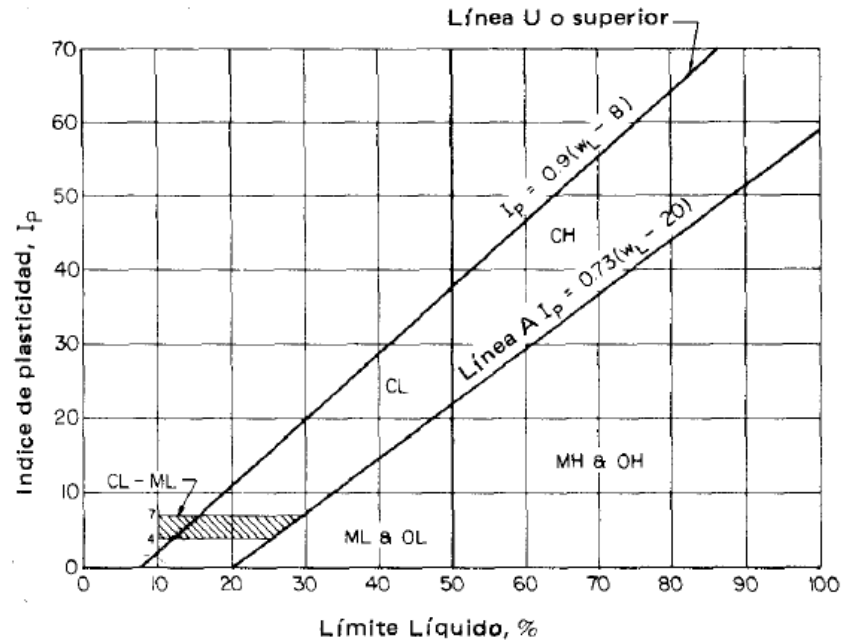


Figura 4. Carta de plasticidad de Casagrande

Fuente: Bowles, 1982.

Mitchel (1977), modificó la Carta de Casagrande, prolongando las líneas A y U, de tal manera de establecer el punto I de intersección de las mismas, el cual está definido por las coordenadas $(LL, IP) = (-43.5, 46.36)$. Este punto se determina igualando las expresiones (2) y (3) y resolver para las dos variables relacionadas, así:

Ecuación de la línea A: $IP = 0.73[LL - 20]$

Ecuación 2. Índice de plasticidad-Línea A

Ecuación de la línea U: $IP = 0.9[LL - 8]$

Ecuación 3. Índice de plasticidad-Línea U.

Igualando las ecuaciones 2 y 3 de las rectas se tiene que:

$$0.73 * [LL - 20] = 0.9 * [LL - 8]$$

$$0,9LL - 0,73LL = -14,6 + 7,2$$

$$0,17LL = -7,4$$

$$LL = \frac{-7,4}{0,17} = -43,5 \quad IP = 0.73[-43.5 - 20] = -46.355$$

En la figura 5 se detalla la carta de plasticidad modificada por Mitchel, 1977. Se aprecia que las líneas A y U se interceptan formando un ángulo. Mitchel trazó la bisectriz de dicho ángulo dividiendo ese semiespacio en tres zonas: uno, próximo a la línea U; otro, alrededor de la bisectriz y un tercero, cercano a la línea A. Mitchel, mediante pruebas químico mineralógicas de arcillas obtuvo información pertinente a la composición de muestras de suelo cohesivo y asoció tal dato a la información de plasticidad definida por (LL, IP). De esta manera, los puntos cercanos a la Línea U, registran como mineral de arcilla dominante, las de tipo montmorillonita; las que caen cerca de la bisectriz, tienen illita como mineral fundamental y, las arcillas cuya información de plasticidad se localizan alrededor de la Línea A, corresponde a caolinitas.

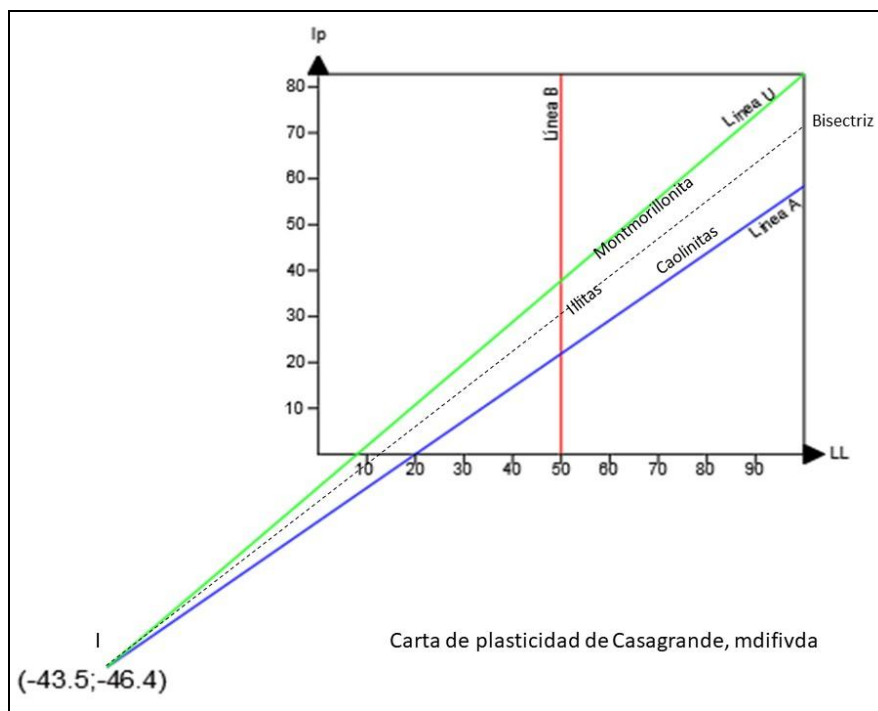


Figura 5. Carta de plasticidad de Casagrande, modificada por Mitchel con la intersección líneas A y U

Fuente: Márquez, 1987.

Después de obtener el punto de intersección se procede a trazar una línea desde ese punto a las coordenadas del límite líquido e índice de plasticidad en la carta de plasticidad, de esta forma que tiene que el límite de contracción es el intersección de dicha línea trazada desde el punto de intersección de las líneas A y U con el eje de las abscisas (eje del límite líquido).

Desde un punto de vista práctico, este método es sumamente valioso ya que permite la estimación sencilla y rápida del límite de contracción sin la manipulación de mercurio, tal como lo especifica la normativa INVIAS E 127-13. (INVIAS, Normas de ensayo para materiales de carreteras. Sección 100, 2013)

De forma adicional, los valores bajos de límite de contracción sugieren expansividad alta y viceversa.

2.2.6 Suelos hiperactivos. El carácter de hiperactividad (reacción suelo-agua) es más común en suelos finos (limos y arcillas) que en suelos gruesos.

Los suelos expansivos se caracterizan por experimentar variación volumétrica en función de su contenido de humedad; sin embargo, la variación volumétrica de una arcilla también es debida al crecimiento de cristales mineralógicos insertos entre las láminas de arcilla, como ocurre con los lentes de yeso que tienen las arcillas interestratificadas de la formación León.

El contenido de minerales de arcilla en una masa de suelo fino determina el carácter y grado de su expansividad. Los minerales de arcilla básicos son caolinita, illita y montmorillonita (de menor a mayor diámetro, y de menor a mayor expansividad). Usualmente la expansividad de una arcilla se evalúa con base en su composición, su actividad, el límite de contracción, la plasticidad, la expansión libre en probeta, la presión de expansión de Lambe, entre otras propiedades. Los suelos expansivos muestran alta plasticidad; sin embargo, los suelos de alta plasticidad no necesariamente son expansivos.

La actividad de las arcillas se encuentra definida como lo muestra la ecuación 4:

$$A = \frac{I_p}{\% \text{ partículas } < 2 \mu\text{m}}$$

Ecuación 4. Actividad.

Donde:

A= Actividad de las arcillas

Ip: Índice de plasticidad

El porcentaje de partículas $<2 \mu\text{m}$ se determina a partir del ensayo granulométrico con el hidrómetro.

Una muestra de arcilla se califica baja o inactiva si su valor de actividad es menor a 0.75, como normal si su actividad está entre 0.75 y 1.25, y como activas o altamente expansivas si su actividad es mayor o igual a 1.25. (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Actividad de las arcillas

Actividad	Calificativo
< 0.75	Inactivas
0.75 – 1.25	Normales
> 1.25	Activas

Fuente: Márquez, 1987.

De esta forma, se tiene que, al tratar de estabilizar suelos expansivos deben controlarse las propiedades que califican la hiperactividad de tales geomateriales frente a la absorción de agua.

2.2.7 Identificación de suelos hiperactivos. Existe una gran cantidad de sistemas de clasificación de suelos, cada uno de los cuales permite identificar los suelos hiperactivos de diversas formas, con diferentes índices o parámetros.

Por ejemplo, está el sistema USDA (United States Department of Agriculture); El sistema de clasificación de suelos FAO; El sistema de clasificación de suelos de Thorp, Baldwin y Kellog; El sistema de clasificación de suelos alemán; El sistema de clasificación de suelos francés y el sistema de clasificación de suelos español del PG-3.

Algunos sistemas de clasificación se enfocan más en las propiedades que estos puedan tener para ser aptos o no en la agricultura, otros en sus propiedades mecánicas con fines ingenieriles.

Con fines ingenieriles, es probable que los sistemas más conocidos mundialmente sean el sistema AASHTO (Association of State Highway and Transportation Officials) y el USCS o SUCS (Unified Soil Classification System o Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, respectivamente).

Estos últimos dos sistemas poseen cartas de plasticidad para caracterizar suelos finos (limos y arcillas) en función de su límite líquido y su índice de plasticidad.

De esta manera, se asocian a los suelos altamente plásticos con suelos potencialmente expansivos, pero, en definitiva, el comportamiento expansivo de un suelo se determina mediante ensayos de contracción (límite de contracción), de expansión libre en probeta, la presión de expansión de Lambe, etcétera, tal como se mencionó previamente.

2.2.8 Sistema de clasificación AASHTO. Es un sistema fundado en 1929, en el entonces llamado Departamento de Caminos Públicos de los Estados Unidos, este sistema ha tenido numerosas revisiones y ajustes, es un sistema que permite realizar clasificaciones con fines ingenieriles (Márquez, 1987).

De acuerdo con la actual forma de este sistema, los suelos pueden clasificarse según ocho grupos principales, A-1 al A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos comprendidos en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino. La turba, el lodo y otros suelos altamente orgánicos quedan clasificados en el grupo A-8. Éstos son identificados por

inspección visual (Das, 2001).

Para la clasificación de geomateriales, el sistema se basa en un análisis granulométrico y en los límites de Atterberg previamente mencionados. En este sistema, se considera suelo fino a aquella masa de suelo cuyo porcentaje que pasa el tamiz 200 es superior a 35.

Este sistema posee una carta de plasticidad que permite identificar los tipos de suelos de forma gráfica, práctica y sencilla, la figura 6 corresponde a dicha carta de plasticidad.

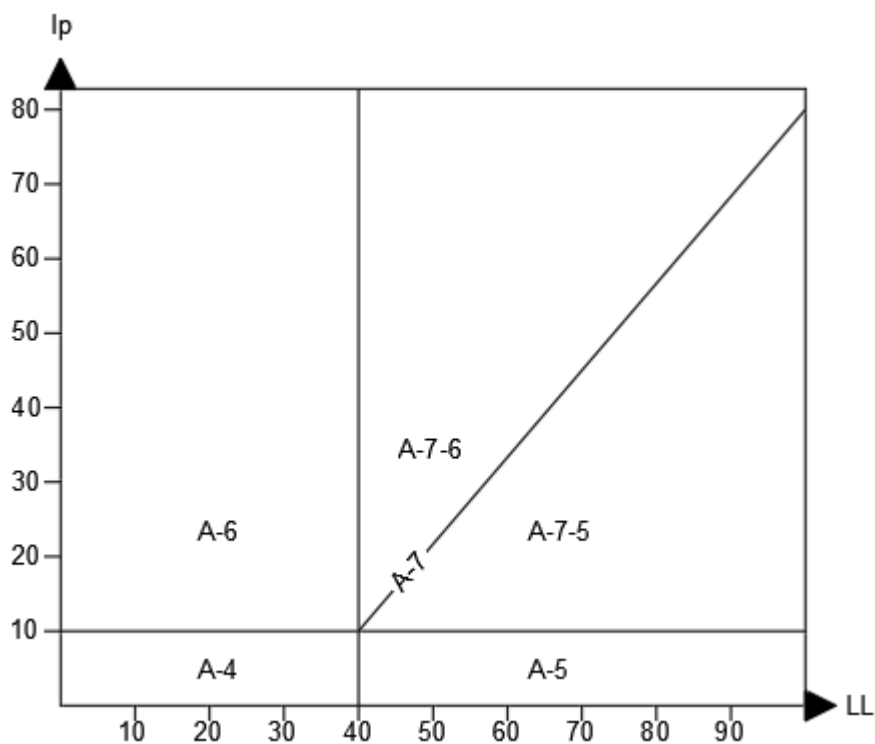


Figura 6. Carta de plasticidad del sistema AASHTO

Fuente: Márquez, 1987.

2.2.9 Sistema unificado de clasificación de suelos. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos fue originalmente propuesto por A. Casagrande en 1942 y después revisado y adoptado

por el Bureau of Reclamation de Estados Unidos y por el Cuerpo de Ingenieros. Este sistema se usa en prácticamente todo trabajo de geotecnia. (Das, 2001).

En este sistema, se considera suelo fino a aquella masa de suelo en el cual más del 50% del suelo pasa por el tamiz 200.

Al igual que en el sistema AASHTO, el sistema unificado también posee una carta de plasticidad, en la cual aparecen unas líneas que permiten la identificación visual del grupo al cual pertenecen, dichas líneas son las líneas A, U, B.

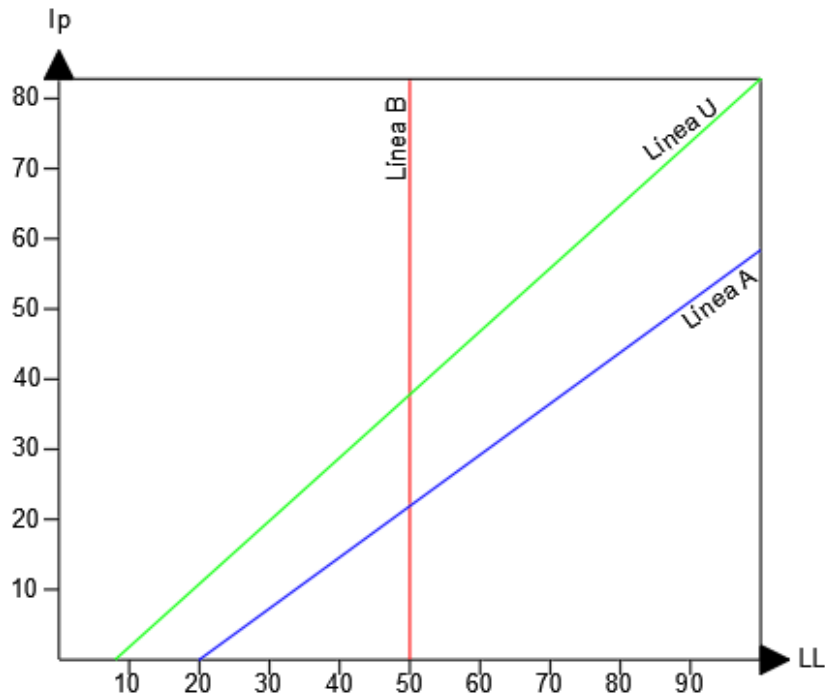


Figura 7. Carta de plasticidad del sistema unificado

Fuente: Márquez, 1987.

La línea B, separa los suelos finos de alta plasticidad cuyo límite líquido es superior a 50% (H, high en inglés, que traducido al castellano significa alto/a) de los suelos finos de baja

plasticidad cuyo límite líquido es inferior a 50% (L, low en inglés, que traducido al castellano significa bajo/a).

La línea A separa a los limos de las arcillas, los limos se encuentran bajo la línea A y las arcillas se encuentran situadas sobre la línea A, su ecuación es $0,73*(LL-20)$

La línea U es la frontera teórica de las arcillas, su ecuación es $0,9*(LL-8)$

2.2.10 Tratamiento de suelos hiperactivos. El tratamiento de los suelos expansivos o hiperactivos es una práctica que ha tenido una gran incidencia en diversas zonas del mundo a través de la historia; estas prácticas se han caracterizado por la búsqueda del mejoramiento de las diversas propiedades de dichos suelos, como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otras.

Generalmente se busca que posterior al tratamiento de los suelos con diferentes elementos, estos mejoren o presenten un buen comportamiento para que cuando sea aplicada una carga sobre estos, el esfuerzo no genere grandes deformaciones en los mismos, y de esta manera garantizar que las estructuras que sobre estos se construyan, no presenten inconvenientes. Lo anteriormente mencionado tiene como prioridad no solo que las propiedades del suelo mejoren momentáneamente, sino que se mantengan, es decir, que dichas propiedades sean capaces de mantenerse aún bajo cambios en las condiciones climáticas u otras condiciones externas a estos.

Existen diferentes formas de mejorar las propiedades de los suelos, entre estas encontramos la forma física que comprende la mezcla de suelos con otros suelos con el fin de mejorar las propiedades de uno de los suelos que presenta las condiciones no aptas para la construcción sobre este.

Desde el punto de vista químico, han sido utilizadas una gran variedad de sustancias con propiedades estabilizadoras de suelos expansivos, sustancias como cal, cemento portland, cenizas de carbón, polvo de ladrillo, entre otras. Así pues, (Bacca Amaya, Jimenez Quiñonez, & Pedroza Rojas, 1986) hicieron uso de cenizas de carbón para estabilizar arcillas expansivas, (Lindarte & Navarro, 1997) trataron suelos cohesivos haciendo uso de enzimas orgánicas, (Cadette & Patiño, 2016) dedujeron que las aguas residuales mineras y las aguas servidas funcionan como material estabilizante en la hiperactividad de las muestras de arcilla estudiadas.

Los tratamientos químicos de suelo consisten básicamente en la adición de un porcentaje óptimo de material estabilizante; el ejercicio de evaluación consiste en observar cuantitativamente la variación de las propiedades de las mezclas suelo-aditivo respecto de las mismas propiedades del suelo en estado natural.

Es altamente probable que un suelo fino que sea tratado cambie su clasificación geomecánica, pasando de ser altamente plástico a ser medianamente plástico o poco plástico.

Haciendo sinónimos los términos tratamiento y estabilización de un suelo, procedemos a citar lo que Márquez (1987) menciona sobre la estabilización de un suelo: “Por estabilización se entiende cualquier procedimiento dirigido a conservar o a mejorar las propiedades del suelo que tienen que ver con su comportamiento como estructura ingenieril” (p.181).

2.2.11 El vidrio. De la palabra latina “vitrum” se han derivado las voces que todas las lenguas románicas a excepción de la rumana (que ha incorporado la raíz eslava), emplean para referirse al vidrio (así, “vidre”, en catalán; “vetro”, en italiano; “vidro”, en portugués y, “verre”, en francés).

En cuanto al origen del término anglosajón “glass” o sajón “glas”, existen algunas discrepancias, pues, si bien algunas opiniones se inclinan a favor de su origen latino, haciéndole derivar de la palabra “glacies” (hielo), de la que también proviene el término francés “glace”, (espejo, vidrio plano pulido), otros derivan su procedencia de la palabra británica “glassum” con que se designa antiguamente al ámbar (Navarro, 2003).

Morey (1335) propone la siguiente definición: un vidrio es una sustancia inorgánica en una condición análoga a la de su estado líquido y continua con éste, que, como consecuencia de un cambio reversible en su viscosidad durante el enfriamiento, ha alcanzado un grado de viscosidad tan elevado como para poder considerarse rígida a efectos prácticos (Navarro, 2003).

La comisión de terminología de la Academia Rusa de Ciencias (1310) no establece ninguna exclusión basada en la constitución química y enuncia que bajo la denominación de vidrio se designan todos los sólidos amorfos obtenidos por enfriamiento de una masa fundida, cualquiera que sea su composición química y la zona de temperatura en la que tenga lugar su solidificación. Debido al aumento de viscosidad durante el enfriamiento, los vidrios adquieren algunas propiedades de los sólidos. La transición del estado líquido al estado vítreo ha de ser reversible (Navarro, 2003).

2.2.12 Características del tratamiento de suelos hiperactivos. En el tratamiento de suelos hiperactivos se busca que estos tengan una menor capacidad de retención de humedad y, por ende, una menor capacidad de expansión, adicionalmente se espera que se mejoren sus propiedades físicas y mecánicas para poder ser usados en proyectos de ingeniería.

Las arcillas hiperactivas, usualmente, no mejoran su comportamiento con simples procesos de tratamiento mecánicos como compactación; los estudios realizados indican que la hiperactividad

de tales sedimentos se logra reducir cuando los mismos se mezclan con otras sustancias; lo cual hace pensar que, independientemente de que la mezcla suelo-aditivo, sea un procedimiento mecánico, en dicha nueva masa ocurren procesos químicos. Tal es el caso del tratamiento de arcillas con materiales puzolánicos (cenizas volantes, cal, cemento portland); los aditivos mencionados contienen óxido de calcio que reacciona en presencia de agua, generando reacción puzolánica, dando como resultado suelos más resistentes y plásticamente más estables.

Ocasionalmente, pueden presentarse casos en los cuales las arcillas continúen teniendo una alta capacidad de retención de humedad, pero su expansividad se reduzca de forma considerable.

2.2.13 Uso del vidrio en el tratamiento de suelos hiperactivos. Al igual que las cenizas volantes (usadas en el tratamiento de arcillas inestables), los vidrios también tienen en su composición sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3) y, óxido férrico (Fe_2O_3), entre otros componentes. Esta propiedad compartida de los vidrios y las cenizas, soporta la hipótesis de que, el vidrio puede funcionar en el tratamiento de la hiperactividad de las arcillas.

2.2.14 Análisis estadístico para el procesamiento de diseños aleatorizados. Modelo estadístico lineal:

El análisis de los resultados del experimento se fundamenta en un modelo estadístico formal subyacente. Este modelo presente en los estudios comparativos supone en primer lugar que existe una población de referencia de los sujetos o unidades experimentales para cada condición de tratamiento; también sugiere que las unidades son sus representantes seleccionados al azar como resultado de una aleatorización (Kuehl, 2001).

Las suposiciones básicas del modelo estadístico son las siguientes:

Existe una población de referencia para cada condición de tratamiento.

La variable respuesta y sigue una distribución normal en cada población y tiene una media μ_i diferente.

Se supone que la varianza de cada población es la misma

Los errores experimentales son variables aleatorias independientes que siguen la distribución normal con media igual a cero y varianza constante.

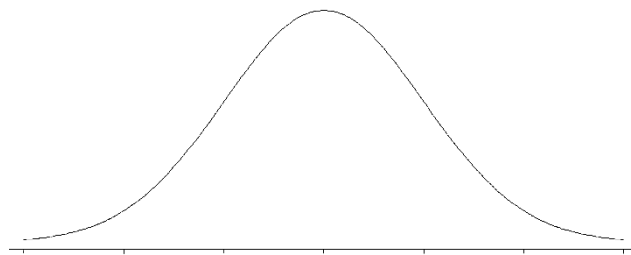


Figura 8. Distribución normal

Fuente: Kuehl, s,f

El *modelo estadístico lineal* utilizado se conoce como el modelo de medias de celdas:

$$y_{ij} = \mu_i + e_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Ecuación 5. Modelo lineal.

y_{ij} = cada una de las observaciones

μ_i = media de la i -ésima población en tratamiento

e_{ij} = error experimental

a es el número de tratamientos y n es el número de réplicas

El modelo expresa cada una de las observaciones como la suma de las medias poblacionales de tratamiento y los errores experimentales. Como se mencionó anteriormente, se supone que los errores experimentales e_{ij} son variables aleatorias independientes con media igual a cero y varianza σ^2 constante.

Los resultados del experimento pueden presentarse tabulados conforme al esquema mostrado en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados del experimento

Tratamiento (Nivel)					Totales	Promedios
1	y_{11}	y_{12}	.....	y_{1n}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	.....	y_{2n}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
.
.
A	y_{a1}	y_{a2}	.....	y_{an}	$y_{a.}$	$\bar{y}_{a.}$
						$\bar{y}_{..}$

Fuente: Kuehl, s,f

$\bar{y}_{..}$ es la gran media o media de todas las observaciones.

La respuesta observada de cada uno de los tratamientos es una variable aleatoria. Un valor y_{ij} representa la observación j -ésima correspondiente al tratamiento i -ésimo. Por ejemplo, y_{21}

es la primera observación del segundo tratamiento. Cada uno de los tratamientos tiene n observaciones o réplicas.

El método de mínimos cuadrados permite estimar los parámetros μ_i del *modelo estadístico lineal*. Puede demostrarse que:

$$\hat{\mu}_i = \bar{y}_i \quad i = 1, 2, \dots, a$$

Ecuación 6. Mínimos cuadrados.

Es decir, los estimadores de las medias poblacionales de los tratamientos son las medias de los grupos de tratamiento observados.

Análisis de Varianza

El objetivo es la comparación de los cuatro tratamientos con el fin de determinar el empaque más eficiente. Se desarrolla un procedimiento conocido como análisis de varianza, que es la técnica más útil en el campo de la inferencia estadística.

El nombre de análisis de varianza se deriva de la partición de la variabilidad total del experimento en sus partes componentes. Una medida de la variabilidad total o global de los datos está dada por la suma de cuadrados total:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$$

Ecuación 7. Suma de cuadrados total.

Esta variabilidad total se puede dividir en la variabilidad debida a los tratamientos y en la variabilidad debida al error experimental:

$$SCT = SC_{tratamientos} + SC_{error}$$

$$SCT = SC_{tratamientos} + SCE$$

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$$

Ecuación 8. Variabilidad total.

La Tabla 3. (ANOVA), resume el conocimiento acerca de la variabilidad en las observaciones del experimento:

Tabla 3. Análisis de varianza para un diseño totalmente aleatorizado con réplicas desiguales de los tratamientos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	Estadístico
Tratamientos	$SC_{tratamientos}$	$a - 1$	$CM_{trat} = \frac{SC_{trat}}{a - 1}$	$F = \frac{CM_{trat}}{CME}$
Error	SCE	$N - a$	$CME = \frac{SCE}{N - a}$	
Total	SCT	$N - 1$		

Fuente: Kuehl, s,f

Puede demostrarse que CME es el mejor estimador de *la varianza del error experimental*.

Para comprobar si la variación debida a los tratamientos es significativamente mayor que el error experimental aleatorio se requiere una prueba de hipótesis.

El interés se encuentra en probar la igualdad de las a medias de los tratamientos. Las hipótesis apropiadas son:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$$

$$H_1 = \mu_i \neq \mu_j \text{ para al menos un par } (i, j)$$

Ecuación 9. Prueba de hipótesis.

Si la hipótesis nula de que no hay diferencias en las medias de los tratamientos es verdadera, el cociente $F = CM_{trat} / CME$ sigue una distribución Fisher con $a-1$ y $N-a$ grados de libertad. F es el estadístico de prueba.

3) Interpretación de los resultados

Teniendo en cuenta el p-valor obtenido, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

4) Diagnóstico de la validez del modelo

La validez de las estimaciones y pruebas de hipótesis para los análisis, se apoya en las siguientes suposiciones clave: los errores experimentales aleatorios e_{ij} son independientes, siguen una distribución normal con media igual a cero y tienen una varianza común para todos los grupos de tratamiento.

Las violaciones de los supuestos básicos y la adecuación del modelo pueden investigarse mediante el examen de los residuales. El residual de la observación j -ésima en el tratamiento i -ésimo se define como

$$e_{ij} = y_{ij} - \bar{y}_i$$

Ecuación 10. Residual.

Los residuales proporcionan evaluaciones visuales de las suposiciones del análisis de varianza. La suposición de distribución normal se evalúa mediante una gráfica de probabilidad normal. Si la distribución fundamental de los errores es normal, esta gráfica tendrá la apariencia de una línea recta. Para visualizar la línea recta, tienen más importancia los valores centrales que los extremos. De otro lado, la suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos (Kuehl, 2001).

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Arcilla. Los sedimentos térreos constituidos por agregados de silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato son denominados arcillas. Cuando tales sedimentos están cementados, la masa térrea resultante se considera roca arcillosa (arcillolita) y demandará esfuerzos mecánicos superiores a los exigidos por una masa de suelo (agregado de partículas minerales sueltas) para ser escarificado, fracturado o extraído. En estructuras, las arcillas son de tipo laminar y, de textura fina (geomateriales con diámetro coloidal menores a 0.002 mm (2 micras)). En el lenguaje geotécnico, las masas de arcillas son suelos finos que exhiben plasticidad y basan su resistencia mecánica al esfuerzo cortante en el parámetro de resistencia denominado “cohesión”, el cual es fuertemente influenciado por el contenido de humedad. La plasticidad y, la cohesión de una arcilla, son dependientes del mineral de arcilla (montmorillonita, illita, caolinita) presente en la masa de suelo.

La arcilla se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y ganar sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida artificialmente por cocción es denominado material cerámico elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio.

2.3.2 Inestabilidad volumétrica. Condición de cambio de volumen de un suelo causada por la variación de los contenidos de humedad o crecimiento de cristales de impurezas mineralógicas en la arcilla. En este proyecto la variación volumétrica se relaciona con el cambio de humedad que experimenta la arcilla. No se hace análisis de la modificación volumétrica por crecimiento de cristales de yeso, presentes en la formación León.

La inestabilidad volumétrica (propio de suelos arcillosos) representa serios problemas para las estructuras de cualquier índole que sobre estos se cimenten.

2.3.3 Contracción del suelo. Reducción del volumen inicial de un suelo (arcilloso) al ser sometido a un cambio en el contenido de humedad por efecto de cambios de temperatura asociados a condiciones climáticas diferentes a las iniciales (aumento de temperatura, sequías) en el volumen inicial de suelo dado.

La normatividad INVIAS establece el ensayo normalizado denominado límite de contracción.

2.3.4 Límite de contracción. Es el contenido de agua, por debajo del cual un secado adicional no causa una disminución de volumen de la muestra de suelo, pero por encima de cual un incremento en el contenido de agua sí produce un aumento en el volumen de la masa del suelo (INVIAS, 2013b).

2.3.5 Expansión del suelo. Incremento del volumen inicial de un suelo (arcilloso) al ser sometido a un cambio en el contenido de humedad o desarrollar aumento de tamaño de las impurezas minerales que alberga.

Referente a la variación del contenido de humedad, esto se puede producir por variación en las condiciones climáticas iniciales (temporadas de lluvias).

La normatividad INVIAS establece varios ensayos normalizados para caracterizar este parámetro, en el presente proyecto se tratará mediante el ensayo normalizado denominado índice de expansión libre.

2.3.6 Índice de expansión libre. “Es el aumento de volumen que sufre un suelo sin restricciones externas, cuando se sumerge en agua” (INVIAS, 2013b).

2.3.7 Granulometría. Es la distribución porcentual de los diferentes tamaños de los granos que integran una muestra de suelo sedimentario.

Es una de las propiedades más importantes de un suelo ya que es parte fundamental para clasificarlo. Permite hacer una primera clasificación o separación entre los suelos finos (limos y arcillas) y los suelos gruesos (arenas y gravas).

2.3.8 Granulometría – método del hidrómetro. El principal objetivo del análisis de hidrómetro es obtener el porcentaje de arcilla (porcentaje más fino que 0.002 mm) ya que la curva de distribución granulométrica cuando más de 12% del material pasa a través del tamiz No. 200 no es utilizada con criterio dentro de ningún sistema de clasificación de suelos y no existe ningún tipo de conducta particular que dependa intrínsecamente de la forma de dicha curva. La conducta de la fracción de suelo cohesivo del suelo depende principalmente del tipo y porcentaje

de arcilla de suelo presente, de su historia geológica y del contenido de humedad más que la distribución misma de los tamaños de la partícula (Ingenierita, 2008)

2.3.9 Límite líquido. Contenido de humedad del suelo, expresado en porcentaje, por encima del cual, un suelo fino pierde su consistencia plástica o abandona el rango de plasticidad.

Es uno de los parámetros o índices más importantes para la clasificación de los suelos y en la práctica permite conocer cuál es la cantidad de agua que puede retener un suelo al punto en el cual de cierta manera pierda toda su resistencia ante la aplicación de cargas.

“Contenido de humedad del suelo, expresado en porcentaje, cuando se halla en el límite entre los estados líquido y plástico” (INVIAS, 2013b).

2.3.10 Límite plástico. Contenido de agua del suelo, expresado en porcentaje, por debajo del cual, un suelo fino pierde su consistencia plástica o abandona el rango de plasticidad.

“Contenido de agua del suelo, expresado en porcentaje, cuando se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido” (INVIAS, 2013b).

2.3.11 Índice de plasticidad. “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” (INVIAS, 2013b)

2.3.12 Relación densidad-humedad. Es una correlación entre las humedades que puede poseer un suelo y las densidades asociadas a cada una de estas, de esta manera, se deduce que, a partir de las condiciones de humedad y de los procesos de compactación en un suelo cualesquiera, el suelo en cuestión tendrá diferentes valores numéricos de densidad. En laboratorio, se acostumbra a compactar o densificar los suelos a partir de procesos dinámicos

como el Proctor estándar o el Proctor modificado.

2.3.13 Proctor modificado. El ensayo de Proctor modificado es un proceso dinámico en el cual un suelo es densificado o compactado por medio mecánico a través de un martinete que se deja caer en caída libre a una altura de 18 pulgadas, dicho martinete tiene un peso de 10 libras-fuerza. El suelo que se compacta es introducido en un molde que puede ser de 4 o 6 pulgadas dependiendo del tamaño de las partículas que componen el suelo, la tabla 4 muestra los detalles respectivos.

Tabla 4. Comparación método estándar y modificado de compactación

Ítem/Método	A	B	C
Peso del martinete	10 libras fuerza	10 libras fuerza	10 libras fuerza
Altura de caída	18 pulgadas (45,72 cm)	18 pulgadas (45,72 cm)	18 pulgadas (45,72 cm)
Diámetro del molde	101.66 mm (4")	101.66 mm (4")	152.4 mm (6")
Material	Pasa tamiz de 4.75 mm (No.4)	Pasa tamiz de 9.5 mm (3/8")	Pasa tamiz de 19.0 mm (3/4")
Capas	5	5	5
Golpes/Capa	25	25	56
Uso	Si 25% o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 4.75 mm (No.4)	Si 25% o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 9.5 mm (3/8")	Si 30% o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 19.0 mm (3/4")

Fuente: INVIAS, 2012.

El Proctor modificado se diferencia del estándar en el peso del martinete (10 libras fuerza en el caso del modificado y 5.5 libras fuerza en el caso del estándar), en la altura de caída del martinete (18" en el caso del modificado y 12" en el caso del estándar) y en el número de capas (5 en el caso del modificado y 3 en el caso del estándar). Lógicamente, como es de esperarse, las

densidades que se obtienen en el ensayo modificado son mayores que las que se obtienen en el ensayo estándar de compactación.

2.3.14 Gravedad específica. Es la relación entre la masa de cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y la masa del mismo volumen de agua destilada y libre de gas, a la misma temperatura. El término partículas sólidas, como se usa en ingeniería geotécnica, hace relación a las partículas minerales que aparecen naturalmente y que no son prácticamente solubles en agua. Por lo tanto, la gravedad específica de materiales que contengan materias extrañas (tales como cemento, cal, etc.), materia soluble en agua (tal como cloruro de sodio) y suelos conteniendo materia con gravedad específica menor de uno, típicamente requieren un tratamiento especial o una definición particular de gravedad específica (INVIAS, 2013b).

2.3.15 Partículas de vidrio. Partículas producidas a partir del ejercicio de la pulverización de retazos de vidrio, para cualquier caso en que se denote en el presente proyecto se deberá entender que son partículas con un tamaño siempre menor a 4.76mm para el caso de los ensayos de Proctor modificado y de tamaño siempre menor a 425 μm para el caso de los ensayos de límite líquido, límite plástico, límite de contracción e índice de expansión libre. Se determinaron estos tamaños con el fin de ejecutar cada ensayo de laboratorio amparado en las especificaciones dadas por lo estipulado en las normas y especificaciones INVIAS 2013 (Sección 100).

2.3.16 Vidrio. El vidrio natural (obsidiana) es un geomaterial inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo formado naturalmente por enfriamiento súbito del magma. Artificialmente, puede crearse un tipo de material cerámico vítreo amorfo, al calcinar (por encima de los 1500°C) y luego se enfría en forma súbita mezclas de arena silíceas, carbonato de sodio y caliza. En algunos se emplea el término «cristal» para hacer referencia al vidrio; en rigor es incorrecto darle al vidrio y al cristal el carácter de términos sinónimos, debido a que el vidrio es un sólido amorfo (sus moléculas están dispuestas de forma irregular) y no un sólido cristalino. (Acerca de nosotros: Wikipedia la enciclopedia libre, 2020)

2.4 Marco Contextual

La investigación cuyo informe es contenido en este documento fue realizada en el año 2019, en la ciudad de San José de Cúcuta, departamento Norte de Santander, caracterizada por estar en un piso térmico bmst (bosque muy seco tropical), correspondiente a zonas ubicadas por debajo de los 500 m.s.n.m, temperaturas arriba de los 30°C, alto brillo solar, fuertes vientos, suelos ácidos, vegetación xerofítica y precipitación baja por debajo de los 1000 mm anuales. La investigación se desarrolla en el marco del quehacer investigativo de GEOENERGÍA, un grupo de investigación adscrito al Departamento de Geotecnia y Minería, y se desarrolla en un año en el cual el programa de ingeniería civil realiza su renovación de registro calificado y, el programa de Ingeniería de Minas incursiona en el proceso de acreditación de alta calidad. Es un año en el cual se sienten corrientes de agitación de la dinámica social en toda América del Sur y, en Colombia se celebran los primeros 200 años de la crucial batalla de Boyacá que consolidó para el país, la liberación del sometimiento español.

Así mismo, en términos contextuales, es un año en el cual continúa el éxodo venezolano, buena parte del cual se está asentando en la ciudad de Cúcuta, volviendo crítica la demanda de servicios y de empleo. La figura 9 presenta una ubicación general de la zona de realización del proyecto, con los tres sitios de exploración de geomateriales.



Figura 9. Ubicación espacial del proyecto

Fuente: Leopoldo, s.f.

2.5 Marco Legal

Las normas que se relacionan a continuación dan el marco jurídico a el ejercicio de investigación realizado.

Acuerdo 065 (agosto 26 de 1996) por la cual se establece el estatuto estudiantil de la Universidad Francisco de Paula Santander, expedido por el Consejo Superior Universitario en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander; especialmente lo consagrado en el Título V: Del trabajo de grado (Consejo Superior Universitario UFPS, 1996) (CSU, 1996).

Normas y especificaciones 2012 INVIAS (sección 100). (INVIAS, 2013b)

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10, Título H). (De La Comisión, Colombiano, Construcción, & Resistente, 2012)

3. Diseño Metodológico

3.1 Línea de Investigación

La investigación se encuentra enmarcada en las siguientes líneas: geotecnia y ambiental, por la búsqueda del aprovechamiento de residuos con el fin del mejoramiento de propiedades de suelos finos que se encuentran en Cúcuta y su área metropolitana.

3.2 Tipo de Investigación

3.2.1 Según su propósito. Se caracteriza como una investigación aplicada, centrada en el aprovechamiento de un residuo sólido en la búsqueda del mejoramiento de propiedades índice de arcillas hiperactivas de la Formación León, que son características de Cúcuta y su área metropolitana.

3.2.2 Según su nivel de profundización y, el grado de manipulación de variables. La presente investigación es de índole descriptivo y, experimental; tiene una fuerte actividad de laboratorio y evalúa el comportamiento geomecánico de materiales térreos en estado natural y, el de las mezclas arcilla-sustancia adicionada; permite establecer un referente para futuras investigaciones relacionadas con el tema aquí tratado.

3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población. La población de estudio de la presente investigación está dada por los afloramientos de arcillas de la Formación León en el área metropolitana de Cúcuta.

Para efectos de muestreo, la población se consideró infinita, en razón a la amplia variación geológica composicional, la profundidad y la extensión de los afloramientos.

3.3.2 Muestra. El cálculo del número de muestras se realizó mediante métodos probabilísticos, sin embargo, la elección de los sitios donde se extrajeron las muestras fue por conveniencia, tomando en consideración criterios básicos de seguridad para los autores.

Para garantizar que las características de la población y la muestra fuesen lo más similares que se pudiera, se propuso evaluar muestras de diferentes zonas donde aflora la Formación León, ampliando el rango de valores para las propiedades a valorar.

Las características de la población, los recursos disponibles y el tiempo para el desarrollo de la investigación definieron en gran medida el tamaño de la muestra, la cual está condicionada al objetivo central del estudio, y cuidando que la información sea representativa, válida, confiable, de fácil acceso y bajo costo.

Para la selección de la muestra se establecieron criterios que hicieran más práctica la selección de la misma dentro de la población de estudio, los criterios establecidos fueron tres (3) y se encuentran discriminados a continuación.

1.- Que las fuentes de extracción de muestras estuviesen enmarcadas dentro del área metropolitana de Cúcuta y que fueran afloramientos de la Formación León.

2.- Que las zonas seleccionadas estuviesen caracterizadas dentro del plan de ordenamiento territorial del 2011 de la ciudad de Cúcuta como zonas de actividad residencial, o, que en su defecto fuesen zonas de expansión urbana integral.

3.- Que las zonas seleccionadas fuesen de fácil acceso y se garantizara la seguridad de los autores en la zona.

La tabla 5, presenta los niveles de confianza (números aleatorios), requeridos para utilizar la ecuación que permite definir el tamaño de la muestra, en la cual todos los elementos tienen igual probabilidad de ser seleccionados.

Tabla 5. Niveles de confianza para el cálculo del tamaño de la muestra

Criterio	Porcentaje de confianza deseable										
	95%	94%	93%	92%	91%	90%	85%	80%	75%	62.7%	50%
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.44	1.28	1.15	1	0.6745
Z ²	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72	2.074	1.64	1.33	1	0.45
e	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.15	0.2	0.25	0.37	0.5
e ²	0.0025	0.0036	0.0049	0.0064	0.0081	0.01	0.0225	0.04	0.0625	0.1369	0.25

Fuente: Rodríguez, 2008.

Procedimiento para determinar el tamaño de la muestra:

1.- Obtención del nivel de confianza (Z) deseado.

Nivel de confianza adoptado: 93% (equivalente a tener un margen de error del 7%). El valor de Z correspondiente es de 1.81.

2.- Características del problema investigado.

Sea “p”, la probabilidad efectiva de ocurrencia de un evento y “q”, la probabilidad de que tal evento no ocurra. La suma $p + q$ es invariablemente igual a la unidad (1).

Dadas las condiciones geológicas y ecoambientales la ciudad de Cúcuta, es altamente probable que los geomateriales arcillosos aflorantes o sean del Grupo Guayabo o sean de la Formación León. Escogiendo como área de estudio el sector oriental u occidental de la ciudad de Cúcuta, la probabilidad de que sea la Formación León aumenta; en consecuencia, se asume una probabilidad del 90% (p) de que las arcillas aflorantes en el sector de estudio sean de dicha

formación y una probabilidad del 10% de que no lo sean (q). De modo que $p + q = 0.90 + 0.10 = 1.0$.

3.- Grado de error (e) máximo aceptable en los resultados de la investigación. Se asume que varía en el rango $0\% < e \leq 10\%$. Se estimó que variaciones superiores al 10% reducen la validez de la información, razón por la cual el error máximo aceptable se tomó del 7%.

La ecuación 11 y 12 son válidas para estimar el tamaño de la muestra para determinadas condiciones.

$$h_s = \frac{z^2 x p x q}{e^2}$$

Ecuación 11. Tamaño de la muestra-Se desconoce la población.

$$h' = \frac{n_s}{1 + \frac{n_s - 1}{N}}$$

Ecuación 12. Tamaño de la muestra-Se conoce la población.

Se aplicó la ecuación 11 para estimar el tamaño de la muestra ya que se desconocía la población de estudio, según lo que se detalla en el subítem 3.3.1 del presente documento.

La ecuación 12 es válida para casos en que la población sí se conoce.

Siendo:

h_s : Tamaño de la muestra, si se desconoce la población o la población es exageradamente grande como para considerarla "infinita"

h' : Tamaño de la muestra corregida

N: Población

z : Valor del nivel de confianza deseado para un grado de certeza

e : Porcentaje de error aceptable

p : Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno

q : Probabilidad de no ocurrencia de un fenómeno

Para la presente investigación se requirió seleccionar una muestra de arcilla, de una población que estando claramente definida no es de fácil de cuantificar, por consiguiente, se estimó la muestra con la ecuación 11. (Ver tabla 6).

Tabla 6. Cálculo de la muestra

Parámetro	Descripción	Datos
Naturaleza de la formación geológica	Arcilla de la Formación León	Cuadrángulo Geológico G13 de Cúcuta
GC	Grado de confianza	93%
N	Población	Indefinida
E	Error	7%, para confiabilidad del 93%
Z	Nivel de confianza para el 93% de confiabilidad	1.81
P	Probabilidad a favor de encontrar arcillas de la formación León en el área evaluada	90%
Q	Probabilidad de no encontrar suelos que satisfagan la condición de ser de la formación León en la zona evaluada	10%
h_c	Tamaño de muestra para población infinita para una confiabilidad del 93% (aproximada al entero cercano)	61
h'	No corregido	

De esta manera se obtuvo que una cantidad representativa de muestra debería ser 61, pero para fines prácticos se aproximó a 62.

De los especímenes de la formación León, 18 fueron tomadas del barrio las Delicias, municipio de San José de Cúcuta; 18 fueron extraídas en el sector de los Cerezos, del anillo vial occidental del municipio de San José de Cúcuta y 26 fueron tomadas en el sector del barrio Bellavista, perteneciente al municipio de Los Patios.

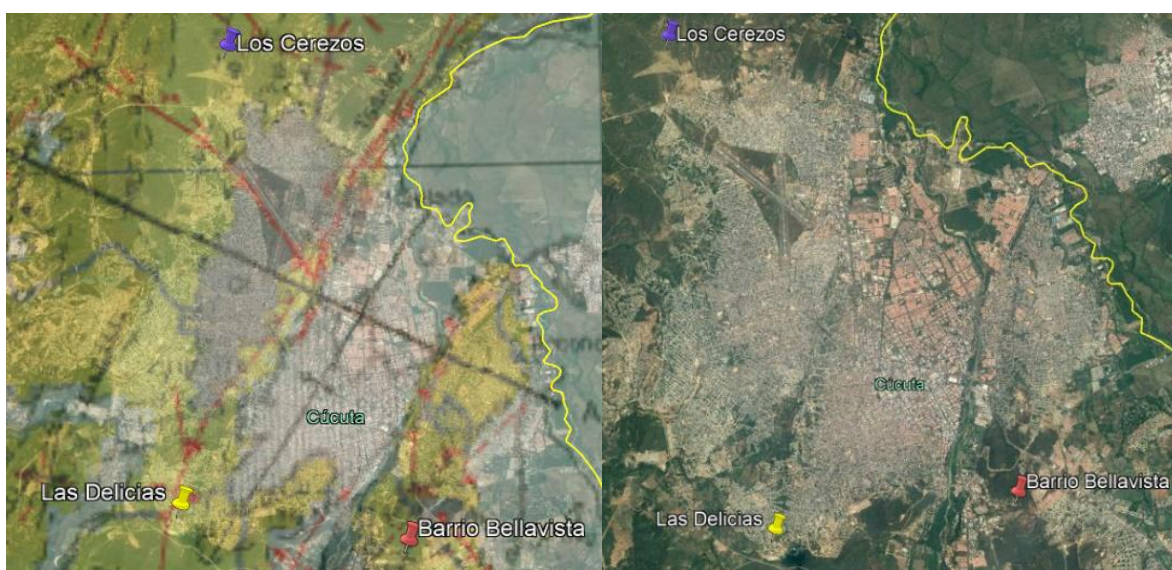


Figura 10. Ubicación de los sitios de muestreo en una superposición en Google Earth del cuadrángulo G-13

Fuente: INGEOMINAS, 1998.

3.4 Fases de la Investigación

3.4.1 Fase 1: Revisión documental. Esta fase fue transversal en la totalidad del proyecto, consistió en la revisión de documentación que ayudó a la construcción del marco referencial, del diseño metodológico, y de forma general, en la totalidad del presente documento.

Adicionalmente, la revisión de muchos proyectos de investigación a nivel de pregrado y posgrado presentes en la Biblioteca en línea de la Universidad Francisco de Paula Santander orientó a los autores a considerar aspectos que no se habían tomado en consideración en la elaboración del anteproyecto y que tenían mucha relevancia para la investigación.

Esta fase contribuyó enormemente a el desarrollo de pequeños productos tales como formatos para la recolección de datos en el laboratorio, debidamente modificados por los autores según se creyó más conveniente, hojas de cálculo en Microsoft Excel para clasificación de suelos finos en el sistema unificado de clasificación de suelos y en el sistema AASHTO.

3.4.2 Fase 2: Trabajo de campo. En esta etapa se encuentran contempladas las actividades de reconocimiento geológico, de selección y exploración de los frentes de extracción de los geomateriales y su posterior muestreo.

El ejercicio de campo fue realizado por los autores de la investigación en conjunto con el director de la misma.

3.4.3 Fase 3: Ejercicio de laboratorio. La caracterización de los geomateriales (natural y tratado) permitió precisar propiedades de plasticidad y clasificación mediante la realización de ensayos de laboratorio. Esta etapa consumió buena parte del tiempo dedicado a la investigación. Además de la preparación de las muestras del suelo natural, de la conminución del retal vidrio utilizado en las mezclas, de la ejecución en laboratorio de las mezclas diseñadas, de la revisión de las normas a aplicar, se realizaron las correspondientes pruebas de laboratorio.

En la realización de esta etapa surgieron varias preguntas sobre temas que podrían ser objeto de estudio para futuras investigaciones, las cuales se registran en este documento en el capítulo 7

“Recomendaciones”

3.4.4 Fase 4: Tarea de oficina. Las actividades propias de el planeamiento de las fases de campo y laboratorio, los cálculos, diseño de formatos, procesamiento de datos, discusión de resultados y redacción del informe final, entre otras, hacen parte de esta fase denominada “de oficina”.

Se procuró, avanzar en simultánea las fases de laboratorio y, de oficina (al menos en lo pertinente a digitalización y procesamiento de datos), con el objeto de ir decantando información válida para evaluar el comportamiento de las mezclas durante el proceso. Esta forma de trabajar facilitó la estructuración gradual del informe final.

3.4.5 Fase 5: Participación en eventos de investigación formativa. En concordancia con el reconocimiento de la importancia de la divulgación de las investigaciones y, de dar visibilidad al hacer investigativo de la Universidad Francisco de Paula Santander, desde el comienzo de la presente investigación se propuso participar en la mayor cantidad de eventos en los cuales se pudiera hacer divulgación de los avances de la misma, con el fin de generar retroalimentación por parte de pares externos, docentes y estudiantes, jurados evaluadores y asistentes a los diferentes eventos, de forma tal que el proyecto se lograra consolidar de la mejor manera.

En consecuencia, se participó en:

Sección Aula Investigativa del Grupo de Investigación GEOENERGÍA, realizada en las sesiones ordinarias semanales del susodicho (dos ejercicios de discusión).

Reunión del Nodo Norte de Santander, de Semilleros de Investigación, citados por la RedCOLSI, realizada en Pamplona; en este espacio, con un puntaje de 98 sobre 100 se ganó el

derecho a representar a la UFPS en el XXII Encuentro Nacional y XVI Internacional de Semilleros de Investigación, en Valledupar, este evento fue ejecutado entre los días 16 y 17 de mayo del año en curso.

II Semana de Ingeniería Civil, realizada entre los días 11 y 14 de junio del presente año, este evento fue realizado en la UFPS.

VI Jornadas Académicas de Geología, Geotecnia y Minería realizada los días 3 y 4 de octubre del presente año, evento realizado en instalaciones de la UFPS.

XXII Encuentro Nacional y XVI Internacional de Semilleros de Investigación, celebrado en Valledupar entre los días 8 y 12 de octubre; en este certamen, se presentaron 3444 proyectos en diferentes modalidades, en este evento se obtuvo un puntaje promedio superior a los 90 puntos sobre 100 posibles.

VI Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación UFPS – 2019, realizado entre los días 19 y 22 de noviembre en la UFPS.

De la información previamente mencionada se infiere que esta fase fue transversal a todo el ejercicio investigativo.

3.5 Planificación de Actividades

La ejecución del proyecto se realizó de conformidad con una hoja de ruta previamente planificada, en cuya concepción fue muy importante, las directrices del anteproyecto, las orientaciones de dirección, los aportes hallados en cada uno de los espacios en que se iba socializando resultados y, las sugerencias y criterios de decisión dados por el personal asistente del laboratorio de suelos civiles de la UFPS, todas orientadas a optimizar los tiempos de

ejecución de cada actividad. De esta manera se tomó en consideración el hecho de que el tamaño de la muestra a ensayar, define en gran medida la ruta crítica del proceso de caracterización, habida cuenta que determina el nivel de preparación de la misma para cada ensayo. Se aprende que, una actividad mal planificada representa pérdida de tiempo considerable, necesario en la realización de otras actividades concernientes a la ejecución del proyecto. En la figura 11 se detalla el diagrama de flujo que presenta todos los procesos realizados en el plan de trabajo.

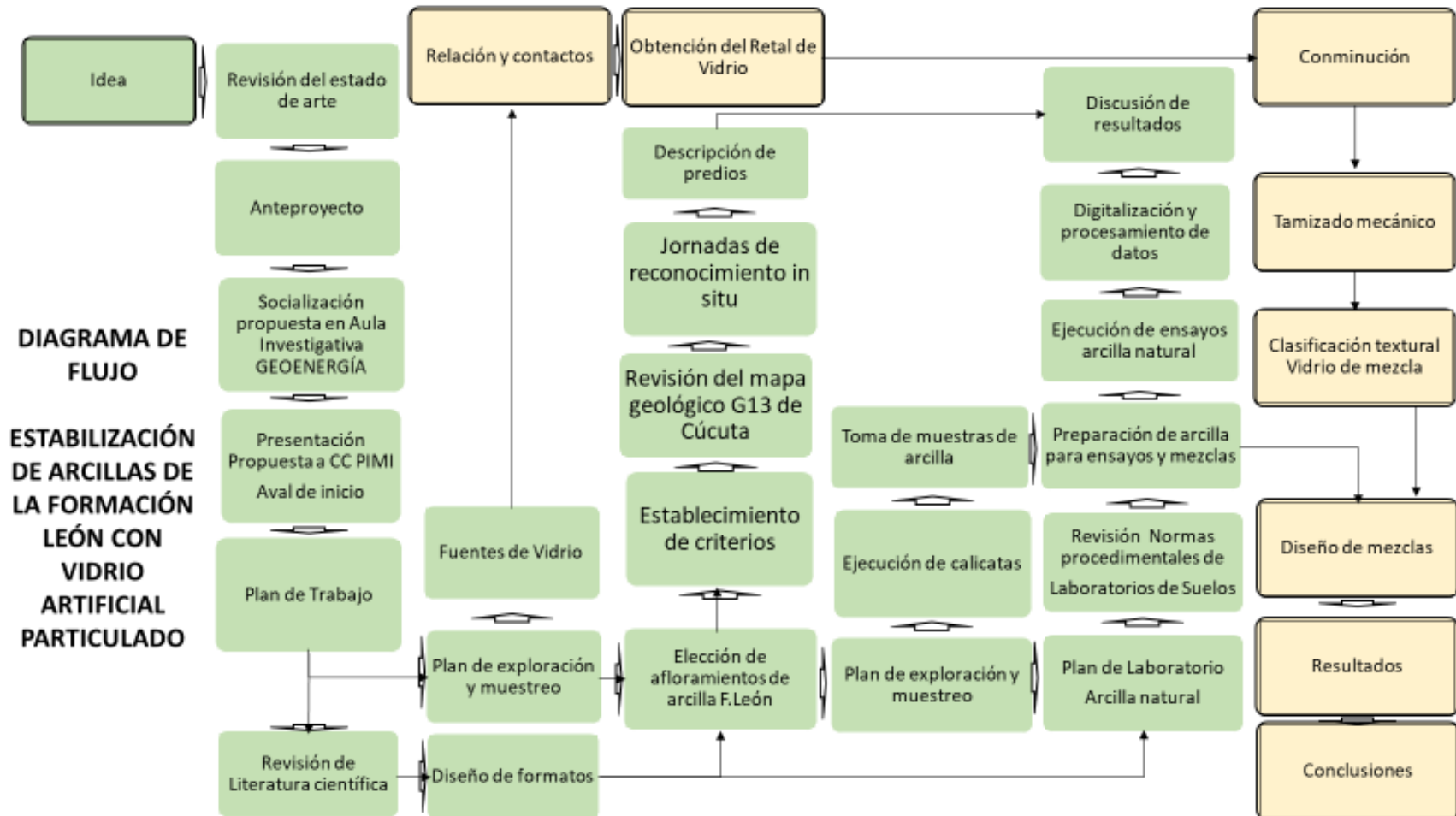


Figura 11. Plan de trabajo-Diagrama de flujo

De esta manera, la programación se hizo con base en el desglose de actividades necesarias para concretar los objetivos específicos, procurando definir una ruta crítica y estableciendo la prioridad de las actividades; algunas de las cuales fueron realizadas en simultaneidad y otras estableciendo el criterio lógico de precedencia.

A manera de ejemplo, en forma simultánea a la exposición de secado al aire de las muestras en condición natural, se practicó el proceso de conminución del retal de vidrio utilizando el molino de bolas del Laboratorio de Beneficio de Materiales de la UFPS y, su posterior tamizaje.

3.6 Diseño de Experimentos

El manejo estadístico de la información conllevó previamente un diseño experimental basado en la formulación de hipótesis, la realización de diseños de mezclas (dosificación suelo-aditivo) y, diseño de pruebas.

3.6.1 Hipótesis de trabajo en la investigación. Como se muestra a continuación:

3.6.1.1 Hipótesis nula. La hipótesis nula planteada es que las arcillas de la Formación León (objeto de evaluación) no generan cambios significativos en sus propiedades físico-mecánicas (plasticidad, actividad expansiva, densidad máxima seca, etcétera) cuando se mezclan (o tratan) con retal de vidrio de reciclaje y/o cuando las mezclas suelo-aditivo se realizan utilizando agua diferente al agua tratada.

3.6.1.2 Hipótesis alternativa. La hipótesis alternativa formulada considera que las arcillas de la Formación León (objeto de evaluación) modifican sus propiedades físico mecánicas cuando se mezclan (o tratan) con retal de vidrio de reciclaje y/o cuando las mezclas suelo-aditivo se realizan utilizando agua diferente al agua tratada (por ejemplo, el agua residual minera). Es decir, que el

tratamiento de las arcillas con vidrio y agua residual minera sí influye, de alguna forma, en las propiedades mencionadas en la hipótesis nula.

3.6.2 Diseño de mezclas suelo – aditivo. Como se muestra a continuación:

3.6.2.1 Consideraciones para definir criterios de dosificación. Las mezclas suelo-aditivo se concibieron en proporciones en peso de suelo seco. El porcentaje de cada ingrediente en la mezcla es dependiente multifactorial (tipo de geomaterial, propiedades composicionales de cada sustancia, tipo de aditivo, textura y estructura de cada material, humedad de cada componente, etcétera).

Investigaciones previas sobre comportamiento mecánico o físico de mezclas suelo (arcilla) – aditivo (cemento, cal, polvo de ladrillo, cenizas de carbón, colas de roca fosfórica, etcétera) realizaron diseños de mezclas con diferentes proporciones de material aglutinante.

Salvo los materiales orgánicos (capa de suelo vegetal), la mayoría de los suelos pueden potencialmente mejorar sus propiedades físicas e índices mediante mezclas con un aglutinante. Dependiendo de la naturaleza del suelo a estabilizar y, del aglutinante o del material complemento usado, se tendrá un determinado resultado, que puede o no estar próximo a lo esperado. Así, por ejemplo, en la fabricación de mezclas suelo-cemento se busca que el material resultante sea, no solo de buena calidad, sino también que demande consumo mínimo de cemento. De conformidad con la demanda de cemento estabilizante, los suelos son considerados aptos para elaborar mezclas suelo-cemento cuando los consumos de cemento en peso se encuentren entre 5 y 12% con respecto al peso del suelo y, la trabajabilidad sea tal que posibilite la producción de los productos a fabricar.

Las mezclas de los denominados suelo “apto” - cemento son de calidad si son estables en la contracción, absorben el agua adecuada y alcanzan buena resistencia en tiempos cortos.

Usualmente, se consideran suelos aptos las masas térreas que tienen una granulometría abierta, (sin que exista en tales masas un tamaño de partícula dominante) y, que exhiben un grado de plasticidad que aporta una determinada cohesión a la mezcla. Tales suelos son trabajables, presentan características de aislamiento térmico sin generar agrietamientos por contracción.

Algunos investigadores han señalado que al fabricar mezclas suelo-aditivo, utilizando materiales de textura muy fina (cales, cementos, colas de roca fosfórica, etcétera), con participaciones del aditivo superiores al 10%, además de resultar costosas, empiezan a dar resultados adversos.

Otra solución de estabilización puesta en práctica ha sido la mezcla de suelos especialmente cuando se trata de hacer sustituciones en sitios que registran suelos expansivos. Empíricamente ha sido indicado que en los casos en que capas de suelos granulares arenosos mal gradados con finos combinados entre el 5 y el 12%, con espesor igual o superior a 1.5m, que yacen sobre suelos expansivos, no suelen presentar problemas de inestabilidad para las cimentaciones apoyadas sobre ellos.

Esta observación llevó a algunos investigadores a sugerir el diseño de mezclas de suelos finos hiperactivos (arcillas) con suelos granulares (gravas y arenas) como materiales de sustitución de suelos en sitios que presentan problemas de expansividad. Se supone que el suelo adicionado a la arcilla, que potencialmente reducirá su poder expansivo debe ser granular y que, de tener éste algún porcentaje de finos arcillosos, tales no debieran ser expansivos. Igualmente, el “suelo reductor de la expansividad” no debiera ser arenas y gravas con contenido de finos menores al

5%, cuando el suelo a sustituir yace sobre un estrato de arcilla expansiva, debido a que los sedimentos granulares limpios registran alta permeabilidad y facilitan que el agua percole a través de la masa y alcance el suelo expansivo subyacente. Tampoco debieran ser suelos granulares con contenidos de arcilla superiores al 12%, debido a que tales sedimentos finos exhiben plasticidad y algún grado de actividad volumétrica. Consecuentemente, las mezclas arcilla-suelo granular, registran mejores resultados cuando los suelos granulares usados son de transición (porcentaje de finos combinados presentes en la masa granular está entre el 5 y 12%). La literatura académica propone usar como suelos granulares para la elaboración de mezclas con arcilla, los que satisfagan las condiciones sugeridas en la tabla 7 (Patrone & Prefumo, 2005). (sin embargo, difícilmente se tiene en la naturaleza un suelo que cumpla tales condiciones).

Tabla 7. Recomendaciones sugeridas por investigadores para diseño de mezclas de suelo

Límite Líquido (%)	Porcentaje de finos combinados presentes en el suelo granular
Mayor a 50	15-30
Entre 30 y 50	10 -40
Menor a 30	5 - 50

Fuente: Patrone, & Prefumo, s.f.

En general, las mezclas de arcilla –suelo granular (generalmente arena), parecen dar mejores resultados cuando el material adicionado varía en el rango de 10 al 30%, naturalmente dependiendo de la naturaleza expansiva de la arcilla. En la práctica, no parece razonable utilizar porcentajes superiores debido a los costos y a la dificultad que conlleva mezclas con mayores dosificaciones.

Por otra parte, en México han sido fabricados ladrillos haciendo mezclas de arcilla y vidrio artificial triturado, en concentraciones de 0 a 15%. Los resultados muestran que las mezclas de

arcilla con 5 al 15% de vidrio, revelaron un aumento de la porosidad del producto con respecto al suelo natural y, consecuentemente, una reducción de la resistencia mecánica y un incremento en el porcentaje de absorción de agua. Así mismo, la composición con 15 % de vidrio registró una microestructura más compacta, una resistencia a la compresión más alta y un porcentaje de absorción de agua más bajo que las mezclas con 5 y 10 % del material inerte.

3.6.2.2 Criterios de dosificación adoptados para el diseño de mezclas suelo-vidrio. Con base en las consideraciones previas se asocia el vidrio triturado a un material particulado de tipo arenoso y, por consiguiente, puede ser aplicable la dosificación practicada en las mezclas arcilla-arena utilizadas en el ejercicio ingenieril de sustitución de suelos expansivos o mejoramiento de subrasantes.

Se hicieron pruebas piloto mezclando arcilla de la formación León con vidrio triturado y, se evaluaron las propiedades de plasticidad de las mezclas, observando que tales propiedades empiezan a mostrar variación apreciable cuando el porcentaje de vidrio es igual o superior al 15%.

Se tomaron dos porcentajes de vidrio para ser usados en las mezclas (15 y 20%) debido a que concentraciones mayores de material inerte conlleva mayores requerimientos de retal de vidrio, mayor consumo de tiempo y, naturalmente, mayores costos. Además, como es expuesto en la revisión de literatura, mayores concentraciones de material de mezcla (vidrio en este caso) resulta costoso e impráctico.

De esta manera, se conformaron las mezclas indicadas en la Tabla 8.

Tabla 8. Dosificación de mezclas suelo-aditivo

Mezclas (porcentaje en peso)			
Mezclas arcilla-vidrio – agua tratada		Mezcla arcilla-vidrio -agua residual minera	
85% de arcilla + 15% de vidrio	80% de arcilla + 20% de vidrio	85% de arcilla + 15% de vidrio	80% de arcilla + 20% de vidrio

3.6.3 Diseño experimental totalmente aleatorizado (experimento de un solo factor). El diseño de experimentos contemplado fue de índole aleatorizado, en el que se resalta un solo factor de tratamiento, que para el caso en cuestión, será el vidrio de reciclaje, este factor a sus vez tuvo diferentes niveles según sea el caso de análisis, por ejemplo, para el caso del manejo de la expansividad el factor (vidrio) tuvo dos (2) niveles, dados por el 15% y el 20% de vidrio, y, para el tratamiento de la plasticidad, se trabajaron cuatro (4) niveles: T1 (15% de vidrio + agua potable); T2 (20% de vidrio + agua potable); T3 (15% de vidrio + agua residual minera); T4 (20% de vidrio + agua residual minera).

Estos últimos cuatro (4) tratamientos utilizados en la plasticidad, también fueron utilizados para la evaluación de la relación densidad-humedad, aunque a este aspecto no se le realizó manejo estadístico.

3.7 Fuentes de Consulta de Información

3.7.1 Fuentes primarias. La información, de índole primaria, corresponde a la captada por los autores de la investigación, en campo y, en laboratorio, tanto al material, como al aditivo y, a las mezclas suelo-aditivo.

3.7.2 Fuentes secundarias. Las fuentes de consulta secundaria dan referentes y base teórica necesaria en la tarea de direccionar nuevas investigaciones o de apropiar pruebas normalizadas de laboratorio. En esta investigación, las fuentes secundarias están conformadas por los antecedentes, estudios y caracterizaciones realizados a suelos finos cohesivos, a arcillas de la Formación León, a las mezclas suelo-aditivo, al estudio de vidrio de reciclaje como elemento estabilizante, al empleo del agua residual minera u otras sustancias como fluidos de mezclas suelo-aditivo.

3.8 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos

Se realizaron tablas y gráficas, en lenguaje de Microsoft Excel, con el fin de dar unidad documental a los datos, facilitar su procesamiento y observar, de manera visual, el comportamiento de los resultados.

Adicionalmente, la información generada fue analizada mediante el uso del software R. Mediante el análisis estadístico se logró determinar que los tratamientos con vidrio, independientemente de que se use agua tratada o agua residual minera sí son significativos en las propiedades que determinan la plasticidad y expansividad.

Teóricamente, para que las réplicas de cada ensayo tengan validez, deben efectuarse todas bajo unas mismas condiciones, de lo contrario, no se podría aseverar que los resultados sean fidedignos. Se resalta el hecho de que, el análisis estadístico se realizó a las propiedades que involucran plasticidad y expansividad.

En la presente investigación no se hizo dicho análisis a la relación densidad-humedad, en razón a que exige un número importante de datos y, el tamaño de la muestra requerida para hacer

la prueba de compactación modificada, limitó el número de muestras sometidas a la prueba de compactación (Proctor modificado) y, al alto número de muestras, consume alto tiempo y tal comprobación se salía de los objetivos fundamentales del proyecto.

La información procesada en el software R se puede consultar en el Anexo 1.

4. Desarrollo de la Investigación

4.1 Selección de la Fuente de Arcilla de la Formación León

La selección de las fuentes de materia prima (arcilla de la Formación León) para la toma de muestras, siguió el procedimiento aquí expuesto:

Revisión del mapa geológico G13 de Cúcuta e identificación en dicho plano de los afloramientos de arcilla de la Formación León (Oviedo, 2016).

Evaluación de acceso, condiciones de uso y dominio de tierras de tales afloramientos.

Selección sobre el plano de algunos sitios de afloramiento de las arcillas de la F. León, tomando en cuenta: i. que las áreas estuvieran contempladas en el plan de ordenamiento territorial del 2011 de la ciudad de Cúcuta como zonas de actividad residencial, o, que en su defecto fuesen zonas de expansión urbana integral; ii. Que el sector no estuviera viviendo una situación de orden público.

Reconocimiento in situ de los predios arcillosos seleccionados como potenciales fuentes de préstamo

Descripción de la zona de préstamo, durante jornadas de campo realizadas con el acompañamiento del director del proyecto.

4.2 Caracterización y Clasificación Geotécnica de las Arcillas, Sujeto de Estudio

En el Anexo 2, se encuentra una tabla de resumen que sintetiza algunas de las propiedades determinadas a partir de la experimentación de las muestras por cada sector. En este texto, por caracterización de la arcilla se entiende la determinación, mediante pruebas de laboratorio y/o

campo, de las propiedades físicas, índices, mecánicas o de otra índole que tienen tales materiales. Se trata de una actividad previa a la clasificación de los suelos, independientemente del sistema en que se realice (unificado, AASHTO, textural, etcétera).

La caracterización de las arcillas, basada en ensayos, está precedida por las operaciones de muestreo, lo cual sugiere la ejecución de sondeos exploratorios con captación de geomaterial. En este proyecto, la exploración conllevó la ejecución de sondeos exploratorios tipo calicata o canal, hechos manualmente y, la toma manual de muestras alteradas.

4.2.1 Sondeos y toma de muestras. Se realizaron treinta y cinco (35) calicatas (excavaciones poco profundas), distribuidas según se indica en la Tabla 9.

Tabla 9. Descripción del trabajo de campo realizado

Sitio de muestreo	Geoforma	Número de excavaciones exploratorias	Descripción	Área (Ha)	Número de muestras
Barrio Las Delicias	Mixta Explanación Taludes	6	2 calicatas sobre terreno plano 4 canaletas sobre suelo expuesto en plano vertical	0.95	18
Barrio Los Cerezos	Explanación	18	Calicatas	8.3	18
Barrio Bellavista. (Los Patios)	Terraceo	11	Calicatas		26

4.2.1.1 Fuente 1: Barrio Las Delicias. Este conglomerado urbano se sitúa en la ciudadela Belén, parte baja, en inmediaciones del anillo vial occidental, ingresando por el sector La Divina Pastora. El predio de muestreo, de aproximadamente 0.95 hectáreas se localiza aproximadamente

a 320 m.s.n.m, está explanado y, limitado perimetralmente por colinas de baja altura, las cuales muestran procesos de denudación focalizados. En el sector existen edificaciones de bajas especificaciones, construidos con un amplio espectro de materiales (madera, zinc, ladrillo, teja de asbesto-cemento, concreto). En la proximidad al lote se ha desarrollado el conjunto residencial Hibiscos, que consta de 35 torres de cinco (5) pisos cada una, erigidas mediante sistema estructural tipo industrializado. En las áreas de pendiente que circunvalan el predio explanado se aprecia erosión hídrica con geometría de carcavamiento vertical, además de erosión antrópica (causado por procesos constructivos y actividad de cría de semovientes).

Superficialmente, los sedimentos corresponden a arcillolitas, en condición seca, meteorizadas de la Formación León, abigarradas (amplio espectro de colores, con predominio de los tonos pardo grisáceo a verduzco con pigmentos de oxidación), en el momento de la visita a campo el material luce seco, friable, abigarrado y terronado.

En el sitio de muestreo, la capa de suelo más externa presentaba grietas de desecación, con diferente orientación y profundidad. La vegetación del lugar es de tipo xerofítica (arbustácea, leñosa y de tallo delgado), con presencia de cactáceas. En el predio se aprecian, en forma esparcida por procesos gravitacionales o antrópicos, cantos y bloques de diferente diámetro, redondeados de arenisca, propios del complejo cuaternario de cantos y limos rubificados que conforman terrazas antiguas, que cubren un amplio sector de Belén y el Carmen de Tonchalá. En el lote evaluado, dicha capa fue removida casi en su totalidad, de manera que los cantos esparcidos provienen de esa capa superficial cuaternaria, casi ausente en la zona. Un caño situado en el costado oriental del lote corre de norte a sur y recoge las aguas lluvias y negras para posteriormente entregarlas a caños naturales en el sitio denominado El Rodeo. El sector perimetral al lote del proyecto, el cual se encuentra parcialmente poblado de manera formal e

informal, registra vegetación cultural (sembrada por el hombre), especialmente de sombra y algunos de pancoger. Las dieciocho (18) muestras tomadas en este sector, se extrajeron de seis sondeos [cuatro (4) canaletas abiertas a 0.5m de profundidad sobre las áreas de talud y, dos (2) calicatas excavadas en terreno plano]. La longitud de la canaleta (corona a pie) fue dividida por tramos de 0.5m y las muestras de tipo integral alteradas correspondieron al suelo escarificado y captado en cada tramo de 0.5m. La figura 12, ilustra la zona de exploración y muestreo en el barrio Las Delicias, San José de Cúcuta, Norte de Santander.

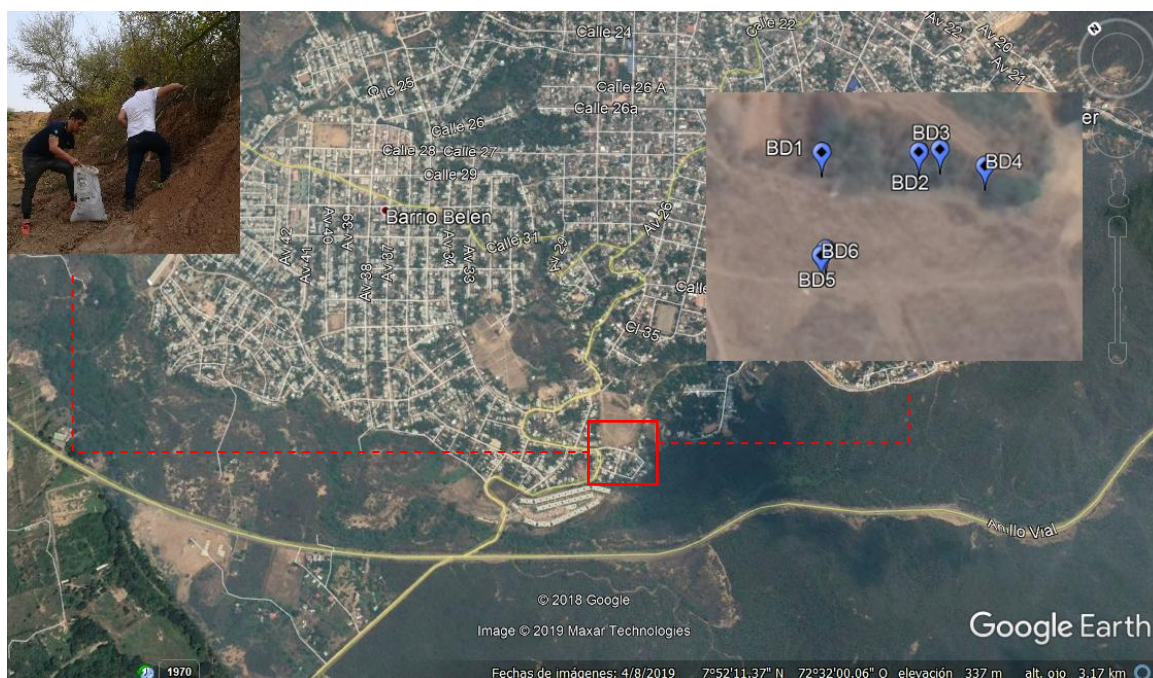


Figura 12. Área de extracción de muestras en las Delicias, San José de Cúcuta.

Fuente: Google Earth, s.f.

La figura 13 muestra un perfil litológico del terreno, caracterizado por una delgada capa de material misceláneo de tipo transportado (gravitacionalmente y por acción antrópica), que yace sobre las arcillas de la Formación León, cuyo techo es indicado por el nivel 0.00 m.

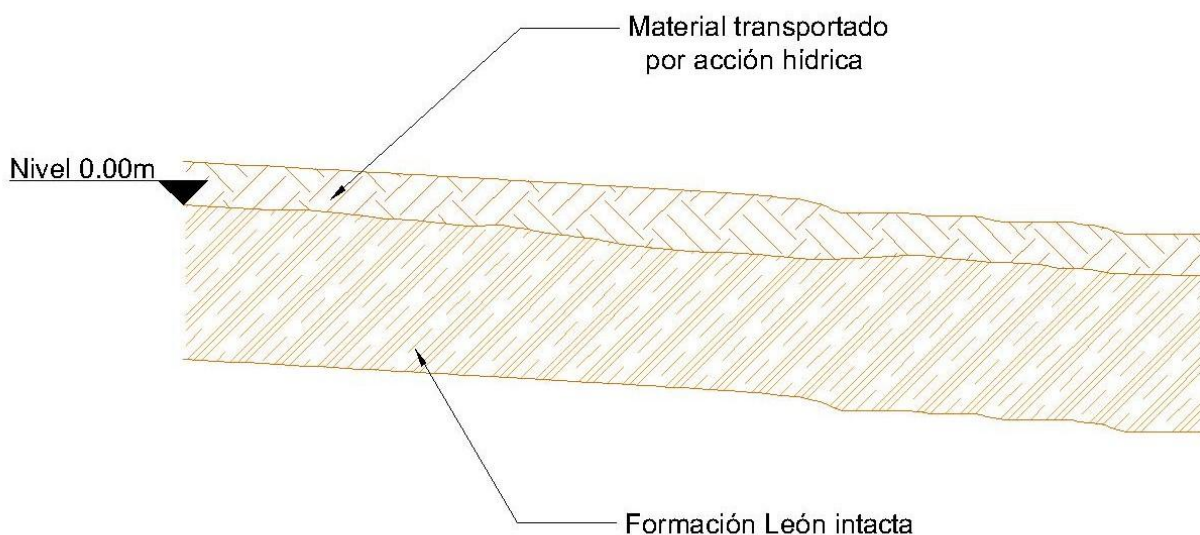


Figura 13. Perfil litológico del corte hecho sobre taludes conformados en afloramientos de la Formación León, en el barrio Las Delicias, Cúcuta, Colombia

La figura 13 ilustra la configuración de la explanación del terreno sobre el cual se hizo la toma de muestras. Por su parte, las fotografías indicadas como Figuras 14 a 19, detalla aspectos del predio evaluado como fuente de préstamo. En la figura 15 se aprecia la geoforma en pendiente mostrando bloques redondeados meteorizados de arenisca, dispersos sobre superficie del terreno, el cual está revestido de escasa vegetación de tipo xerofítica (arbuscácea, leñosa, de baja altura). La figura 16 ilustra rasgos erosivos, típicos de acción hídrica, configurando principalmente un sistema de drenaje de tipo paralelo. La figura 17 muestra la canaleta vertical exploratoria, que revela la estructura microlaminada de la Formación León, su condición seca y friable y su carácter abigarrado. Por su parte, la figura 18 enseña una discontinuidad del terreno (grieta de desecación producida por pérdida de humedad del suelo), abierta, sin relleno superficial visible, con abertura muy ancha y textura ondulada rugosa. La figura 19 capta momentos del muestreo y toma de pesos iniciales de las muestras in situ, necesarios para la determinación del

contenido de humedad



Figura 14. Lote del proyecto, sector Las Delicias, Cúcuta, Colombia



Figura 15. Vegetación xerofítica y cactácea, sector Las Delicias



a. Área del predio evaluado

b. Carreteable de acceso

Figura 16. Erosión por surco y cárcavamiento evidenciable en el carreteable de acceso (figura 16b) y en el lote del proyecto (figura 16a), sector Las Delicias, Cúcuta, Colombia., donde, además de las cavidades causadas por erosión se aprecian excavaciones hechas antrópicamente



Figura 17. Sondeo tipo canaleta



Figura 18. Grietas de desecación en el terreno



Figura 19. Llenado de costales con muestras y toma de humedades en campo, sector Las Delicias

4.2.1.2 Fuente 2. Sector Los Cerezos. El sector “Los Cerezos” está ubicado en inmediaciones del anillo vial occidental, a 290 m.s.n.m, aproximadamente y, se accede al predio (de aproximadamente 8.3 hectáreas) a través de un carretable de bajas especificaciones derivado de la arteria vial. El sector fuente dista de la vía principal unos 950 m. Se trata de un terreno plano que registraba, al momento de la exploración, trabajos de adecuación y urbanismo.

Fueron practicadas dieciocho (18) calicatas a profundidad promedio de cincuenta (50) centímetros. Características observables en esta fuente fueron la alta densidad de grietas de desecación abiertas, configurando superficialmente textura de piel de cocodrilo, la alta concentración de sulfato de calcio (yeso) laminar interestratificado y esparcido sobre la superficie, la vegetación xerofítica y cactácea presente en las áreas aledañas al predio de muestreo. Retirado el material suelto superficial se localizó la litología típica de las Formación León, compuesta por un sistema microestratificado de arcillas abigarradas, con lentes de yeso inter lámina. Al momento de la exploración, las condiciones ambientales reinantes fueron de clima seco, con alto brillo solar. Las figuras 20 a 23 ilustran fotografías descriptivas del área

investigada. La figura 20 enseña el predio evaluado, en la cual se aprecia su geometría plana y el carácter de la vegetación existente. La figura 21 muestra dos calicatas exploratorias básicas para el proceso de sondeo que, revelan una capa de material suelto removido de textura variada, transportado, dispuesto a manera de cubierta yaciendo sobre las arcillas de la Formación León, la cual se encuentra a poca profundidad. La figura 22. A. ilustra un lente de yeso (sulfato de calcio) interlaminado entre capas de arcilla y, B. captó un momento de pesaje in situ de la muestra para determinación de humedad. La figura 23 corresponde a una sección de la imagen satelital Google Earth del sector occidental, en el área metropolitana de Cúcuta, sobre la cual se han sobrepuesto fotografía del predio evaluado



Figura 20. Lote, sector los Cerezos



Figura 21. Sondeos tipo calicata, sector Los Cerezos



Figura 22. Yeso encapsulado y toma de datos en campo para ensayo de humedad, sector los Cerezos



Figura 23. Área de extracción de muestras, sector Los Cerezos

Fuente: Google Earth, s.f.

4.2.1.3 Fuente 3: Barrio Bellavista. El sector tomado como fuente 3, pertenece al Barrio Bellavista del municipio de Los Patios, Norte de Santander, al cual se accede desde Cúcuta, por las calles derivadas del sistema vial de Cúcuta, a la altura de Pinar del Río.

El lote de muestreo presentaba, al momento de exploración, trabajos de explanación y adecuación para obras de urbanismo propias del proyecto de construcción del conjunto residencial Bosque Alto.

La geomorfología de lomerío del sector ha sido terraceada; cortes artificiales estos que permiten evidenciar la presencia de las arcillas de la Formación León (un sedimento fino, microlaminado, abigarrado, oxidado superficialmente y, con presencia de lentes de yeso

interlaminado en cantidad considerablemente alta). El geomaterial, al momento de la exploración, presentó alta concentración de humedad, fisuración, fuerte diaclasamiento y características friables al desconfinarse. Al desconfinarse, el material pierde totalmente la estructura y se expande perpendicularmente a las capas de sedimentación. El carácter abigarrado de la arcilla le muestra con un alto espectro de colores, desde el color negro por oxidación y presencia de materia orgánica, pasando por los colores rojizos, verdes, grises y, hasta los tonos blancos que dejan los lentes de yeso y de calcita, visibles en el afloramiento.

Fueron ejecutados 11 calicatas exploratorias (6, en la terraza inferior y 5, en la terraza superior) y extraídas 26 muestras. Las Figuras 24 a 27 presentan fotografías del lugar explorado. La figura 24 corresponde a una imagen satelital Google Earth del sector Bellavista y, sobre ella se han sobrepuesto imágenes del terraceo y, localización de los sondeos.



Figura 24. Área de extracción de muestras en Bellavista, Los Patios

Fuente: Google Earth, s.f.

La figura 25 ilustra la explanación hecha para desarrollo de la nueva urbanización, alterando (remoldeo y compactación) por acondicionamiento del terreno, el geomaterial arcilloso. En dicha toma se aprecia un momento del proceso de muestreo. La figura 26 ilustra un corte artificial de la arcillolita abigarrada de la Formación León. En la toma fotográfica se observa, además del plano de estratificación la configuración blocosa de la arcillolita, definida por el sistema de diaclasas. Por su parte, la figura 27 enseña los lentes de yeso interlaminar, propio de las arcillolitas de la F. León.



Figura 25. Fuente 3 de muestreo: sector Bellavista, Los Patios, N.S

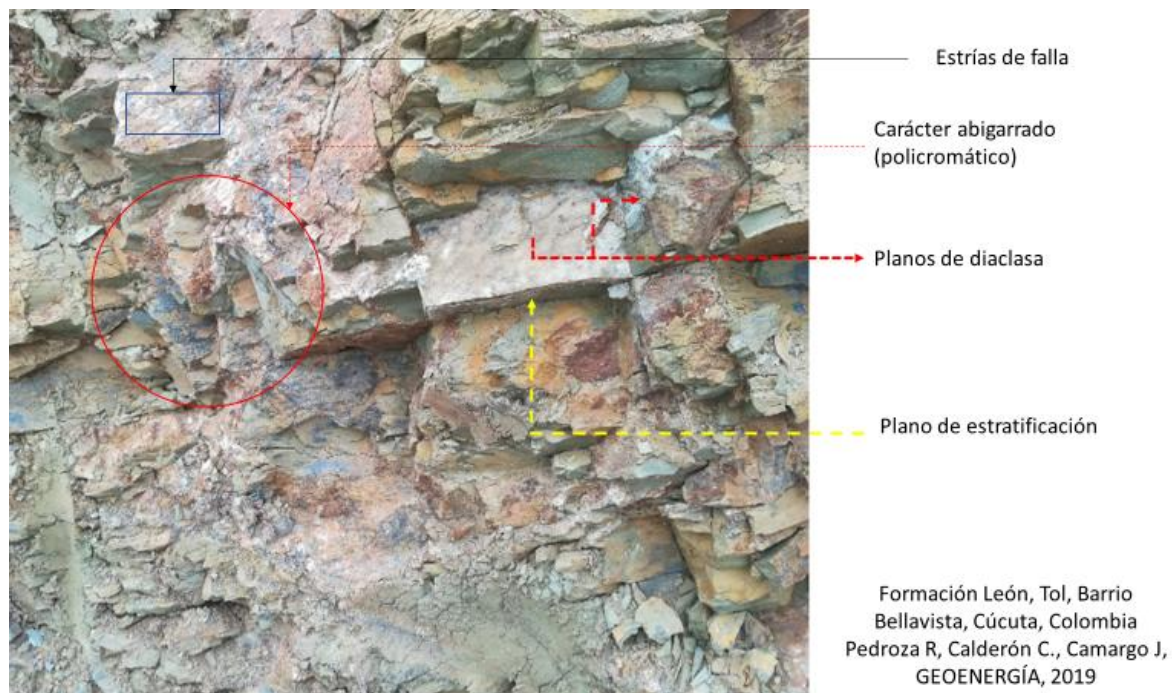


Figura 26. Corte del macizo rocoso de arcillolitas terciarias, abigarradas, de la F. León., en condición de alta meteorización y fracturación



Figura 27. Yeso presente en la Formación León, sector Bellavista

4.2.2 Preparación de muestras y ejecución de ensayos para clasificación geotécnica. Las pruebas de mecánica de suelos realizadas (Contenido de humedad, Granulometría, Límite

líquido, Límite plástico, Índice de expansión libre, Gravedad específica, Proctor modificado, entre otros) siguieron los procedimientos establecidos en las normas INVÍAS, señaladas en la Tabla 10. Su ejecución fue materializada en el laboratorio de suelos civiles de la Facultad de Ingeniería de la UFPS.

Tabla 10. Normas de procedimientos de pruebas de laboratorio de suelos

Prueba	INVIAS
Contenido de humedad	E – 122 – 13.
Granulometría	E – 123 – 13
Límite Líquido	E – 125 – 13
Límite Plástico	E – 126 – 13
Límite de Contracción Peso Unitario	Determinado en forma teórica
Gravedad específica	E – 128 – 13

4.2.2.1 Contenido de humedad. Prácticamente el equipo esencial consistió de balanza portátil, con resolución 0.1 gramo y, horno eléctrico. Ver figura 28. Las pruebas de humedad tuvieron las características generales indicadas en la Tabla 11.

Tabla 11. Aspectos determinantes en la obtención del porcentaje de humedad

Norma	Masas iniciales de la muestra húmeda	Masa de la muestra seca	Material de los recipientes	Número de pruebas por muestra	Número de muestras ensayadas
INVIAS E – 122 – 13.	Tomadas en campo	Con horno eléctrico, en laboratorio de la UFPS	de vidrio	3	186

El procesamiento de los datos se realizó con Hoja Excel. La rutina utilizada requirió como Datos de entrada: el número de identificación y peso del recipiente; el peso del recipiente más la muestra húmeda y, el peso del recipiente de la muestra seca. Los datos y resultados se presentan en tablas y gráficas. (Ver anexo 3)



Figura 28. Determinación de humedad

La tabla 12 condensa las humedades promedio obtenidas para la totalidad de las muestras.

Tabla 12. Porcentajes de humedad

Número de Muestra	Porcentaje de Humedad	Número de Muestra	Porcentaje de Humedad
1	6,16	32	10,99
2	7,54	33	10,65
3	8,76	34	10,85
4	8,84	35	11,78
5	6,92	36	9,78
6	8,20	37	19,43
7	7,53	38	19,62
8	7,99	39	17,78
9	7,31	40	22,95
10	8,56	41	19,02
11	9,16	42	12,70

Número de Muestra	Porcentaje de Humedad	Número de Muestra	Porcentaje de Humedad
12	11,09	43	13,27
13	7,31	44	12,85
14	8,77	45	14,52
15	10,52	46	17,74
16	10,25	47	19,18
17	9,93	48	11,97
18	8,00	49	17,52
19	12,94	50	10,42
20	11,61	51	14,40
21	9,84	52	12,76
22	10,24	53	18,06
23	10,63	54	11,29
24	10,15	55	12,79
25	11,99	56	13,17
26	12,53	57	9,39
27	10,86	58	10,99
28	11,47	59	13,94
29	11,05	60	10,99
30	9,83	61	10,99
31	11,44	62	10,04

La **Figura 29**, sintetiza el valor de la humedad para cada muestra recolectada.

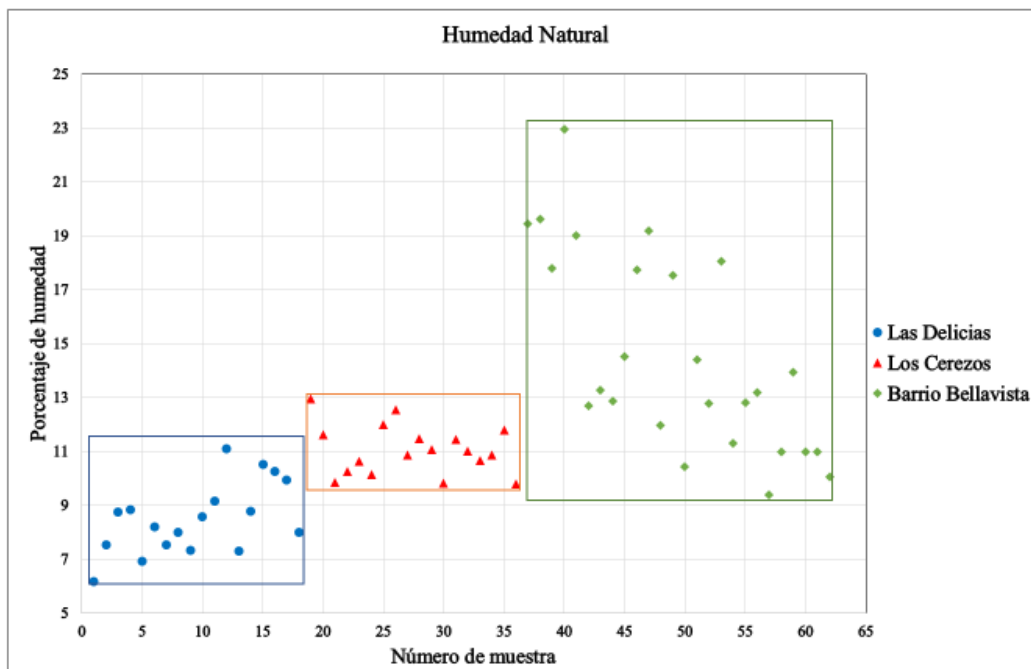


Figura 29. Humedad Natural

Se aprecia que las muestras de la Fuente 1 registraron un contenido de humedad variando en el rango $5\% < w < 12\%$, con promedio de 8,49%. Las muestras de la Fuente 2 (Los Cerezos) exhibieron un contenido de humedad oscilando en el rango $9\% < w < 13\%$, con promedio de 11,04%. Las muestras de la Fuente 3 (Bellavista) revelaron un contenido de humedad oscilando en el rango $9\% < w < 23\%$, con promedio de 14,53%.

Siendo el contenido de humedad una propiedad de estado fuertemente dependiente de las condiciones climáticas reinantes al momento del muestreo, se puede colegir que las épocas en que se hizo esta operación fueron diferente en cada ejercicio para cada sitio. Las muestras de la Fuente 1 (Las Delicias) presentaron menores humedades y las muestras de la Fuente 3 (Bellavista) enseñaron los mayores valores de esta variable. Se aprecia que la Fuente 1 (Delicias) con menores humedades es, de los tres sitios de muestreo, el que está situado topográficamente

más bajo y, la cota de ubicación de la Fuente 3 (Bellavista), resulta ser el punto de muestreo de mayor cota topográfica.

Dada la geomorfología de cada sitio, la densidad de la cubierta vegetal, las condiciones de topografía, el nivel de desarrollo urbano y, la distancia relativa entre cada sector, es altamente probable que las condiciones de precipitación y de brillo solar, reinante en cada sitio sean sensiblemente diferentes.

Los formatos de contenido de humedad se podrán consultar en el Anexo 3.

4.2.2.2 Transporte de las muestras. Las muestras extraídas de cada sitio fueron embaladas en costales debidamente rotulados y, almacenadas en áreas próximas a cada sitio de muestreo. Como fue observado en líneas previas, el pesaje de las muestras en condición natural se realizó in situ, inmediatamente fueron extraídas; de esta manera, no hubo problema con los tiempos transcurridos desde el muestreo y su correspondiente traslado al laboratorio para proceder al secado al horno y realizar el plan de ensayos.

El día 21 de abril del 2019, en horas de la mañana, se transportaron la totalidad de las muestras de los tres sitios, cuyo pesaje en báscula estuvo próximo a las 3.3 toneladas, al laboratorio de suelos de la UFPS; operación realizada en un vehículo apropiado (volqueta). La localización de las fuentes de préstamo (Las Delicias, en la ciudadela Belén, al sur occidente de la ciudad de Cúcuta; Los Cerezos, en el costado occidental del anillo occidental de Cúcuta y Bellavista, Los Patios, en el sector sur oriental de la ciudad capital), configuran un polígono triangular, como se aprecia en la Figura 30.



Figura 30. Localización relativa de los tres sitios fuente de préstamo

Las muestras fueron recogidas y fletadas hacia la UFPS siguiendo una ruta en sentido contrario a las manecillas del reloj, iniciando en el sector Las Delicias y, concluyendo en Los Cerezos, para luego trasladar el material a la UFPS.

La figura 31 ilustra la colocación de las muestras en el vehículo que las transportó al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander.



Figura 31. Transporte de las muestras al laboratorio de la UFPS

4.2.2.3 Secado de las muestras. De conformidad con la normatividad INVIAS se hizo el secado de las muestras al aire libre. Un promedio de dos días tardó cada muestra en adquirir condiciones secas, mediante acción eólica y solar.



Figura 32. Secado de las muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio

4.2.2.4 Tamizado de las muestras. De cada muestra de geomaterial por fuente se seleccionaron las submuestras para los ensayos de Límites de Atterberg, índice de expansión libre y, de compactación Proctor modificado; para las dos primeras pruebas nombradas se hizo el tamizado sobre la malla 40 y, para el último de los ensayos citados, el material de prueba correspondió al que pasa el tamiz 4. La figura 33 presenta la textura obtenida de una muestra tipo, producto del proceso de disgregación y tamizado.



Figura 33. Textura de la arcilla, producto de procesos de disgregación y tamizado

4.2.2.5 Límite líquido. La determinación de este valor de humedad fue practicada a sesenta y dos (62) muestras. Los valores resultantes variaron entre 39.53% y 66.57%, cifras estas que sugieren que las arcillas tienen una compresibilidad media a alta. La tabla 13 contiene los datos obtenidos de límite líquido para la totalidad de las muestras y la **Figura 34** ilustra la concentración de valores por fuente.

El procesamiento de la información fue realizado utilizando una rutina Excel que establece, adicionalmente, la clasificación correspondiente en los sistemas unificado y AASHTO, sistema éste que incluye el cálculo del índice de grupo. (Ver Anexo 4).

4.2.2.6 Límite plástico. Fueron realizadas un total de sesenta y dos (62) pruebas de Límite Plástico cuyos valores oscilaron entre 18.27 y 27.15%. (Ver Anexo 4).

La tabla 14 contiene la totalidad de los valores hallados del LP y, la **Figura 35** revela la distribución de valores para las tres fuentes.

La figura 35 muestra un registro fotográfico de momentos puntuales durante la ejecución de las pruebas de límite líquido y plástico: la Cazuela de Casagrande y recipientes con los rollitos de arcilla formados en el proceso de determinar el límite plástico.



Figura 34. Ensayo de límite líquido y límite plástico

Tabla 13. Valores de Límite líquido

Número de muestra	Límite líquido	Número de muestra	Límite líquido
1	47,93	32	55,43
2	48,44	33	57,19
3	45,69	34	55,70
4	44,85	35	54,28
5	45,94	36	57,11
6	46,67	37	61,07
7	42,90	38	62,99
8	44,27	39	52,32
9	49,49	40	63,85
10	42,52	41	66,57
11	43,41	42	46,50
12	47,70	43	45,42
13	53,25	44	47,92
14	51,52	45	52,81
15	50,97	46	51,25
16	51,91	47	48,80
17	44,76	48	60,27
18	48,82	49	51,25
19	48,75	50	54,18
20	54,87	51	53,14
21	53,02	52	51,02
22	52,84	53	55,67
23	55,20	54	39,53
24	49,89	55	39,70
25	54,62	56	54,61
26	60,92	57	50,65
27	50,11	58	45,96
28	50,83	59	51,29
29	56,78	60	48,85
30	58,94	61	50,04
31	51,79	62	48,76

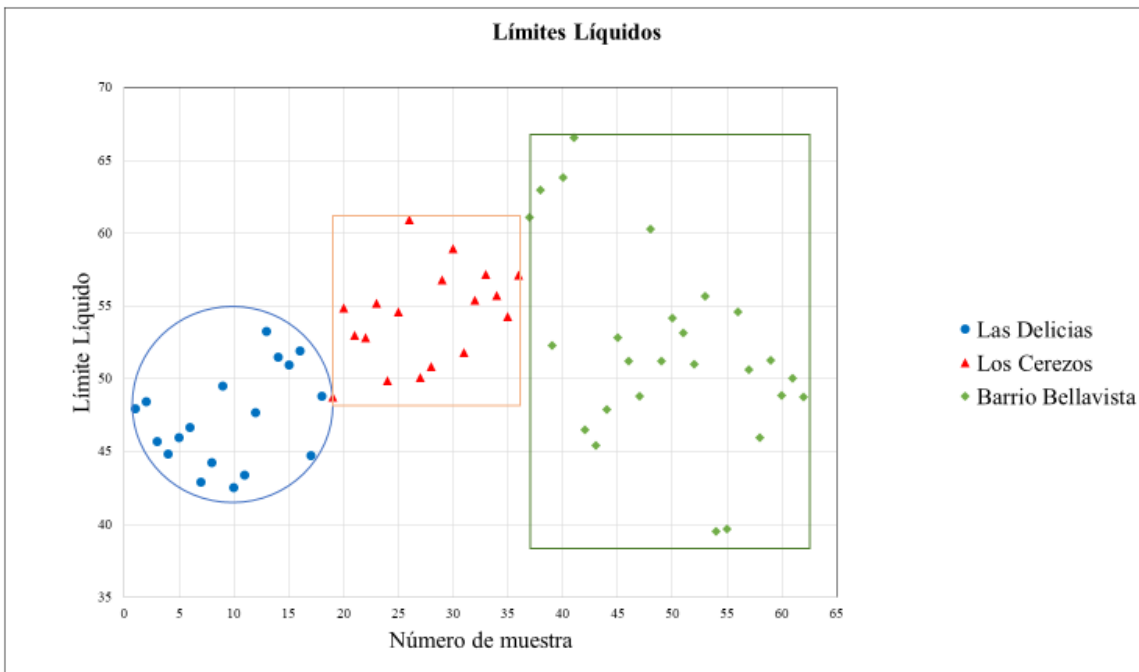


Figura 35. Concentración de valores de Límites líquidos

Tabla 14. Valores de los Límites plásticos

Número de muestra	Límite plástico	Número de muestra	Límite plástico
1	26,03	32	22,48
2	23,59	33	24,24
3	23,43	34	21,65
4	20,71	35	19,76
5	21,37	36	20,55
6	24,96	37	23,42
7	21,14	38	23,52
8	21,27	39	25,36
9	22,80	40	24,40
10	21,50	41	24,92
11	20,78	42	22,90
12	24,12	43	24,33
13	27,15	44	21,97
14	26,28	45	23,31
15	26,59	46	23,45
16	25,81	47	23,75
17	22,88	48	26,20
18	22,83	49	23,88
19	23,06	50	24,15
20	22,29	51	22,35
21	20,51	52	22,70
22	21,57	53	21,66
23	19,83	54	19,34
24	20,98	55	19,01
25	18,72	56	20,81
26	21,70	57	21,24
27	22,50	58	18,27
28	22,22	59	22,22
29	23,41	60	19,50
30	23,34	61	21,90
31	23,35	62	21,44

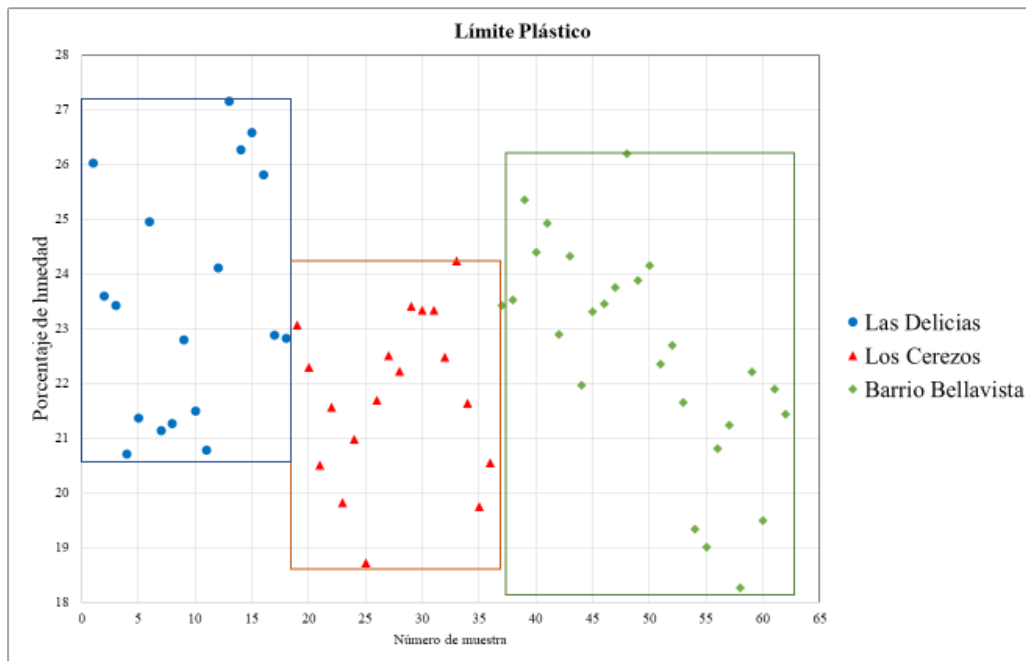


Figura 36. Distribución de los valores de Límite Plástico

Los valores registrados de límites líquido y plástico, en las **Figuras 35 y 36** permiten colegir:

La mayor variación de valores de límite líquido y límite plástico lo tienen las muestras de arcillas de la fuente 3 (Bellavista). Las muestras de arcilla de las otras dos fuentes (Delicias y Cerezos) revelan una variación de límites (líquido y plástico) similar.

Todas las fuentes de préstamo mostraron especímenes de arcillas con compresibilidad media a alta. Sin embargo, en la fuente 2 salvo algunas pocas muestras de compresibilidad media, la mayor parte de los especímenes son arcillas de compresibilidad alta. Por su parte, las fuentes 1 y 3 presentaron un número importante de muestras de compresibilidad media.

4.2.2.7 Granulometría (lavado sobre el tamiz 200). Un total de sesenta y dos (62) muestras fueron sometidas a lavado sobre tamiz 200. De cada submuestra se seleccionaron 200 gramos.

Este ejercicio permitió establecer que el porcentaje de finos (pasa tamiz 200) varía entre el 83,09 y el 98,3%. Las tablas 15 y 16 condensan los resultados de la totalidad de las muestras. La **Figura** ilustra la tendencia de concentración de esta variable, en forma integrada para las tres fuentes.



Figura 37. Lavado por tamiz 200

Tabla 15. Porcentajes de Finos (%)

Muestra	Frasco	M. Frasco	Masa antes del lavado	Masa después del lavado	Masa seca	% de finos
1	23	76,916	200,00	80,316	3,400	98,300
2	43	73,349	200,00	86,227	12,878	93,561
3	34	74,312	200,00	91,348	17,036	91,482
4	12	73,928	200,00	78,886	4,958	97,521
5	38	75,826	200,00	80,420	4,594	97,703
6	48	80,57	200,00	90,336	9,766	95,117
7	41	75,727	200,00	92,593	16,866	91,567
8	40	74,389	200,00	98,763	24,374	87,813
9	44	74,504	200,00	85,864	11,360	94,320
10	21	82,4	200,00	91,712	9,312	95,344
11	7	75,654	200,00	88,396	12,742	93,629
12	33	77,772	200,00	96,088	18,316	90,842
13	29	77,152	200,00	86,126	8,974	95,513
14	42	81,15	200,00	88,872	7,722	96,139
15	52	80,248	200,00	85,756	5,508	97,246
16	46	79,911	200,00	86,353	6,442	96,779
17	32	74,559	200,00	82,423	7,864	96,068
18	18	76,861	200,00	90,897	14,036	92,982
19	19	78,015	200,00	91,505	13,490	93,255
20	22	80,198	200,00	91,832	11,634	94,183
21	21	82,399	200,00	96,631	14,232	92,884
22	23	76,904	200,00	90,590	13,686	93,157
23	7	75,652	200,00	93,682	18,030	90,985
24	42	81,147	200,00	95,661	14,514	92,743
25	41	75,727	200,00	93,819	18,092	90,954
26	48	80,566	200,00	102,414	21,848	89,076
27	54	74,401	200,00	84,591	10,190	94,905
28	16	75,326	200,00	95,892	20,566	89,717
29	31	74,034	200,00	85,258	11,224	94,388
30	35	74,482	200,00	91,650	17,168	91,416
31	3	76,139	200,00	94,011	17,872	91,064
32	12	73,926	200,00	86,986	13,060	93,470
33	54	74,401	200,00	86,775	12,374	93,813
34	16	75,309	200,00	92,753	17,444	91,278
35	42	81,147	200,00	102,119	20,972	89,514
36	52	80,235	200,00	94,077	13,842	93,079
37	50	80,427	200,00	95,735	15,308	92,346
38	1	81,851	200,00	92,131	10,280	94,860

Tabla 16. Porcentaje de Finos (%)

Muestra	Frasco	M. Frasco	Masa antes del lavado	Masa después del lavado	Masa seca	% de finos
39	5	73,643	200,00	94,431	20,788	89,606
41	33	77,771	200,00	84,633	6,862	96,569
42	32	74,558	200,00	90,226	15,668	92,166
43	44	74,502	200,00	83,530	9,028	95,486
44	43	73,344	200,00	96,758	23,414	88,293
45	29	77,146	200,00	92,228	15,082	92,459
46	18	76,855	200,00	96,157	19,302	90,349
47	21	82,399	200,00	101,593	19,194	90,403
48	6	73,669	200,00	99,889	26,220	86,890
49	38	75,819	200,00	93,535	17,716	91,142
50	11	75,79	200,00	99,616	23,826	88,087
51	40	74,376	200,00	91,338	16,962	91,519
52	46	79,911	200,00	91,317	11,406	94,297
53	34	74,306	200,00	85,074	10,768	94,616
54	36	78,584	200,00	86,608	8,024	95,988
55	20	76,979	200,00	89,771	12,792	93,604
56	35	74,479	200,00	87,523	13,044	93,478
57	53	80,248	200,00	100,966	20,718	89,641
58	7	75,65	200,00	103,660	28,010	85,995
59	41	75,72	200,00	96,234	20,514	89,743
60	37	78,132	200,00	111,962	33,830	83,085
61	31	74,032	200,00	96,260	22,228	88,886
62	12	76,903	200,00	101,863	24,960	87,520

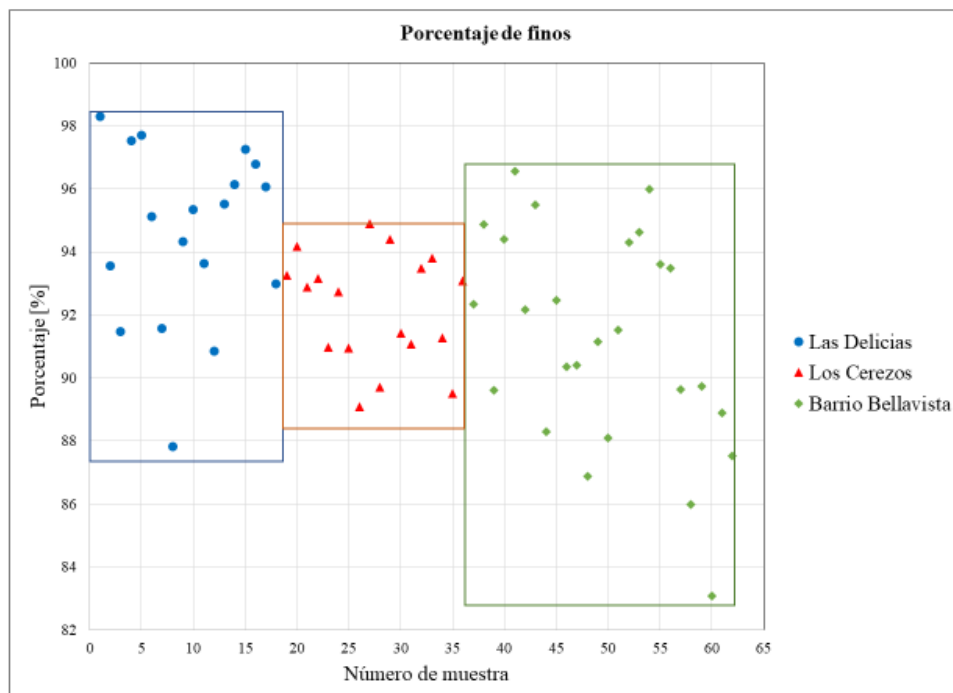


Figura 38. Porcentajes de finos

Las muestras de la Fuente 1 (Las Delicias) registraron un contenido de finos variando en el rango 87.5 a 98.5%, con promedio de 94.55%. Las muestras de la Fuente 2 (Los Cerezos) indicaron un contenido de finos variando en el rango 88.2 a 95%, con promedio de 92.22%. Las muestras de la Fuente 3 (Bellavista) registraron un contenido de finos variando en el rango 83% a 97%, con promedio de 91.21%.

Se aprecia que el geomaterial de la fuente 3 (Bellavista) registra un rango mayor de variación de porcentaje de finos combinados y, la fuente 2 (Los Cerezos) enseña una menor variación. Sin embargo, la fuente 1 presenta muestras con el mayor porcentaje de finos y, la muestra 3 incluye la muestra con el menor porcentaje de finos combinados.

4.2.2.8 Granulometría – método del hidrómetro. El método del hidrómetro de le realizo un total de sesenta y dos (62) muestras, encontrando valores entre 29.59 y 97.64% de partículas menores a 0.002 milímetros. Las tablas 17 a 19 contiene los valores de arcilla, limo y arena por cada una de las muestras.

Tabla 17. Granulometría-Hidrómetro Las Delicias

Sector	Muestra	Granulometría - Hidrómetro		
		% Arenas ^a	% Limos ^b	% Arcillas ^c
	1	-	31.59	68.41
	2	-	31.67	68.33
	3	-	30.45	69.55
L	4	-	28.44	71.56
A	5	-	26.49	73.51
S	6	-	16.56	83.44
	7	-	26.87	73.13
D	8	-	26.59	73.41
E	9	-	26.88	73.12
L	10	-	31.18	68.82
I	11	-	18.46	81.54
C	12	-	13.73	86.27
I	13	-	12.92	87.08
A	14	-	12.83	87.17
S	15	-	11.15	88.85
	16	-	11.15	88.85
	17	-	15.29	84.71
	18	-	12.69	87.31

Nota. ^a Partículas > 0.06 mm; ^b Partículas 0.002 mm – 0.059; ^c Partículas < 0.002 mm

Tabla 18. Granulometría-Hidrómetro Los Cerezos

Sector	Muestra	Granulometría - Hidrómetro		
		% Arenas ^a	% Limos ^b	% Arcillas ^c
L O S C E R E Z O S	19	-	14.90	85.10
	20	-	17.21	82.79
	21	-	29.33	70.67
	22	-	27.23	72.77
	23	-	15.95	84.05
	24	-	17.48	82.52
	25	-	16.56	83.44
	26	-	15.97	84.03
	27	-	16.49	83.51
	28	-	13.68	86.32
	29	-	2.36	97.64
	30	-	26.37	73.63
	31	-	26.33	73.67
	32	-	16.33	83.67
	33	-	16.34	83.66
	34	-	16.92	83.08
	35	-	16.98	83.02
	36	-	18.45	81.55

Nota. ^a Partículas > 0.06 mm; ^b Partículas 0.002 mm – 0.059; ^c Partículas < 0.002 mm

Tabla 19. Granulometría-Hidrómetro B. Bellavista

Sector	Muestra	Granulometría - Hidrómetro		
		% Arenas ^a	% Limos ^b	% Arcillas ^c
	37	-	18.81	81.19
	38	-	18.59	81.41
	39	-	18.59	81.41
	40	-	19.82	80.18
	41	-	27.52	72.48
	42	-	25.54	74.46
B	43	-	25.95	74.05
	44	-	21.71	78.29
	45	-	22.11	77.89
B	46	-	21.09	78.91
E	47	-	27.49	72.51
L	48	-	26.84	73.16
L	49	-	29.26	70.74
A	50	-	25.72	74.28
V	51	-	3.44	96.56
I	52	-	18.81	81.19
S	53	-	14.95	85.05
T	54	-	20.41	79.59
A	55	28.81	41.01	30.18
	56	60.39	39.61	29.59
	57	-	22.20	77.80
	58	-	16.18	83.82
	59	-	16.73	83.27
	60	-	15.51	84.49
	61	-	17.79	82.21
	62	-	21.30	78.70

Nota. ^a Partículas > 0.06 mm; ^b Partículas 0.002 mm – 0.059; ^c Partículas < 0.002 mm

Las muestras de la Fuente 1 (Las Delicias) registraron un contenido de arcillas, con promedio 78.61 %, limos, con promedio de 21.39% y no posee arenas. Las muestras de la Fuente 2 (Los Cerezos) indicaron un contenido de arcillas, con promedio 81.95%, limos, con promedio de 18.05% y no posee arenas. Las muestras de la Fuente 3 (Bellavista) registraron un contenido de

arcillas, con promedio de 75.52%, limos, con promedio de 22.19% y arenas, de promedio 3.43%.

Se aprecia que el geomaterial de la fuente 2 (Los cerezos) registra un rango mayor de variación de porcentaje de finos combinados y, la fuente 3 (Bellavista) enseña una menor variación. Sin embargo, la fuente 1 (Las Delicias) presenta muestras con el mayor porcentaje de finos y no posee arenas. (Ver Anexo 5).

4.2.2.9 Límite de contracción teórico. Este parámetro fue estimado teóricamente a un total de sesenta y dos (62) muestras, encontrando valores variando entre 11,82 y 18,62%. La Tabla 20 contiene la relación de valores hallados. Se optó por el cálculo teórico de este parámetro y no por la determinación práctica con el fin de evitar la manipulación del mercurio, ya que por el tamaño de la muestra supondría mucho tiempo de exposición, y, como es bien sabido, el mercurio es un material de alta contaminación y riesgo por contacto.

Tabla 20. Límite de contracción teórico

Muestra	Límite de contracción teórico	Muestra	Límite de contracción teórico
1	18,62	32	14,35
2	16,38	33	15,38
3	16,77	34	13,71
4	14,62	35	12,57
5	14,97	36	12,77
6	17,93	37	14,23
7	15,31	38	14,04
8	15,18	39	17,11
9	15,53	40	14,52
10	15,70	41	14,50
11	14,92	42	16,15
12	16,97	43	17,63
13	18,42	44	15,13
14	18,04	45	15,38
15	18,43	46	15,75
16	17,56	47	16,44
17	16,48	48	16,33
18	15,67	49	16,10
19	15,88	50	15,80
20	14,29	51	14,60
21	13,25	52	15,19
22	14,06	53	13,73
23	12,51	54	14,36
24	14,04	55	14,05
25	11,82	56	13,26
26	13,09	57	14,12
27	15,19	58	12,52
28	14,85	59	14,78
29	14,83	60	13,07
30	14,47	61	14,72
31	15,58	62	14,57

4.2.2.10 Índice de expansión libre (ELP). El ensayo de expansión libre en probeta fue realizado a las 62 muestras. En la prueba se utilizó como líquido no polar aceite combustible para motores (ACPM) y agua; de esta manera, se pudo comparar la expansión indicada por las muestras, a partir del volumen leído en cada una de las probetas (con acpm y agua). Ver Tablas 21, 22 y 23, mostrando los valores de ELP para las diferentes fuentes.

Tabla 21. Porcentajes de expansión libre en probeta de arcillas del sector las delicias

Ubicación	Muestra	Volumen en agua	Volumen en Kerosene	Índice de expansión libre en probeta (%)
Las Delicias	1	15,9	11,3	40,71
	2	13,8	11,0	25,45
	3	14,8	11,7	26,50
	4	17,7	12,0	47,50
	5	16,5	11,8	39,83
	6	18,0	11,4	57,89
	7	11,1	8,0	38,75
	8	16,3	11,8	38,14
	9	16,9	11,5	46,96
	10	17,0	12,0	41,67
	11	17,2	11,0	56,36
	12	17,8	12,0	48,33
	13	17,0	12,0	41,67
	14	16,0	12,0	33,33
	15	17,0	12,5	36,00
	16	17,2	13,3	29,32
	17	17,9	13	37,69
	18	17,2	10,5	63,81
Valor promedio				41,66
Valor máximo				63,81
Valor mínimo				25,45

Tabla 22. Valores de Expansión Libre en probeta de arcillas del sector Los Cerezos

Ubicación	Muestra	Volumen en agua	Volumen en Kerosene	Índice de expansión libre	
Los Cerezos	19	20	12,80	56,25	
	20	15,5	12,00	29,17	
	21	17,5	11,00	59,09	
	22	16,2	11,00	47,27	
	23	17,2	12,00	43,33	
	24	16,9	12,00	40,83	
	25	18,3	12,00	52,50	
	26	19	12,20	55,74	
	27	17,8	11,80	50,85	
	28	17	12,10	40,50	
	29	19,8	12,60	57,14	
	30	18,5	12,00	54,17	
	31	16	12,10	32,23	
	32	17,7	12,60	40,48	
	33	18	12,40	45,16	
	34	18,5	12,00	54,17	
	35	18,2	12,00	51,67	
	36	18,3	12,00	52,50	
	Valor promedio				47,95
	Valor máximo				59,09
	Valor mínimo				29,17

Tabla 23. Valores de Expansión Libre en probeta de arcillas del sector Bellavista

Ubicación	Muestra	Volumen en agua	Volumen en Kerosene	Índice de expansión libre
Barrio Bellavista	37	18	11,00	63,64
	38	21,8	12,90	68,99
	39	19	13,00	46,15
	40	22,4	13,50	65,93
	41	21,5	14,00	53,57
	42	16	12,70	25,98
	43	16,1	12,80	25,78
	44	18	12,00	50,00
	45	18,4	12,30	49,59
	46	18,7	12,60	48,41
	47	20	12,10	65,29
	48	18,1	12,60	43,65
	49	17,8	12,90	37,98
	50	18,7	12,60	48,41
	51	20	12,10	65,29
	52	18,1	12,60	43,65
	53	17,8	12,90	37,98
	54	17	12,50	36,00
	55	17	13,20	28,79
	56	18	13,90	29,50
	57	17,8	13,00	36,92
	58	16,8	12,00	40,00
	59	17,5	12,20	43,44
	60	18	12,00	50,00
	61	18,9	12,00	57,50
	62	15,4	11,00	40,00
Valor promedio				46,25
Valor máximo				68,99
Valor mínimo				25,78

La Tabla 24 resume comparativamente los valores de rango y, promedios del parámetro ELP (expansión libre en probeta). Se observa que los valores máximos varían entre 59 y 70% y, los valores mínimos de expansión en probeta caen en el rango 25,4 a 29,2%, en tanto que los valores

promedio oscilan entre 41,7 y 48%. Los valores, mayor y menor, de expansión libre son mostrados por los geomateriales de Bellavista y, Las Delicias; siendo las arcillas de la primera fuente aquí nombrada los que presentan mayor variación entre sí. Las arcillas de Los Cerezos revelan la menor variación de ELP. Posiblemente este resultado revele algún grado de homogeneidad composicional en fuente.

Tabla 24. Análisis comparativo de valores característicos de ELP de las tres fuentes analizadas

ELP	Las Delicias	Los Cerezos	Barrio Bellavista
Valor promedio	41,66	47,95	46,25
Valor máximo	63,81	59,09	68,99
Valor mínimo	25,45	29,17	25,78
Diferencia entre el mayor y menor valor	38, 5	29,92	43,21

4.2.2.11 Gravedad específica. La gravedad específica en suelos es un tipo particular de densidad relativa, definida como la relación entre la densidad de la componente sólida del geomaterial y la densidad del agua. Es un parámetro adimensional básico en la solución de problemas de fase de masas de suelo, en los cálculos de los ensayos de granulometría por sedimentación, en la determinación de la compresibilidad y del potencial de expansión de los sedimentos, para graficar la recta de saturación máxima en la prueba de compactación Proctor, en ejercicios de identificación de los minerales que componen una masa de suelos, entre otras aplicaciones.

En este proyecto, los picnómetros utilizados fueron calibrados teóricamente aplicando la ecuación (Lambe, Soil Testing For Engineers, 1951):

$$W_2 = W_B + V_B(1 + \Delta T \cdot \epsilon) (\gamma_T - \gamma_a)$$

Ecuación 13. Calibración teórica de picnómetros.

Donde: W_2 = peso del agua + picnómetro; W_B = peso del picnómetro limpio y seco; V_B = Volumen calibrado del picnómetro a T_c ; $\Delta T = T - T_c$, T = temperatura en °C de W_2 , T_c = temperatura de calibración del picnómetro (20°C), ϵ = coeficiente térmico de expansión cubica para vidrio = 0.1×10^{-4} por °C; γ_T = peso unitario del agua a T ; γ_a = peso unitario del aire a T (0.0012g/cm³) (Lambe, Soil Testing For Engineers, 1951).

El laboratorio de gravedad especifica se realizó a 4 muestras. Los valores de la gravedad especifican se encontraron entre $2.48 < G_s < 2.58$ con promedio de 2.55 para las dos muestras de Las delicias, en el sector de los Cerezos se obtuvo un valor de 2.49 y en barrio Bellavista se obtuvo el valor de 2.57. (Ver Anexo 6).

4.2.2.12 Proctor modificado. La prueba de densificación le fue realizada a veintiuno (21) muestras. La densidad seca máxima varió entre 1,757 g/cm³ y 1,903 g/cm³. La figura 36 presenta registro fotográfico secuencial de algunas de las fases de la prueba de compactación Proctor modificado:



Figura 36. Fases esenciales del ensayo de compactación Proctor Modificado

La Tabla 25 muestran los datos de densidad-humedad, para los distintos especímenes ensayados en prueba de compactación Proctor modificado.

Tabla 25. Información prueba Proctor modificado-Arcillas sector las Delicias

Ubicación	Número de muestra	Humedad natural (%)	Clasificación	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Humedad óptima (%)
Las Delicias	2	7,54	CL	1,89	18,90
	9	7,31	CL	1,87	16,50
	13	7,31	CH	1,90	16,70
	14	8,77	CH	1,81	14,90
	15	10,52	CH	1,84	14,52
	16	10,25	CH	1,83	14,50
Los Cerezos	26	12,53	CH	1,88	14,00
	27	10,86	CH	1,90	12,30
	28	11,47	CH	1,90	12,00
	29	11,05	CH	1,87	14,00
	30	9,83	CH	1,90	12,58
	33	10,99	CH	1,87	16,09
Bellavista	36	9,78	CH	1,88	13,60
	37	19,43	CH	1,83	15,30
	38	19,62	CH	1,78	17,05
	40	22,95	CH	1,78	14,10
	41	19,02	CH	1,76	18,23
	48	11,97	CH	1,88	11,00
	50	10,42	CH	1,85	14,90
	51	14,4	CH	1,76	16,45
53	18,06	CH	1,77	18,33	
	56	13,17	CH	1,82	13,20

En todos los casos, la humedad óptima fue superior a la humedad natural; sin embargo, en

una (1) de siete (7) muestras del sector Los Cerezos y, en siete (7) de nueve (9) especímenes del sitio Bellavista, la humedad óptima, si bien mayor a la humedad natural, estuvo cerca de ella.

(Ver Anexo 7)

4.2.3 Interpretación y análisis de resultados de laboratorio. Los datos de campo y laboratorio fueron consignados en formatos apropiados y amigables. el procesamiento de datos se basó en hoja de cálculo Excel. La actividad descrita fue realizada durante el desarrollo del proyecto Las Tablas 26 a 28 condensan, para cada fuente, la información de laboratorio de la totalidad de las muestras analizadas y, enseñan algunas propiedades índices determinadas por correlación con las determinadas en el laboratorio. Por su parte, las **Figuras** 37 a 38 muestran, para cada sitio de préstamo, la localización de los puntos de coordenadas (LL, IP) en la Carta de plasticidad de Casagrande, modificada por Mitchel; en ellas se destacan las tendencias de composición mineralógica que potencialmente tendrían las muestras ensayadas.

Tabla 26. Condensado de información muestras - Las Delicias

FUENTE DE PRÉSTAMO	MUESTRA No.	ϵ (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LABORATORIO (%)	% DE FINOS	Granulometría -			ACTIVIDAD	ÍNDICE DE LIQUEZ	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	ÍNDICE DE COMPRESIÓN	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	LÍNEA A CLASIFICACIÓN UNIFICADA	Descripción de la plasticidad	Descripción de la compresibilidad
							% Arenas	% Limos	% Arcillas								
FUENTE LAS DELICIAS	1	6.16	47.93	26.03	21.9	98.3	-	31.59	68.411	0.320	-0.907	1.907	0.287	20.389	CL	Media	Media
	2	7.54	48.44	23.59	24.85	93.56	-	31.67	68.326	0.364	-0.646	1.646	0.290	20.761	CL	Media	Media
	3	8.76	45.69	23.43	22.26	91.48	-	30.45	69.553	0.320	-0.659	1.659	0.271	18.754	CL	Media	Media
	4	8.84	44.85	20.71	24.14	97.52	-	28.44	71.559	0.337	-0.492	1.492	0.265	18.141	CL	Media	Media
	5	6.92	45.94	21.37	24.57	97.7	-	26.49	73.51	0.334	-0.588	1.588	0.273	18.936	CL	Media	Media
	6	8.2	46.67	24.96	21.71	95.12	-	16.56	83.442	0.260	-0.772	1.772	0.278	19.469	CL	Media	Media
	7	7.53	42.9	21.14	21.76	91.57	-	26.87	73.13	0.298	-0.625	1.625	0.251	16.717	CL	Media	Media
	8	7.99	44.27	21.27	23	87.81	-	26.59	73.413	0.313	-0.577	1.577	0.261	17.717	CL	Media	Media
	9	7.31	49.49	22.8	26.69	94.32	-	26.88	73.124	0.365	-0.580	1.580	0.297	21.528	CL	Alta	Media
	10	8.56	42.52	21.5	21.02	95.34	-	31.18	68.82	0.305	-0.616	1.616	0.249	16.440	CL	Media	Media
	11	9.16	43.41	20.78	22.63	93.63	-	18.46	81.543	0.278	-0.513	1.513	0.255	17.089	CL	Media	Media
	12	11.09	47.7	24.12	23.58	90.84	-	13.74	86.265	0.273	-0.553	1.553	0.285	20.221	CL	Media	Media
	13	7.31	53.25	27.15	26.1	95.51	-	12.92	87.082	0.300	-0.760	1.760	0.324	24.273	CH	Alta	Alta
	14	8.77	51.52	26.28	25.24	96.14	-	12.83	87.169	0.290	-0.694	1.694	0.312	23.010	CH	Alta	Alta
	15	10.52	50.97	26.59	24.38	97.25	-	11.15	88.848	0.274	-0.659	1.659	0.308	22.608	CH	Media	Alta
	16	10.25	51.91	25.81	26.1	96.78	-	11.15	88.851	0.294	-0.596	1.596	0.314	23.294	CH	Alta	Alta
	17	9.93	44.76	22.88	21.88	96.07	-	15.29	84.707	0.258	-0.592	1.592	0.264	18.075	CL	Media	Media
	18	8	48.82	22.83	25.99	92.98	-	12.69	87.312	0.298	-0.571	1.571	0.293	21.039	CL	Alta	Media

Las muestras, de naturaleza arcillosa, presentaron baja humedad (en el rango de 6.16% a 11.09%). El porcentaje de finos arcillosos osciló en el rango de 87.81% a 98.3%, con promedio de 94.54% y una diferencia porcentual de 10.49 puntos entre los valores máximo y mínimo de dicho parámetro. Así mismo, 4 de 18 muestras (22.22%), presentaron valores de LL mayores a 50%, clasificando como arcillas de alta compresibilidad (CH) y el 77.78% restante, enseñaron valores de LL en el rango de 30 a 50%, indicando ser arcillas de compresibilidad media, geotécnicamente identificadas en el sistema unificado como (CL), no obstante, se definen como de baja compresibilidad (L) las que tienen un $LL < 30$. En términos de plasticidad, cinco (5) de dieciocho (18) especímenes, equivalentes al 27.78%, revelaron ser arcillas de alta plasticidad ($25 < IP < 40$); los restantes, mostraron plasticidad media ($15 < IP < 25$).

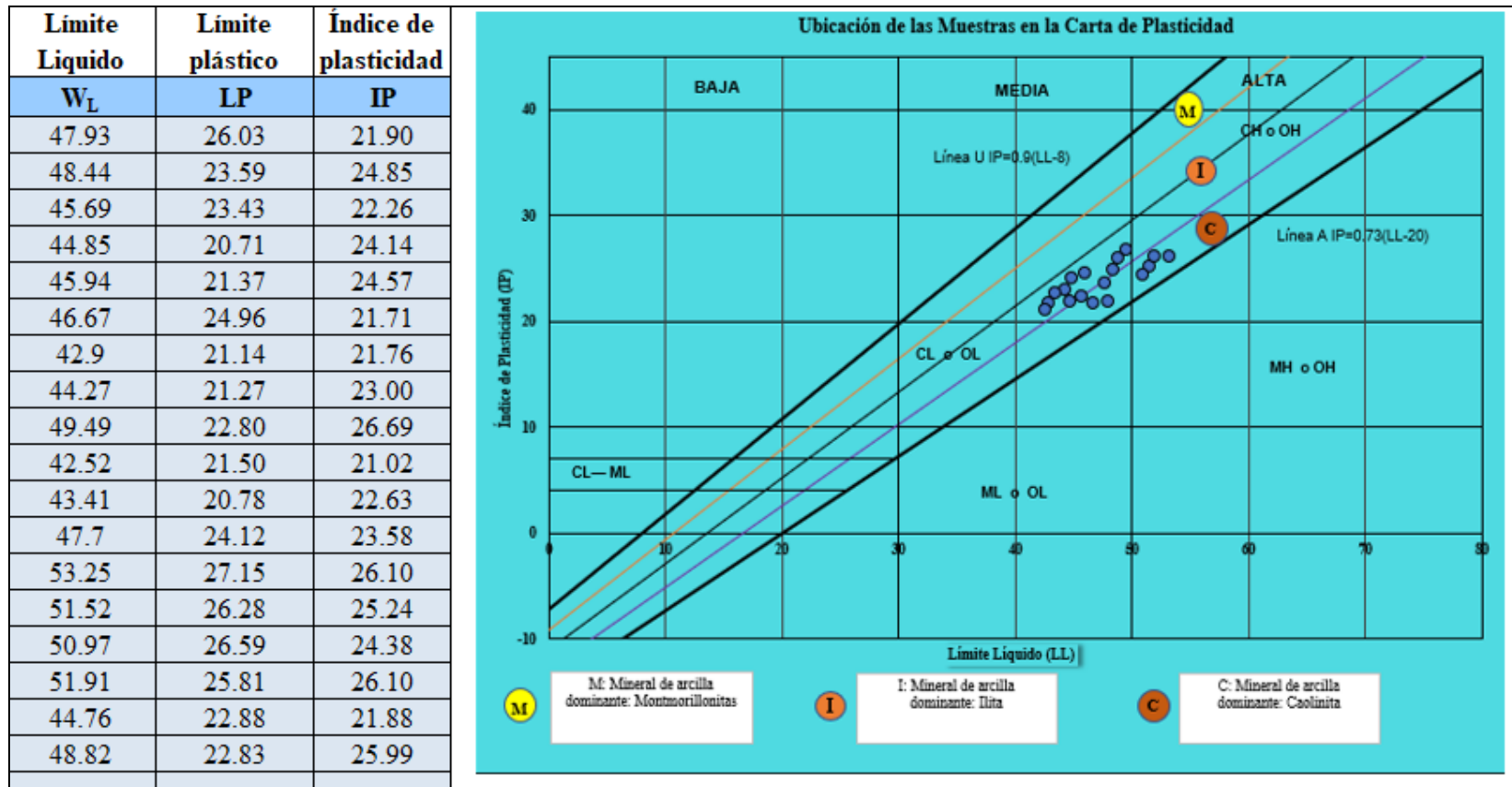


Figura 37. Distribución de puntos (LL, IP) correspondientes a las muestras procedentes del sector Las Delicias, en la Carta de Plasticidad de Casagrande, modificada por Mitchel

Por otra parte, los valores de índice de liquidez cercanos a cero (como en este caso) señalan que el suelo es preconsolidado y, por ende, están asociados a arcillas con $OCR > 1$. Este hallazgo concuerda con la observación dada en el análisis de la información de campo, donde se señaló que la evidencia de que en el sector la litología del Grupo Guayabo es inexistente, sugiere que los sedimentos que yacen bajo ellos (como en este caso, las arcillas de la Formación León), se deben comportar como materiales sobreconsolidados, indicando que, en el pasado geológico, soportaron esfuerzos geostáticos superiores a los actuales.

La totalidad de las muestras indicaron una actividad expansiva baja menor a 0.75; sus valores oscilaron en el rango 0.258 a 0.365. Este resultado para corresponderse con lo que indica la localización de los puntos (LL, IP) en la carta de plasticidad de Casagrande modificada por Mitchel (ver **Figura 38**), donde se aprecia que tales muestras se localizaron en proximidad de la Línea A y, con la mayor cantidad de puntos ubicados bajo este trazo. Ha sido indicado por Mitchel que tales suelos revelan baja expansividad y que el mineral de arcilla presente es, predominantemente, caolinita.

Todas las muestras señalaron un índice de liquidez negativo (variando en el rango: -0.907 a -0.492), esto puede significar que los suelos captados in situ en condición húmeda y consistencia semisólida a sólida, revelarán fractura rígida al ser sometido a corte, porque el contenido natural de humedad natural es menor que el límite plástico LP. El índice de consistencia de todas las muestras es superior a la unidad (en campo, varió en el rango 1.492 a 1.908); significando la consistencia sólida a semisólida del material; con dicho valor de consistencia relativa, debe esperarse que este material presente, en las condiciones de humedad in situ exhibidas, resistencias a la compresión inconfiada en el rango 1 a 5 Kg/cm^2 , o superiores.

Tabla 27. Condensado de información muestras - Los Cerezos

FUENTE DE PRÉSTAMO	MUESTRA No.	w (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LABORATORIO (%)	% DE FINOS	Granulometría -			ACTIVIDAD	ÍNDICE DE LIQUEZ	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	ÍNDICE DE COMPRESIÓN	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	LÍNEA A CLASIFICACIÓN UNIFICADA	Descripción de la plasticidad	Descripción de la compresibilidad
							% Arenas	% Limos	% Arcillas								
FUENTE LOS CEREZOS	19	12.94	48.75	23.06	25.69	93.26	-	14.90	85.096	0.302	-0.394	1.394	0.292	20.988	CL	Alta	Media
	20	11.61	54.87	22.29	32.58	94.18	-	17.22	82.785	0.394	-0.328	1.328	0.335	25.455	CH	Alta	Alta
	<u>21</u>	9.84	53.02	20.51	32.51	92.88	-	29.33	70.668	0.460	-0.328	1.328	0.322	24.105	CH	Alta	Alta
	22	10.24	52.84	21.57	31.27	93.16	-	27.23	72.769	0.430	-0.362	1.362	0.321	23.973	CH	Alta	Alta
	23	10.63	55.2	19.83	35.37	90.99	-	15.95	84.053	0.421	-0.260	1.260	0.337	25.696	CH	Alta	Alta
	24	10.15	49.89	20.98	28.91	92.74	-	14.48	85.518	0.338	-0.375	1.375	0.300	21.820	CL	Alta	Alta
	25	11.99	54.62	18.72	35.9	90.95	-	16.56	83.442	0.430	-0.187	1.187	0.333	25.273	CH	Alta	Alta
	26	12.53	60.92	21.7	39.22	89.08	-	15.97	84.033	0.467	-0.234	1.234	0.377	29.872	CH	Alta	Alta
	27	10.86	50.11	22.5	27.61	94.91	-	16.49	83.511	0.331	-0.422	1.422	0.302	21.980	CH	Alta	Alta
	28	11.47	50.83	22.22	28.61	89.72	-	13.68	86.317	0.331	-0.376	1.376	0.307	22.506	CH	Alta	Alta
	<u>29</u>	11.05	56.78	23.41	33.37	94.39	-	2.36	97.635	0.342	-0.370	1.370	0.348	26.849	CH	Alta	Alta
	30	9.83	58.94	23.34	35.6	91.42	-	26.37	73.631	0.483	-0.379	1.379	0.364	28.426	CH	Alta	Alta
	31	11.44	51.79	23.35	28.44	91.06	-	26.33	73.669	0.386	-0.419	1.419	0.314	23.207	CH	Alta	Alta
	32	10.99	55.43	22.48	32.95	93.47	-	16.33	83.67	0.394	-0.349	1.349	0.339	25.864	CH	Alta	Alta
	33	10.65	57.19	24.24	32.95	93.81	-	16.34	83.661	0.394	-0.412	1.412	0.351	27.149	CH	Alta	Alta
	34	10.85	55.7	21.65	34.05	91.28	-	16.92	83.08	0.410	-0.317	1.317	0.341	26.061	CH	Alta	Alta
	35	11.78	54.28	19.76	34.52	89.51	-	16.98	83.02	0.416	-0.231	1.231	0.331	25.024	CH	Alta	Alta
	36	9.78	57.11	20.55	36.56	93.08	-	18.45	81.55	0.448	-0.295	1.295	0.351	27.090	CH	Alta	Alta

Los especímenes, todos de naturaleza arcillosa, mostraron condiciones de humedad baja (en el rango de 9.78% a 12.94%); sin embargo, esta variable de estado fue superior a la encontrada para las arcillas extraídas de las fuentes. La fracción fina varió en el rango de 89.076% a 94.905%, con promedio de 92.22% y una diferencia porcentual de 5.83 puntos entre valores máximo y mínimo de dicho parámetro (variación de concentración de finos más estrecha que la observada por las muestras de la fuente 1). Así mismo, 16 a 18 muestras (88.88%), presentaron valores de LL mayores a 50%, clasificación como arcillas de alta compresibilidad (CH) y el 8.88% restante, enseñaron valores de LL en el rango de 30 a 50%, calificadas como arcillas de compresibilidad media, geotécnicamente identificadas en el sistema unificado como (CL). [Fue indicado en líneas previas que el sistema unificado no ofrece símbolo para singularizar las arcillas de compresibilidad media y, utiliza el símbolo L, para determinar la compresibilidad de suelos arcillosos con $LL < 50$).

En términos de plasticidad, evaluada en función del índice de plasticidad determinado en el laboratorio, la totalidad de las muestras revelaron ser arcillas de alta plasticidad ($25 < IP < 40$).

Los valores de índice de liquidez (en el rango -0.187 a -0.422), todos negativos cercanos a cero, sugieren condición preconsolidada de la arcilla y, por ende, están asociados a valores de $OCR > 1$. Fue indicado y, se reitera, que este hallazgo concuerda con la observación dada en el análisis de la información de campo, en la que se evidenció que en el sector el G. Guayabo es inexistente, sugiriendo que los sedimentos que subyacen a ellos (las arcillas de la F. León, explícitamente), se comportan como materiales sobreconsolidados, significando que, en el pasado geológico, estuvieron sometidos a esfuerzos geoestáticos superiores a los que tienen en la actualidad.

La totalidad de las muestras indicaron una actividad expansiva baja menor a 0.75, pero mayor a la actividad que indican las arcillas de la fuente1 (Delicias); sus valores oscilaron en el rango 0.302 a 0.483. Este resultado, igualmente, se corresponde con la localización de los puntos (LL; IP) en la carta de plasticidad de Casagrande modificada por Mitchel (Ver **Figura 39**), donde se observa que los especímenes se ubicaron alrededor de la Línea A y, con la mayor cantidad de puntos ubicados bajo este trazo. Se destaca lo indicado por Mitchel quien señala que los suelos descritos revelan baja expansividad y que el mineral de arcilla presente es, predominantemente, caolinita.

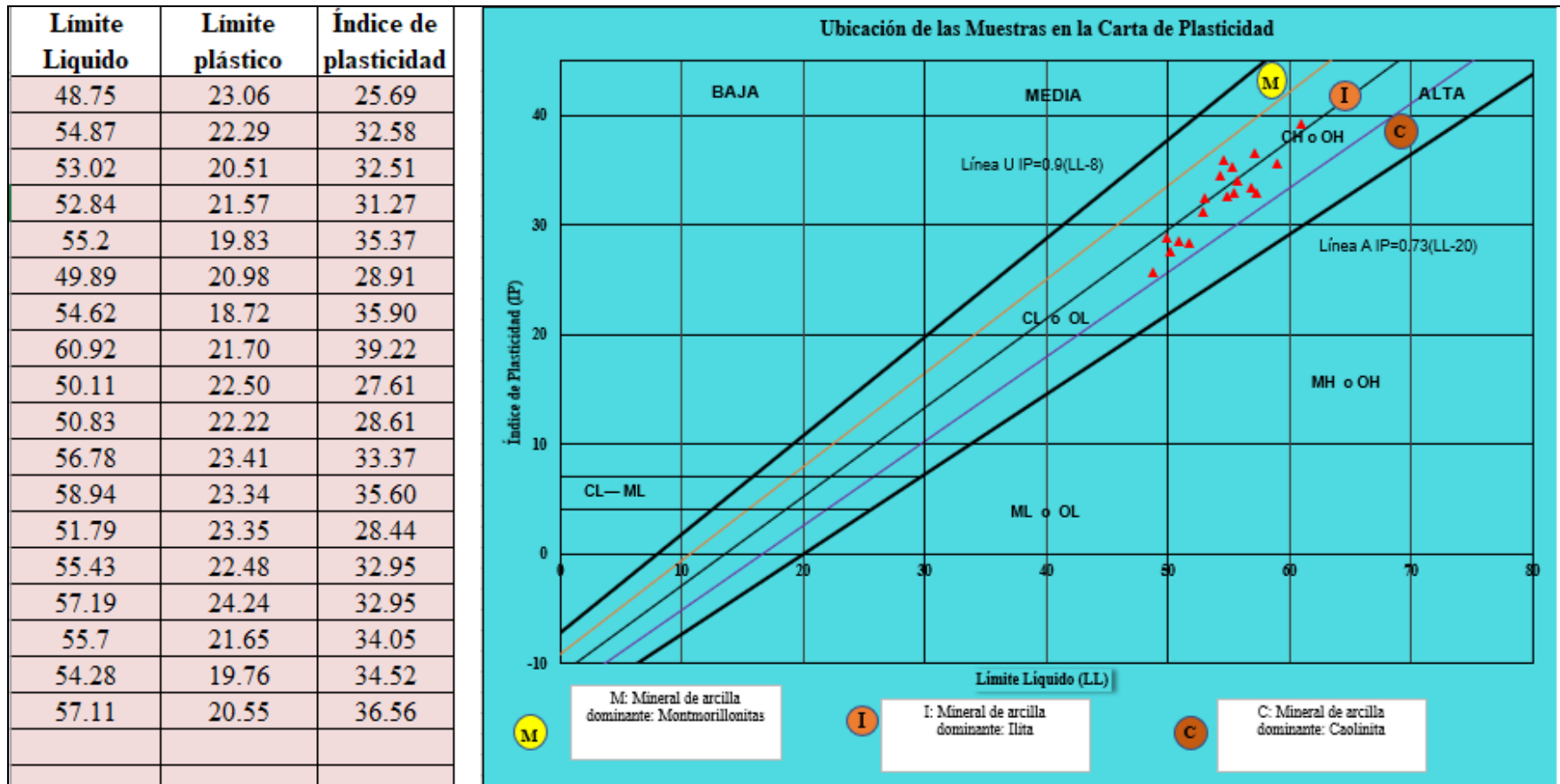


Figura 38. Distribución de puntos (LL, IP) correspondientes a las muestras procedentes de sector Los Cerezos, en la carta de plasticidad de Casagrande, modificada por Mitchel

Tabla 28. Condensado de información muestras - Bellavista

FUENTE DE PRÉSTAMO	MUESTRA No.	ϵ (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LABORATORIO (%)	% DE FINOS	Granulometría -			ACTIVIDAD	ÍNDICE DE LIQUEZ	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	ÍNDICE DE COMPRESIÓN	INDICE DE PLASTICIDAD	LÍNEA A CLASIFICACIÓN UNIFICADA	Descripción de la plasticidad	Descripción de la compresibilidad
							% Arenas	% Limos	% Arcillas								
	37	19.43	61.07	23.42	37.65	92.35	-	18.45	81.55	0.462	-0.106	1.106	0.378	29.981	CH	Alta	Alta
	38	19.62	62.99	23.52	39.47	94.86	-	18.59	81.41	0.485	-0.099	1.099	0.392	31.383	CH	Alta	Alta
	39	17.78	52.32	25.36	26.96	89.61	-	18.59	81.41	0.331	-0.281	1.281	0.317	23.594	CH	Alta	Alta
	40	22.95	63.85	24.4	39.45	94.41	-	19.82	80.18	0.492	-0.037	1.037	0.398	32.011	CH	Alta	Alta
	41	19.02	66.57	24.92	41.65	96.57	-	27.52	72.48	0.575	-0.142	1.142	0.417	33.996	CH	Muy alta	Alta
	42	12.7	46.5	22.9	23.6	92.17	-	25.54	74.46	0.317	-0.432	1.432	0.277	19.345	CL	Media	Media
	43	13.27	45.42	24.33	21.09	95.49	-	25.54	74.46	0.283	-0.524	1.524	0.269	18.557	CL	Media	Media
	44	12.85	47.92	21.97	25.95	88.29	-	21.71	78.29	0.331	-0.351	1.351	0.286	20.382	CL	Alta	Media
	45	14.52	52.81	23.31	29.5	92.46	-	21.72	78.28	0.377	-0.298	1.298	0.321	23.951	CH	Alta	Alta
	46	17.74	51.25	23.45	27.8	90.35	-	21.72	78.28	0.355	-0.205	1.205	0.310	22.813	CH	Alta	Alta
	47	19.18	48.8	23.75	25.05	90.4	-	27.49	72.51	0.345	-0.182	1.182	0.293	21.024	CL	Alta	Media
	48	11.97	60.27	26.2	34.07	86.89	-	27.48	72.52	0.470	-0.418	1.418	0.373	29.397	CH	Alta	Alta
	49	17.52	51.25	23.88	27.37	91.14	-	29.26	70.74	0.387	-0.232	1.232	0.310	22.813	CH	Alta	Alta
	50	10.42	54.18	24.15	30.03	88.09	-	25.72	74.28	0.404	-0.457	1.457	0.330	24.951	CH	Alta	Alta
	51	14.4	53.14	22.35	30.79	91.52	-	3.44	96.56	0.319	-0.258	1.258	0.323	24.192	CH	Alta	Alta
	52	12.76	51.02	22.7	28.32	94.3	-	18.81	81.19	0.349	-0.351	1.351	0.308	22.645	CH	Alta	Alta
	53	18.06	55.67	21.66	34.01	94.62	-	14.95	85.05	0.400	-0.106	1.106	0.341	26.039	CH	Alta	Alta
	5	11.29	39.53	19.34	20.19	95.99	-	20.41	79.59	0.254	-0.399	1.399	0.228	14.257	CL	Media	Media
	55	12.79	39.7	19.01	20.69	93.6	28.81	41.01	30.18	0.686	-0.301	1.301	0.229	14.381	CL	Media	Media
	56	13.17	54.61	20.81	33.8	93.48	60.39	39.61	29.59	1.142	-0.226	1.226	0.333	25.265	CH	Alta	Alta
	57	9.39	50.65	21.24	29.41	89.64	-	22.20	77.8	0.378	-0.403	1.403	0.306	22.375	CH	Alta	Alta
	58	10.99	45.96	18.27	27.69	86	-	16.18	83.82	0.330	-0.263	1.263	0.273	18.951	CL	Alta	Media
	59	13.94	51.29	22.22	29.07	89.74	-	16.73	83.27	0.349	-0.285	1.285	0.310	22.842	CH	Alta	Alta
	60	10.99	48.85	19.5	29.35	83.09	-	15.51	84.49	0.347	-0.290	1.290	0.293	21.061	CL	Alta	Media
	61	10.99	50.04	21.9	28.14	88.89	-	17.79	82.21	0.342	-0.388	1.388	0.301	21.929	CH	Alta	Alta
	62	10.04	48.76	21.44	27.32	87.52	-	21.30	78.7	0.347	-0.417	1.417	0.292	20.995	CL	Alta	Media

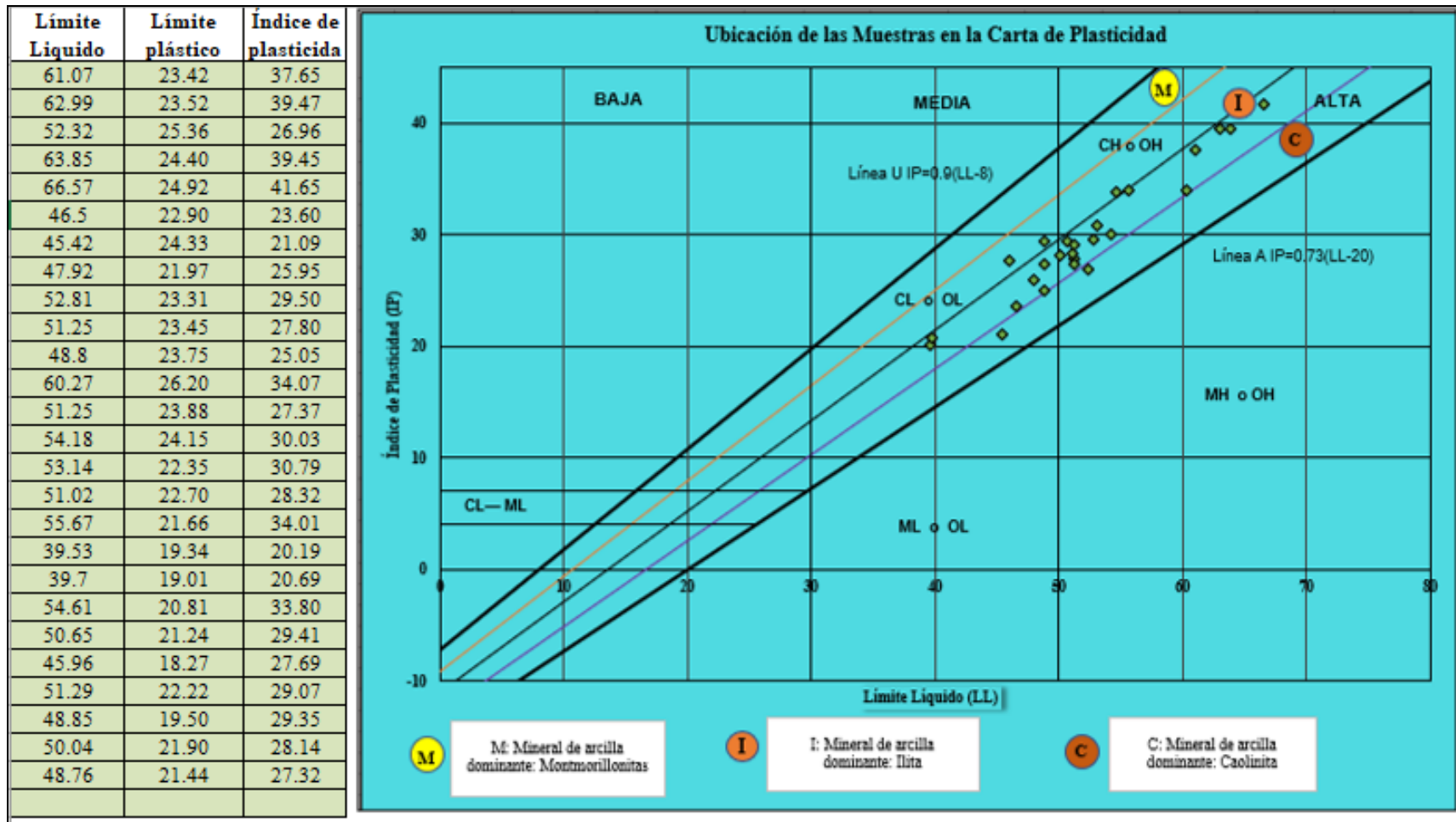


Figura 39. Distribución de puntos (LL, IP) correspondientes a las muestras procedentes del sector Bellavista, en la Carta de Plasticidad de Casagrande, modificado por Mitchel

La fuente 3 aportó el mayor número de muestras en la investigación. Al igual que los especímenes de las otras dos zonas de préstamo, la naturaleza del geomaterial califica como arcilla. In situ, presentaron, al momento de exploración, condiciones de humedad baja (en el rango de 10.04% a 22.95%); sin embargo, revelaron mayor humedad natural que las muestras de las otras dos fuentes. La fracción fina varió en el rango de 86.89% a 95.88%, con promedio de 91.21% y una diferencia porcentual de 13.51 puntos entre los valores máximo y mínimo de dicho parámetro (variación de concentración de finos más amplia de todas las fuentes de material préstamo evaluadas). Así mismo, 17 de 26 muestras (65.38%), presentaron valores de LL mayores a 50%, clasificando como arcillas de alta compresibilidad (CH) y el 34.61% restante, enseñaron valores de LL en el rango de 30 a 50%, calificadas como arcillas de compresibilidad media, geotécnicamente identificadas en el sistema unificado como (CL). [Se enfatiza lo ya dicho previamente, que el sistema unificado solo ofrece las opciones L ($LL < 50$) y H ($LL > 50$), para describir la compresibilidad de las arcillas]. Respecto de la plasticidad, evaluada en función del índice de plasticidad obtenido como ($LL - LP$), cuatro (4) de las muestras (equivalente al 15.38% del total de este grupo) presentan plasticidad media ($15 < IP < 25$); veintiuna (21 de 26) muestras (80.76%) revelan alta plasticidad ($25 < IP < 40$) y una (1) muestra (3.84%) enseña plasticidad muy alta ($IP > 40$).

Los valores de índice de liquidez (en el rango -0.524 a -0.037), todos negativos próximos a cero, implicando condición preconsolidada de la arcilla y, por ende, asociados a valores de $OCR > 1$. Si bien la totalidad de las muestras de la investigación revelaron índice de liquidez negativo, las de los grupos Cerezos y Bellavista, tienen más similitud en los valores de esa propiedad índice de los suelos cohesivos. Fue indicado y, se reitera, que este hallazgo se correlaciona bastante bien con el hecho de que en el campo se evidencia que, ni el complejo de

cantos del cuaternario ni los sedimentos del G. Guayabo están presentes en el predio de préstamo; por consiguiente, las arcillas de la F. León son materiales sobreconsolidados (esto es, la presión de preconsolidación causada sobre tales sedimentos en el pasado geológico es superior a los esfuerzos que los mismos tienen en la actualidad.

Casi la totalidad de las muestras indicaron una actividad expansiva baja menor a 0.75, pero mayor a la actividad que indican las arcillas de la fuente 1 (Delicias); sus valores oscilaron en el rango 0,254 a 1,142; resultado éste que, igualmente, se corresponde con la ubicación de los puntos (LL;IP) en la carta de plasticidad de Casagrande modificada por Mitchel (Ver **Figura 39**), donde se aprecia que las muestras presentan una mayor dispersión cubriendo parte de las zonas adyacentes al dominio de las Ialitas (sector central de la Carta) y, parte, en el rango de las Caolinitas, con la mayor cantidad de puntos ubicados sobre y arriba de la Línea A. Según la **Figura**, las arcillas de Bellavista parecen contener cantidades importantes de Illita y, de caolinita.

Analizadas en forma integral las tres fuentes, se aprecia que, pese a haber recolectado las muestras en fechas relativamente cercanas, con condiciones climáticas similares, de los tres sitios que están ubicados en el área urbana metropolitana de Cúcuta y, por ende, próximos entre sí, los especímenes procedentes de las tres fuentes revelaron condiciones de humedad diferentes, como se indica en la Tabla 29.

Tabla 29. Comparación de valores de humedades característicos (estado natural) de las arcillas de las tres fuentes

Fuente	Humedad máxima (%)	Humedad mínima (%)	Diferencia (%)	Humedad promedio (%)
1. Las Delicias	11,09	6,16	4,93	8,49
2. Los Cerezos	12,94	9,78	3,16	11,04
3. B. Bellavista	22,95	9,39	13,56	13,53

La humedad mínima fue encontrada en una de las muestras de la fuente 1, la humedad máxima se halló en la fuente 3. Al analizar los rangos de esta propiedad de estado, se aprecia que la mayor diferencia de humedades de muestras procedentes del mismo sitio de préstamo, la tiene la fuente 3 (Bellavista) y, la menor, la registraron las muestras del sector Los Cerezos.

La naturaleza arcillosa de los suelos analizados condujo la definición del porcentaje de finos aplicando la prueba de lavado sobre el tamiz 200. El máximo porcentaje de finos (PT200) lo revelaron las muestras de la fuente 1 (Las Delicias), y el mínimo porcentaje de finos lo registró la fuente 3 (Bellavista). El hecho de que la muestra 3 presente el menor porcentaje de finos puede estar asociado al carácter de la cementación in situ de los sedimentos arcillosos de la Formación León que, en el Barrio Bellavista, registra fisonomía de macizo rocoso sedimentario de arcillolitas; contrariamente, las arcillas en las otras dos fuentes, tiene más rota su estructura rocosa y presentan, in situ, constitución de suelo. Ver Tabla 30.

Tabla 30. Análisis comparativo de las fuentes según el porcentaje de finos

Fuente	Máximo de finos (%)	Mínimo de finos (%)	Diferencia (%)	Finos promedio (%)
1. Las Delicias	98,30	87,81	10,49	94,54
2. Los Cerezos	94,91	89,08	5,83	92,22
3. Bellavista	96,60	83,09	13,51	91,21

La mayor diferencia entre los valores límites de los rangos de porcentaje de finos por sitio de muestreo, lo presenta la fuente 3 y, la menor diferencia de tales límites lo registra la fuente 2.

El 61,3% del total de las muestras califican como de compresibilidad alta ($LL > 50$); el restante 38,7% de las muestras clasificaron como de compresibilidad media ($30 < LL < 50$). En forma desglosada, de la fuente 1, el 27,7% de las muestras revelaron alta compresibilidad, las restantes indicaron compresibilidad media. De la fuente 2, el 88,88% de las muestras son de alta compresibilidad y, el 11,11% de compresibilidad media. Por su parte, de la fuente 3, el 65,38% de las muestras fueron de alta compresibilidad y, 34,61% de compresibilidad media. Los datos extremos del Límite Líquido (máximo: 66,57%; mínimo: 39,53%) lo presenta la fuente 3 (Bellavista), valores estos que ofrecen la mayor diferencia de esta variable en una misma fuente. Por su parte, las muestras de las fuentes 1 y 2, enseñaron diferencias entre extremos (máximo y mínimo) del LL similares, tal y como se colige de los datos consignados en la Tabla 31.

Tabla 31. Evaluación comparativa de LL en las arcillas de las tres fuentes evaluadas

Fuente	Número total de muestras	#M con compresibilidad media	#M con compresibilidad alta	LL máximo (%)	LL mínimo (%)	Diferencia (%)	LL promedio (%)
1. Las Delicias	18	13	5	53,25	42,52	10,73	47,28
2. Los Cerezos	18	2	16	60,92	48,75	12,17	54,34
3. Bellavista	26	9	17	66,57	39,53	27,04	52,09
Total	62	24	38				

El mayor rango de valores de Límite plástico (LP) lo presentaron las muestras de la fuente 3 y, el menor rango de este parámetro lo tiene la fuente 2. Los valores de LP oscilaron entre 18.27% y 27.15%. Ver Tabla 32.

Tabla 32. Análisis comparativo de LP para las arcillas de las tres fuentes

Fuente	LPmáx (%)	LPmín (%)	Diferencia (%)	LP promedio (%)
1. Las Delicias	27,15	20,71	6,46	23,51
2. Los Cerezos	24,24	18,72	5,2	21,79
3. Bellavista	26,20	18,27	7,93	22,54

Al comparar las humedades naturales de las muestras con los valores de humedad límite (LP, LL) se colige que todas las muestras presentaban condición de humedad parcial y consistencia semisólida a sólida in situ.

El índice de plasticidad revela la capacidad de deformación permanente que tiene un suelo cohesivo. El grado de plasticidad de un suelo se define, en este documento, de conformidad con consulta bibliográfica realizada, según el criterio indicado en la Tabla 33:

Tabla 33. Descripción cualitativa de la plasticidad a partir del IP

IP	< 4	4 -7	7 -15	15 – 25	25 -40	> 40
Descripción	Nula	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta

De acuerdo con estos rangos, 44 de las 62 (aproximadamente el 71%) de las muestras, presentan alta plasticidad ($25 < IP < 40$), una (1) o sea el 3,84% tiene muy alta plasticidad ($IP > 40$) y 17 (27,41%) enseñan plasticidad media ($15 < IP < 25$).

4.3 Preparación del Material de Tratamiento de la Arcilla (Retal de Vidrio)

La figura 40 muestra los tres pasos fundamentales del procedimiento seguido en la obtención y preparación del material vítreo.

**Figura 40. Preparación (conminución y tamizado) del material vítreo**

Conforme se visualiza, fueron inicialmente identificadas las vidrierías existentes en el área metropolitana de Cúcuta como potenciales aportantes de retal de vidrio reciclable útil para los objetivos del proyecto. Con este listado como guía se planificaron las jornadas de establecimiento de contactos y, de recolección del material.

Con la disposición, en el laboratorio, del retal de vidrio recolectado, se procedió a adecuarlo a los tamaños apropiados para el diseño de las mezclas con arcilla. En este propósito, fueron planificadas dos fases: una, de conminución (reducción de tamaños) y, la segunda, de tamizado.

La fase de conminución del retal, se hizo en forma mecánica, mediante un molino de bolas, en el Laboratorio de Minería de la UFPS. La figura 41, ilustra distintos momentos del proceso de conminución y tamizado, cuyo desarrollo se hizo en varias sesiones, debido a la capacidad del equipo de trituración disponible. En cada sesión fueron triturados 5 kg. de retal de vidrio.

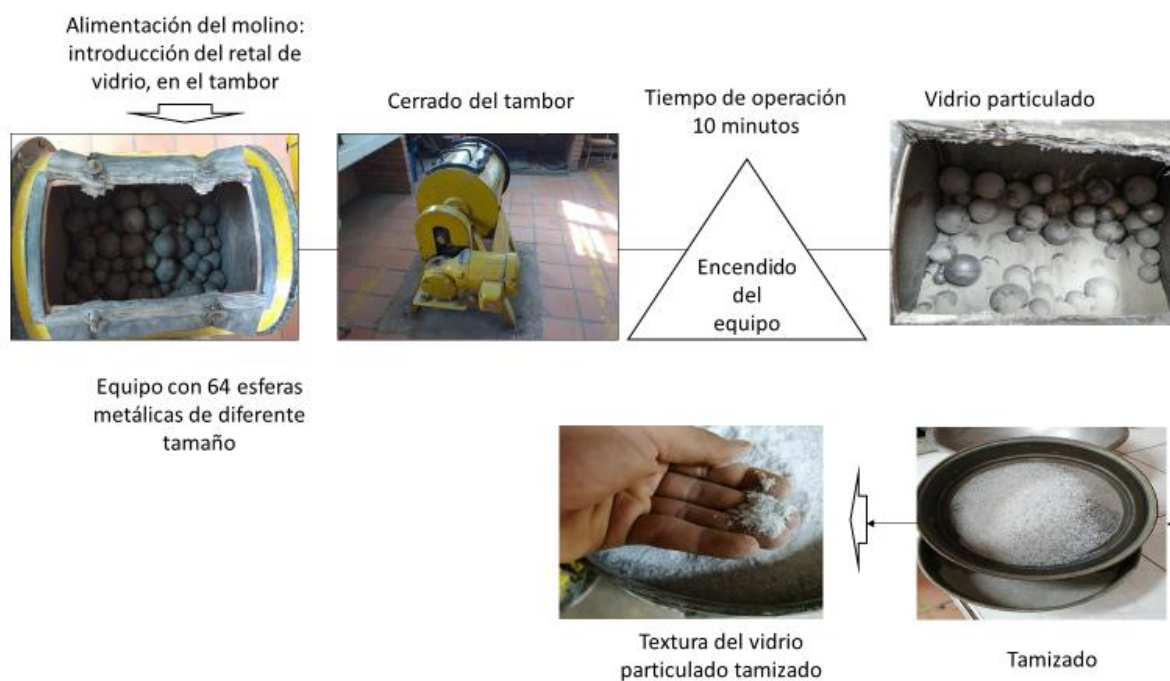


Figura 41. Conminución de retal de vidrio mediante el molino de bolas

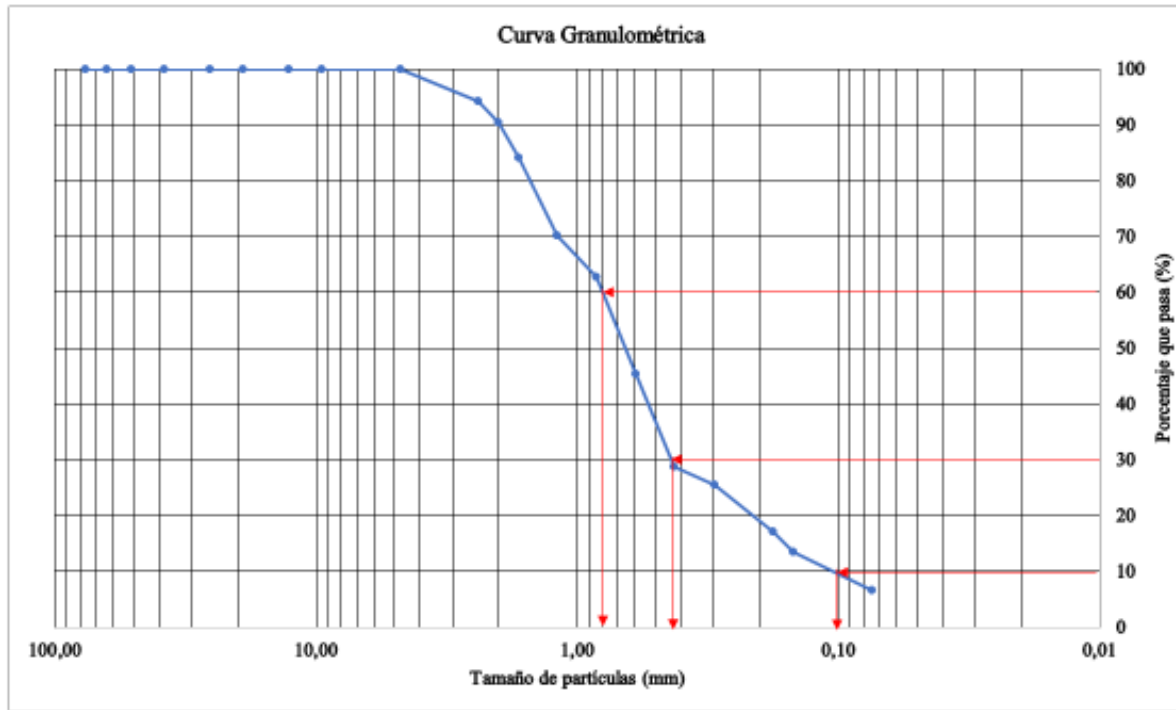
El material reducido a partículas y polvo por molienda en el molino de bolas fue, preventivamente, almacenado en recipientes metálicos y, debidamente dispuestos en sitios seguros para evitar accidentes por contacto con estos residuos. Dada la naturaleza abrasiva y cortante del vidrio, en el marco de una cultura de prevención de accidentes, su manipulación (tanto en la presentación de retal, como de material particulado) exigió el uso de elementos de seguridad.

4.3.1 Caracterización textural de las partículas de vidrio. El material vítreo particulado fue sometido a prueba granulométrica para determinar su gradación. La tabla 34 registra información relativa al ensayo de descripción textural practicado al material vítreo. Por su parte, el gráfico 8 ilustra la curva granulométrica correspondiente:

Tabla 34. Granulometría del vidrio artificial particulado

Tamiz número	Abertura (mm)	Masa retenida (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3"	76,200	0,0	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,500	0,0	0,00	0,00	100,00
2"	50,800	0,0	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,0	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,0	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,525	0,0	0,00	0,00	100,00
N° 4.	4,760	1,8	0,05	0,05	99,95
N° 8	2,380	201,6	5,76	5,81	94,19
N° 10	2,000	135,2	3,86	9,67	90,33
N° 12	1,680	214,8	6,14	15,81	84,19
N° 16	1,190	492,9	14,08	29,89	70,11
N° 20	0,841	257,5	7,36	37,25	62,75
N° 30	0,595	607,8	17,37	54,62	45,38
N° 40	0,425	579,7	16,56	71,18	28,82
N° 50	0,297	113,5	3,24	74,42	25,58
N° 80	0,177	300,1	8,57	83,00	17,00
N° 100	0,149	124,8	3,57	86,56	13,44
N° 200	0,074	239,8	6,85	93,41	6,59
Pasa N° 200	< 0,074	230,5	6,59	100,00	0,00
TOTAL		3500,0	100,00		

Condiciones de buena gradación de una arena: $C_u > 6$ $1 < C_c < 3$



Clasificación Unificada del
vidrio particulado

Arena pobremente
gradada, con % de finos
combinados en el rango
5% a 12%

Los finos resultaron ser
no plásticos

Arena pobremente
gradada, arena limosa.
Arena de vidrio artificial

(SP-SM)

Dados de la curva granulométrica del vidrio: $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 0.8$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}} = 5.25$

Figura 42. Curva Granulométrica del vidrio

De conformidad con los criterios de buena gradación de una arena [$1 < C_c < 3$; $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} >$

6], siendo C_c : coeficiente de curvatura y, C_u , coeficiente de uniformidad, la arena de vidrio

artificial no satisface ninguna de las dos condiciones; para el caso analizado [$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 8$ y,

$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}} = 5.25$]. Consecuentemente, la arena de vidrio analizada se clasifica en el sistema

unificado como una arena pobremente gradada, arena limosa (habida cuenta que los finos presentes fueron 6.59% y resultaron ser no plásticos). Se trata, de esta forma, de un suelo granular de transición y recibe como símbolos SP-SM.

De los 80 Kg de retal de vidrio triturados, 9 kilogramos (11.25%) de partículas de vidrio resultantes de la trituración, pasaron el tamiz 40. Este fragmento pasante constituyó el material base para la elaboración de las mezclas arcilla-vidrio.

El “polvo de vidrio” adoptado (pasa tamiz 40), fue embalado en bolsas plásticas resellables y debidamente marcadas. El aquí denominado “polvo de vidrio”, mostrado en la Figura 43, se comportó como su nombre adoptado (polvo), con una textura tal que no representaba peligro alguno para infringir corte durante el proceso de manipulación.



Figura 43. Tamizado y almacenamiento del vidrio

4.3.1.1 Ensayo de corte directo. El material vítreo particulado fue sometido al ensayo de corte directo en el cual fue ensayado con carga de 5 Kg, 8 Kg, 13 Kg y 21 Kg. El ensayo se realizó con el fin de obtener el ángulo de fricción en el cual se tomaron valores de deformación vertical y horizontal en determinados puntos de carga. La **Figura 44** ilustra los puntos de esfuerzo y deformación necesarios para obtener el ángulo de fricción.

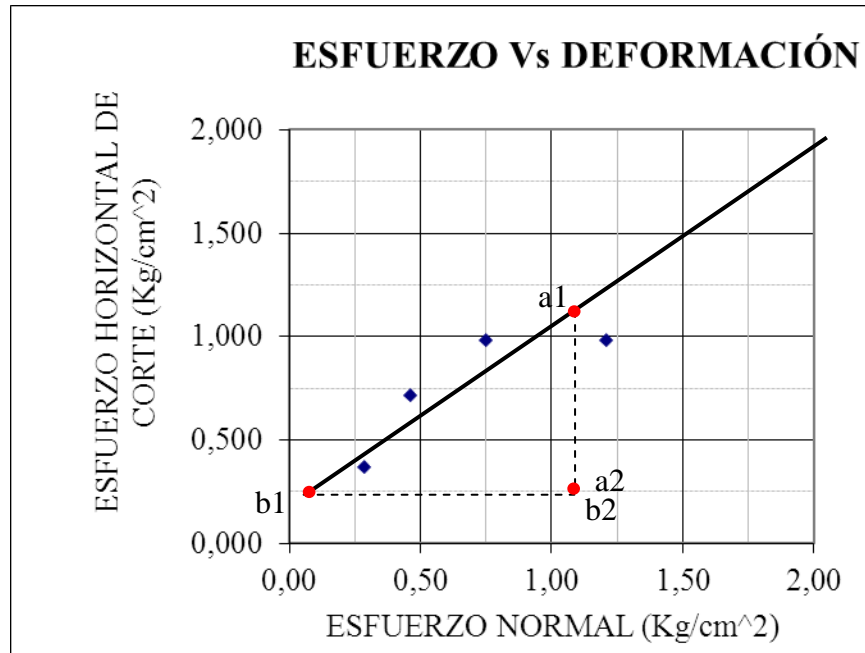


Figura 44. Esfuerzo vs Deformación-Ensayo de corte al vidrio particulado

En la **Figura 44**, podemos deducir los valores que tiene a_1 , a_2 , b_1 y b_2 . De lo anterior, se aplica una función trigonométrica la cual nos permite hallar el ángulo del triángulo mediante el valor que posee cada una de las letras, este valor obtenido como ángulo de fricción de es 40.36° . En la figura 45, se puede observar parte del equipo que es usado en el ensayo de corte directo. (Ver Anexo 8).



Figura 45. Ensayo de corte directo-Vidrio

4.4 Tratamiento de Muestras con Partículas de Vidrio y Evaluación de su Comportamiento Geomecánico con agua Tratada y, con Agua Residual Minera

4.4.1 Mezclas arcillas – vidrio. Fueron diseñadas y elaboradas dos sets de mezclas, una usando agua tratada del acueducto municipal de Cúcuta y tomada de las instalaciones domiciliarias del Laboratorio de suelos de la UFPS y, otra, usando agua residual minera. En la figura 46 se presentan los dos ingredientes nuevos (agua residual de minería, captada en fuente boca de mina) y, polvo de vidrio elaborado a partir de retal vítreo de reciclaje.



Figura 46. Agua residual minera.

4.4.2 Diseño de las mezclas suelo-partículas de vidrio. Fueron seleccionadas siete (7) muestras de arcilla, previamente caracterizadas (ver capítulo 3 de este documento), para ser tratadas por mezclado con vidrio. De conformidad con criterios previamente expuestos se diseñaron dos mezclas, una con 15% de vidrio en peso de suelo seco y, otra, con 20% de componente vítreo.

Con base en el dato de límite líquido que es un indicador de la compresibilidad de las arcillas e información base para evaluar otros valores índices (plasticidad, expansividad, actividad, etcétera), se franjearon los resultados, estableciendo rangos con variación de 5% de humedad, tal y como se ilustra en la figura 47, abajo mostrada. Este procedimiento, planteado por el diseño experimental aleatorio, utilizado, permite seleccionar muestras al azar y, evaluar la distribución de una variable (LL, en este caso) para la totalidad de las muestras y, en forma conjunta para todas las fuentes de material de préstamo.

Todos los especímenes evaluados clasificaron como de compresibilidad media ($30 < LL < 50$) a compresibilidad alta ($LL > 50$). La Figura 47, muestra la distribución por rangos de LL, con variación del

5% de humedad y, destaca demarcadas con un cuadro, las muestras escogidas al azar para el diseño de las mezclas. Se aprecia que las muestras de la fuente 1 (Delicias) quedaron distribuidas en tres franjas. Pese a que se pensó en seleccionar solo las muestras de mayor límite líquido, se consideró como más válido el criterio de que tal condición, si bien es existente en la población analizada, no es una característica singular de la misma y, en consecuencia, a tono con el diseño experimental aleatorio, se optó por seleccionar muestras al azar, de las franjas de humedad líquida que concentraran el mayor número de especímenes.

En razón a que el número de muestras analizadas fue de 62, se escogieron al azar 7 muestras (correspondientes a un poco más del 10% de dicho volumen, lo cual es apropiado en estadística aleatoria para un grado de confianza igual o superior al 90% y un máximo de error permitido menor o igual al 10%).

Para la adopción de las siete muestras, se estableció como criterio seleccionarlas de las franjas de humedad líquida que concentraran el mayor número de especímenes. De esta manera, las siete muestras se distribuyeron así: dos (2) de las extraídas de la fuente 1 (Delicias), dos (2) de las procedentes del sector 2 (Cerezos) y tres (3) de la fuente 3 (Bellavista). Esta distribución obedece al peso ponderado de cada volumen de muestras por sitio respecto del número total de muestras analizadas (así, por ejemplo, de la fuente Delicias, procedieron 18 de las 62 muestras analizadas, correspondiente al 29.03%. Si deben distribuirse 7 muestras para mezclado, de la fuente Las Delicias corresponderían dos (2) muestras que resultan de multiplicar (0.2903×7) ., igual análisis se hace para determinar el número de muestras para la mezcla de las otras dos fuentes.

En el concepto de diseño experimental aleatorio, se escogieron de la fuente 1 (Las Delicias), las muestras identificadas con los No. 6 y 11, para ser tratadas, las cuales se ubican en las franjas de Límite líquido con mayor número de muestras. De igual manera, las muestras del sector Los Cerezos, distribuidas mayoritariamente en tres franjas, se seleccionaron las definidas con los números 21 y 29 de las dos zonas

con mayor concentración. Finalmente, las muestras procedentes de la fuente 3 (Bellavista) quedaron distribuidas en cinco (5) franjas; la selección de las tres muestras para mezclado (las identificadas con los No. 38, 47 y 51) se tomaron de las secciones con mayor concentración de especímenes.

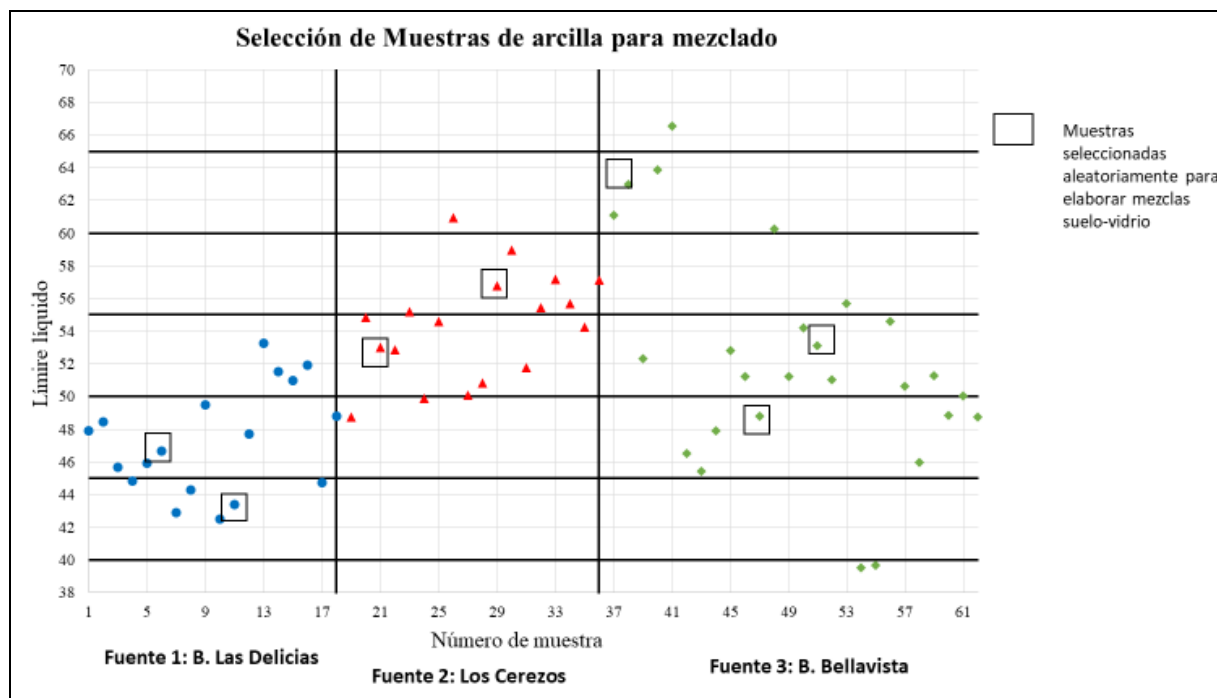


Figura 47. Establecimiento de franjas de humedad en el límite líquido, para seleccionar las muestras de arcilla

4.4.3 Ensayos réplica de comprobación. En razón a la adopción de la decisión de darle un manejo estadístico a la información, utilizando para ello el procesamiento de la Información en R., se procedió a determinar el número de réplicas necesario para lograr buena precisión en las estimaciones de las medias de los tratamientos y, dar potencia a las evaluaciones estadísticas a efectuar a cada tratamiento sujeto de análisis. Se optó por realizar cuatro (4) réplicas a cada ensayo que se practicara a las mezclas, de conformidad con los datos presentados en la tabla 35.

Tabla 35. Número de réplicas necesarias para un coeficiente de variación dado (%CV) y probabilidad (1- β), de obtener una diferencia significativa de % δ entre dos medias de tratamiento con una prueba bilateral de significancia α .

		$\alpha = .05$		$\alpha = .05$	
		% δ		% δ	
%CV	1 - β	10	20	10	20
5	0.8	4	1	6	2
	0.95	7	2	9	3
10	0.8	16	4	24	6
	0.95	26	7	36	9

Fuente: Kuehl, s.f.

4.4.4 Descripción del análisis estadístico mediante el programa R. El análisis estadístico mediante el programa R, requiere que se establezcan variables respuesta y niveles del factor de observación que, para el caso de la presente investigación, dicho factor corresponde al vidrio de reciclaje particulado.

En este sentido, en la evaluación del comportamiento de la plasticidad, la variable respuesta asumida fue el índice de plasticidad, que es el criterio que define la capacidad de moldeo de las arcillas. Los niveles del factor adoptados fueron cuatro, cantidad coincidente con los cuatro tratamientos (T), denominados en la programación como: T1, T2, T3 y T4, a saber:

T1: 15% de vidrio + agua potable

T2: 15% de vidrio + agua residual minera

T3: 20% de vidrio + agua potable

T4: 20% de vidrio + agua residual minera

En forma similar, para la evaluación de la actividad expansiva, se adoptó como variable respuesta el grado de expansión y, se definieron dos niveles del factor, coincidentes con dos tratamientos, denominados en la programación como:

15% de vidrio

20% de vidrio

Para establecer si los tratamientos son significativos es necesario tener valores de control que, para el caso presente, fueron obtenidos, durante el desarrollo del segundo objetivo específico de la presente investigación, en los cuales los ensayos de laboratorio no contemplaron el uso del vidrio.

El procesamiento de datos en el software R, exige la introducción de la información del ensayo de control y, los ensayos con los tratamientos, junto con sus respectivas réplicas, en forma de vector. Posteriormente la información suministrada en el vector, es agrupada según sea su condición; es decir, la información debe organizarse, de tal manera que, los datos vayan en el siguiente orden: primero, los datos pertenecientes al ensayo de control, seguidos de los datos correspondientes a los tratamientos, según sea la circunstancia.

Una mejor visualización de la información previamente introducida en el software, se logra construyendo una tabla matriz de n número de filas y 3 columnas. En las columnas se asigna el número de ensayos, el factor con sus respectivos niveles y, la variable respuesta. Mediante el uso de la función “tapply”, se calculan los promedios del control y, de los tratamientos; posteriormente, resulta útil realizar diagramas de caja con la función “boxplot”, donde se aprecia cuál es distribución de los valores y, permite identificar valores extremos (mínimos y máximos)

además de valores atípicos o puntos de datos únicos.

En el eje de las abscisas se ubica la variable respuesta y en el eje de las ordenadas se ubican los niveles utilizados. De esta **Figura**, se hace un primer reconocimiento para determinar cuál puede ser el nivel más eficiente en el tratamiento de las propiedades evaluadas.

Para verificar si los tratamientos son significativos se procede a realizar un análisis de varianza haciendo uso de la función “aov” que permite la construcción de la tabla anova. Si el valor p [$\Pr(>F)$] tiende a ser cero, se confirma que las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto de los tratamientos en las muestras ensayadas.

Con el fin de evaluar la validez del modelo, se procede a construir un vector que contiene los promedios tanto del control como de cada uno de los niveles, los residuales (errores experimentales), se calculan restando los vectores que contienen los valores de control y las medias de cada tratamiento.

Para verificar que la distribución de los errores experimentales tenga un comportamiento normal se procede a construir una gráfica de cuantiles normales (Q-Q Plot). Esta es una prueba gráfica, por lo cual se realiza una prueba analítica con más validez estadística, esta prueba es la de Shapiro (Shapiro Test), en esta prueba se espera que el valor p (p-value) sea mayor a 0.05 (5%).

Finalmente, la suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos.

Dependiendo de la inconsecuencia de la varianza de los residuales (errores experimentales) se puede hacer necesario o no realizar más pruebas adicionales para comprobar el supuesto de que

los errores residuales tienen una distribución normal.

4.4.5 Procesamiento de datos de laboratorio. Los datos, de campo y laboratorio, consignados en formatos previamente diseñados o adaptados, fueron objeto de procesamiento en Hoja Excel.

Simultáneamente fue utilizado el programa estadístico R., el cual es un entorno y lenguaje de programación robusto, para manejo de datos, análisis estadístico, funciones y realización de gráficos. Este programa fue concebido para ser utilizado en la solución de problemas matemáticos y estadísticos en general y, ya ha sido probado por diferentes investigadores resultando ser una herramienta esencial en diferentes investigaciones.

4.4.5.1 Pruebas de límites de Atterberg realizadas a las mezclas arcilla-vidrio. Las pruebas mencionadas se realizaron conforme a las normas INVIAS correspondientes. Las mezclas suelo -vidrio, se elaboraron en seco, pero los ensayos de plasticidad de las mezclas resultantes requirieron de humectación, para lo cual se utilizó agua tratada y agua residual minera. A cada tipo de ensayo le fueron practicadas cuatro (4) réplicas. Las tablas 36 a 39, presentan los resultados de límite líquido efectuado a cada uno de las mezclas [(85% de arcilla + 15% de vidrio); (80% de arcilla + 20% de vidrio)].

Tabla 36. Valores del límite líquido en mezclas de arcilla con 15% vidrio + Agua potable

Fuente	Número de Muestra	Límite Líquido de la arcilla	Mezclas de suelo-vidrio (15%)				
			Humectación con agua potable				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
			ER1	ER2	ER3	ER4	
Sector Las Delicias	6	46.67	45.49	43.61	42.37	41.39	41.57
	11	43.41	38.69	39.46	39.96	39.30	38.62
Sector Los Cerezos	21	53.02	47.72	47.40	46.59	46.22	46.84
	29	56.78	48.78	46.66	48.48	48.15	47.85
Sector Barrio Bellavista	38	62.99	57.31	56.50	56.78	56.72	59.18
	47	48.80	47.06	45.48	45.63	44.66	47.24
	51	53.14	49.42	46.98	50.32	50.56	47.27

Tabla 37. Valores del límite líquido en mezclas de arcilla con 15% vidrio + Agua residual minera

Fuente	Número de Muestra	Límite Líquido de la arcilla	Mezclas de suelo-vidrio (15%)				
			Humectación con Agua Residual Minera				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
			ER1	ER2	ER3	ER4	
Sector Las Delicias	6	46.67	46.57	43.60	43.42	45.58	46.54
	11	43.41	42.79	43.32	42.11	42.08	39.27
Sector Los Cerezos	21	53.02	47.68	47.62	46.95	48.52	47.34
	29	56.78	48.79	48.18	46.15	47.93	48.62
Sector Barrio Bellavista	38	62.99	57.83	53.38	53.09	54.16	55.72
	47*	48.80	57.76	57.05	54.72	55.47	57.00
	51*	53.14	57.33	51.57	52.73	54.50	54.80

Tabla 38. Valores del límite líquido en mezclas de arcilla con 20% vidrio + Agua potable

Fuente	Número de Muestra	Límite Líquido de la arcilla	Mezclas de suelo-vidrio (20%)				
			Humectación con agua potable				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
			ER1	ER2	ER3	ER4	
Sector Las Delicias	6	46.67	41.78	40.89	41.69	40.97	40.39
	11	43.41	37.93	38.34	38.73	37.43	37.23
Sector Los Cerezos	21	53.02	49.21	47.69	45.88	45.92	45.05
	29	56.78	48.91	44.99	49.02	46.83	44.54
Sector Barrio Bellavista	38	62.99	53.42	55.87	58.58	53.62	53.29
	47	48.80*	45.65	43.76	45.73	42.74	46.53
	51	53.14*	46.28	45.14	45.87	46.62	44.35

Tabla 39. Valores del límite líquido en mezclas de arcilla con 20% vidrio + Agua residual minera

Fuente	Número de Muestra	Límite Líquido de la arcilla	Mezclas de suelo-vidrio (20%)				
			Humectación con agua residual minera				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
			ER1	ER2	ER3	ER4	
Sector Las Delicias	6	46.67	44.11	41.74	44.01	43.58	41.85
	11	43.41	40.08	41.05	40.07	41.08	40.12
Sector Los Cerezos	21	53.02	46.75	44.21	45.47	45.27	45.75
	29	56.78	47.13	47.55	47.56	48.23	46.81
Sector Barrio Bellavista	38	62.99	52.89	51.72	51.10	56.42	51.55
	47	48.80*	54.51	52.59	51.19	51.16	55.88
	51	53.14*	53.42	53.23	55.31	50.63	55.60

Son varios los aspectos observados de este ejercicio, así:

Al comparar el valor base (primer ensayo) realizado a la mezcla (X_o), con los valores obtenidos en los ensayos réplica (X_r) se aprecia una ligera variación en el valor de la propiedad hallada. Esta variación es debida a los recursos de error que conlleva cada prueba, unos asociados a la variabilidad del material ensayado, otros de carácter humano y, algunos vinculados con la calibración, resolución y precisión de los equipos utilizados.

En consecuencia, puede decirse que el valor de una variable determinada (ejemplo, LL) es el obtenido en el ensayo base (X_o) $\pm \Delta X$, siendo ΔX el valor hallado mediante la ecuación 13.

$$\Delta X = \frac{X_o - X_r}{X_o} * 100$$

Ecuación 14. Cálculo del porcentaje de variación.

Para el caso que nos ocupa, la variación que, el LL registró para los suelos mezcla es, en promedio del 3%.

Salvo dos de las mezclas con muestras procedentes del sector Bellavista, en el que el resultado fue inverso al humectarse con agua residual minera, las restantes mezclas arcilla - vidrio, produjeron una reducción importante de la compresibilidad y, por ende, de las demás propiedades que dependen del LL. Este hecho, puede ser debido (sin que resulte concluyente tal aseveración) a la alta concentración de yeso que tiene la fuente 3 (Bellavista) o, al carácter litificado que presenta el material in situ (litificación). Una investigación que evalúe el grado de expansividad de las arcillas locales derivada de la presencia de yeso, está en mora de abordarse.

Un poco más sobre lo consignado en el párrafo anterior. De las 7 muestras ensayadas para dos proporciones de vidrio (15 y 20%) y dos humectantes de mezclado (agua tratada y agua residual minera), que dan en total 28 ensayos, solo cuatro pruebas (arcilla+15% de vidrio + agua residual minera) y, (arcilla+20% de vidrio + agua residual minera), correspondientes a dos muestras de la Formación Bellavista, no redujeron la compresibilidad, sino que contrariamente, la aumentaron. Por consiguiente, no puede señalarse que el resultado inverso haya sido el hidratante de humectación utilizado y, tampoco, que sea la naturaleza de la arcilla, pues al menos una procedente de la fuente discordante dio resultados favorables, independientemente de la proporción de mezcla y del agua utilizada.

La reducción de la compresibilidad en las mezclas arcilla + vidrio (en ambas proporciones, 15 y 20% de vidrio), con agua tratada varió del 2.5% al 15%, en todas las arcillas, independientemente de la fuente de procedencia (un mejoramiento importante).

La reducción de la compresibilidad en las mezclas arcilla + vidrio (en ambas proporciones, 15 y 20% de vidrio), con agua residual minera varió del 0.3% al 17%, en todas las arcillas de las fuentes Delicias y Cerezos y, en una de las muestras de Bellavista, (un mejoramiento importante). Sin embargo, dos muestras de arcilla de la F. León, del sector Bellavista, aumentaron su compresibilidad, para las dos proporciones de vidrio, evaluadas, cuando la humectación fue con agua residual minera. El incremento de la compresibilidad varió entre 0.52% a 11.7%, en una de las muestras y, 7.9 a 18.4% en la otra muestra.

Dado que, mayoritariamente, los resultados mostraron favorabilidad del mezclado arcilla-vidrio, en la reducción de la compresibilidad y expansividad, se deduce que la arcilla reduce su compresibilidad y, por ende, su expansividad, cuando es tratada con vidrio. Los dos casos ilustrados que no siguieron ese patrón, requieren una mayor comprobación. (Ver Anexo 9).

4.4.5.2 Límite plástico. Se registra a continuación la información condensada derivada de la prueba de Límite plástico. Ver Tablas 40 a 43.

Tabla 40. Límite plástico 15% vidrio + Agua potable

Fuente	Número de muestra	Límite Plástico de la arcilla	Mezclas suelo-vidrio (15%)				
			Humectación con agua potable				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
			ER1	ER2	ER3	ER4	
Sector Las Delicias	6	24,96	19,10	19,43	19,30	19,16	19,15
	11	20,78	15,82	16,75	17,14	17,57	17,47
Sector Los Cerezos	21	20,51	17,89	21,14	18,87	19,54	18,22
	29	23,41	19,25	19,20	19,21	19,24	19,27
Sector Barrio Bellavista	38	23,52	20,03	19,66	20,14	20,63	21,33
	47	23,75	18,82	19,74	18,54	18,12	18,83
	51	22,35	18,36	17,22	19,41	18,16	18,63

Tabla 41. Límite plástico 15% vidrio + Agua residual minera

Fuente	Número de muestra	Límite plástico de la arcilla	Mezclas suelo-vidrio (15%)				
			Humectación con agua residual minera				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
ER1	ER2	ER3		ER4			
Sector Las Delicias	6	46,67	46,57	43,60	43,42	45,58	46,54
	11	43,41	42,79	43,32	42,11	42,08	39,27
Sector Los Cerezos	21	53,02	47,68	47,62	46,95	48,52	47,34
	29	56,78	48,79	48,18	46,15	47,93	48,62
Sector Barrio Bellavista	38	62,99	57,83	53,38	53,09	54,16	55,72
	47	48,80*	57,76	57,05	54,72	55,47	57,00
	51	53,14*	57,33	51,57	52,73	54,50	54,80

Tabla 42. Límite plástico 20% vidrio + Agua potable

Fuente	Número de muestra	Límite plástico de la arcilla	Mezclas suelo-vidrio (20%)				
			Humectación con agua potable				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
ER1	ER2	ER3		ER4			
Sector Las Delicias	6	24,96	19,30	21,79	18,85	18,58	18,02
	11	20,78	17,57	17,81	16,72	17,35	16,28
Sector Los Cerezos	21	20,51	18,01	17,50	20,42	17,62	19,22
	29	23,41	19,24	19,42	19,24	19,14	19,09
Sector Barrio Bellavista	38	23,52	19,66	20,39	19,72	20,11	18,56
	47	23,75	18,64	17,70	18,27	17,54	16,85
	51	22,35	16,89	17,23	18,36	19,03	19,56

Tabla 43. Límite plástico 20% vidrio + Agua residual minera

Fuente	Número de muestra	Límite plástico de la arcilla	Mezclas suelo-vidrio (20%)				
			Humectación con agua residual minera				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
ER1	ER2	ER3		ER4			
Sector Las Delicias	6	46,67	44,11	41,74	44,01	43,58	41,49
	11	43,41	40,08	41,05	40,07	41,08	40,12
Sector Los Cerezos	21	53,02	46,75	44,21	45,47	45,27	45,75
	29	56,78	47,13	47,55	47,56	48,23	46,81
Sector Barrio Bellavista	38	62,99	52,89	51,72	51,10	56,42	51,55
	47	48,80*	54,51	52,59	51,19	51,16	55,88
	51	53,14*	53,20	53,23	55,31	50,63	55,60

El comportamiento de las muestras observadas en la evaluación del LL se sostiene con los resultados hallados para el Límite plástico. Como el LL y, el LP definen el IP, la evaluación se hará a dicha variable. (Ver Anexo 9).

4.4.5.3 Plasticidad. El índice de plasticidad hallado en el laboratorio (LL-LP) es mostrado en las tablas 44 a 47.

Tabla 44. Índice de plasticidad 15% Vidrio + Agua potable

Fuente	Número de muestra	Índice de plasticidad de las muestras	Mezclas suelo-vidrio (15%)				
			Humectación con agua potable				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
ER1	ER2	ER3		ER4			
Sector Las Delicias	6	21,70	26,40	24,18	23,17	22,23	22,43
	11	22,64	22,87	22,70	22,83	21,72	21,16
Sector Los Cerezos	21	32,51	29,83	26,26	27,72	26,68	28,62
	29	33,37	29,53	27,46	29,27	28,91	28,58
Sector Barrio Bellavista	38	39,47	37,28	36,84	36,64	36,10	37,85
	47	25,05*	28,24	25,73	27,09	26,54	28,41
	51	30,78*	31,06	29,76	30,90	32,40	28,64

Tabla 45. Índice de plasticidad 15% Vidrio + Agua residual minera

Fuente	Número de muestra	Índice de plasticidad de las muestras	Mezclas suelo-vidrio (15%)				
			Humectación con agua residual minera				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
ER1	ER2	ER3		ER4			
Sector Las Delicias	6	21,70	27,99	25,43	25,95	26,72	28,13
	11	22,64	23,59	25,28	23,93	23,86	22,05
Sector Los Cerezos	21	32,51	26,29	27,73	25,55	25,76	27,28
	29	33,37	30,84	28,88	27,28	30,01	29,87
Sector Barrio Bellavista	38	39,47	36,25	34,52	29,85	31,92	35,22
	47	25,50*	38,48	39,33	34,45	35,66	35,28
	51	30,78*	38,19	29,61	30,59	32,21	32,80

Tabla 46. Índice de plasticidad 20% Vidrio + Agua potable

Fuente	Número de muestra	Índice de plasticidad de las muestras	Mezclas suelo-vidrio (20%)				
			Humectación con agua potable				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
			ER1	ER2	ER3	ER4	
Sector Las Delicias	6	21,70	22,34	19,10	22,83	22,38	22,37
	11	22,64	20,36	20,53	22,01	20,09	20,94
Sector Los Cerezos	21	32,51	31,21	30,18	25,46	28,30	25,83
	29	33,37	29,67	25,57	29,79	27,70	25,45
Sector Barrio Bellavista	38	39,47	33,76	35,48	38,86	33,60	34,73
	47	25,05*	27,00	26,06	27,46	25,21	29,67
	51	30,78*	29,39	27,91	27,51	27,58	24,80

Tabla 47. Índice de plasticidad 20% Vidrio + Agua residual minera

Fuente	Número de muestra	Índice de plasticidad de las muestras	Mezclas suelo-vidrio (20%)				
			Humectación con agua residual minera				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
			ER1	ER2	ER3	ER4	
Sector Las Delicias	6	21,70	26,73	23,81	25,37	24,57	25,74
	11	22,64	21,03	22,71	23,01	22,87	23,05
Sector Los Cerezos	21	32,51	27,82	23,19	24,26	25,01	25,79
	29	33,37	30,15	30,00	32,12	30,64	28,84
Sector Barrio Bellavista	38	39,47	30,39	29,00	28,62	33,93	28,74
	47	25,05*	31,06	29,61	29,70	34,56	25,24
	51	30,78*	33,05	32,45	33,90	29,70	34,07

En esta variable (IP), que conjuga las dos propiedades anteriores (LL, LP) los resultados no son concluyentes, tal y como se puede colegir de las anotaciones consignadas en la Tabla 48.

Tabla 48. Análisis de la influencia del IP en el comportamiento de las mezclas suelo-vidrio

Fuente	Mezcla arcilla+15% de vidrio	Mezcla arcilla+20% de vidrio
Las Delicias	1 muestra mejoró (reducción de la plasticidad), independiente del fluido de humectación	1 muestra mejoró (reducción de la plasticidad), cuando se hizo el mezclado con agua residual minera y desmejoró (aumentó la plasticidad) cuando la humectación se hizo con agua tratada.
Los Cerezos	Todas las muestras mejoraron, independiente de la proporción de mezclado y, del agua de mezcla.	
Bellavista	Una de las muestras mejoró (mostró reducción de la plasticidad), independiente de la proporción de mezclado y, del agua de mezcla. Una de las muestras desmejoró en las dos mezclas y con los dos fluidos de humectación Una de las muestras mejoró (mostró reducción de la plasticidad), en las dos proporciones de vidrio, cuando el agua de mezclado fue la residual minera y enseñó aumento de la plasticidad, en las dos mezclas, cuando fueron realizadas con agua tratada.	

De tales observaciones, se encuentra que 8 de las 14 mezclas hechas con agua tratada mostraron incremento de la plasticidad (desmejoraron la propiedad) frente a solo 4 de 14 ensayos realizados con agua residual minera. Dicho de otra forma, las mezclas con agua residual minera dieron mejores resultados que aquellas hechas con agua tratada.

Al comparar el incremento o reducción del IP de las mezclas, en términos de la influencia del porcentaje de vidrio adicionado, las muestras se tuvo mejor comportamiento (reducción de la plasticidad) cuando el porcentaje de estéril adicionado fue del 20%. Seis (6) de catorce (14) muestras, o sea, el 42.87% mostraron mejor resultado en las mezclas del 15% de vidrio, frente a 10 de 14 muestras o sea el 71.42% que mejoraron el comportamiento en las mezclas con 20% de vidrio.

4.4.5.4 Índice de expansión libre. El ensayo de expansión libre en probeta le fue realizado a la totalidad de las muestras de arcilla natural sin tratar (62) y, a las siete muestras resultado de las mezclas suelo-vidrio. Se utilizó aceite combustible para motores como líquido no polar y, medio comparativo de las mediciones basadas en la prueba con agua tratada. Al igual que los ensayos previos, al básico de ELP (expansión libre en probeta) para las mezclas se les hicieron cuatro réplicas. Ver tablas 49 y 50.

Tabla 49. Expansión libre 15% Vidrio.

Fuente	Número de muestra	Expansión de la arcilla natural (%)	Expansión con el 15% de vidrio				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
				ER1	ER2	ER3	ER4
Sector Las Delicias	6	57,89	23,21	16,96	29,09	26,13	17,65
	11	56,36	9,90	8,57	7,69	17,65	3,33
Sector Los Cerezos	21	59,09	36,36	47,15	38,21	48,28	33,33
	29	57,14	25,78	32,50	25,00	30,08	32,52
Sector Barrio Bellavista	38	68,99	41,67	41,67	33,33	32,50	39,82
	47	65,29	35,20	36,29	39,17	32,85	31,40
	51	65,29	38,46	41,67	38,46	41,67	30,77

Tabla 50. Expansión libre 20% Vidrio

Fuente	Número de muestra	Expansión de la arcilla natural (%)	Expansión con el 20% de vidrio				
			Ensayo base	Ensayos réplica			
				ER1	ER2	ER3	ER4
Sector Las Delicias	6	57,89	20,83	15,79	20,37	16,67	21,01
	11	56,36	2,94	5,26	6,06	13,95	1,54
Sector Los Cerezos	21	59,09	20,17	27,50	29,03	33,33	22,13
	29	57,14	25,00	27,27	23,08	16,67	36,36
Sector Barrio Bellavista	38	68,99	30,77	33,33	30,77	27,82	29,23
	47	65,29	28,57	23,19	23,94	25,38	22,46
	51	65,29	33,33	30,77	28,57	30,77	30,77

Esta variable mostró, para la totalidad de las mezclas, mejoramiento notable; es decir, se reduce ostensiblemente la expansión libre en probeta. Y tal reducción varió del 38.5 al 94.8%. Las arcillas procedentes de Las Delicias exhibieron mejores resultados (del 59.9 al 94.8% de reducción del IEL); las muestras captadas en Cerezos y Bellavista presentaron un comportamiento similar de mejoramiento (las primeras, 38.5 al 65.9% de reducción del IEL y, las segundas, del 40 al 56.3%).

En todos los casos, las mezclas hechas con agua residual minera definitivamente presentaron mayor reducción del índice de expansión libre en probeta, que las humectadas con agua tratada.

4.4.5.5 Proctor modificado. Esta prueba le fue practicada a 4 muestras para las cuales se contaba con suficiente material. De esta manera se hicieron los correspondientes Proctor modificado a las mezclas resultantes para cuatro (4) muestras [una (1) procedente de Las Delicias, 2 del sector Los Cerezos y una (1) tomada del Barrio Bellavista].

Luego de realizar y analizar los resultados del ensayo modificado de compactación, se aprecia un incremento en la densidad máxima seca tanto para las mezclas con 15% de vidrio como para las muestras que contenían el 20% de material vítreo, siendo indiferente el material de lubricado (agua tratada o agua residual minera). De esta forma, se realizaron un total de 16 ensayos Proctor modificado según se detalla en la tabla 51.

Tabla 51. Densidad máxima seca

Fuente	Datos arcilla natural			Datos para mezclas suelo-vidrio			
	Número de muestra	Contenido de humedad óptima (%)	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Densidad máxima seca (g/cm ³)			
				Humectación con agua potable		Humectación con agua residual minera	
				15% Vidrio	20% Vidrio	15% Vidrio	20% Vidrio
Las Delicias	2	7,54	1,89	1,98	1,98	1,96	1,97
	14	8,77	1,81	1,91	1,94	1,90	1,88
Los Cerezos	28	11,47	1,90	1,96	1,97	1,98	2,00
Bellavista	41	19,02	1,76	1,85	1,79	1,83	1,89

Nota. Resultados del ensayo de Proctor modificado. Tratamiento 15% Vidrio + Agua potable, 20% Vidrio + Agua potable, 15% Vidrio + Agua residual minera, 20% Vidrio + Agua residual minera.

Se destaca un aumento de la densidad seca máxima, obtenida en la prueba Proctor modificado, en las mezclas suelo-vidrio. En primera instancia, el análisis comparativo de la información permite concluir que, tanto la calidad del agua, como las proporciones de vidrio incluido en las mezclas de suelos afectan las características de plasticidad, expansividad y densificación del material natural.

El aumento de la densidad seca máxima estuvo entre el 3.2 al 5.5% en las mezclas con 15% de vidrio y agua tratada, frente a una variación del 3.7 al 7.2%, en esas mismas mezclas, humectadas con agua residual minera. Para las mezclas con el 20% de vidrio, el aumento de las elaboradas con agua tratada estuvo entre 3.7% al 5% y, entre 3.9% y 7.4%, en las mezcladas con agua residual minera. Se nota, entonces, un mejoramiento mayor, cuando las mezclas se hacen con agua residual minera. Este resultado concuerda con los hallados por (Cadette S, Patiño K., Pedroza R. A, 2016-2017), quienes trataron arcillas de la misma

formación con diferentes tipos de agua (tratada, grises, lluvia, aceitadas por derrames de crudo, residual minera, entre otras), encontrando que las arcillas mejoraban sus condiciones geomecánicas y de comportamiento frente a esfuerzos cuando se mezclaban con agua residual minera.

Las **Figuras 48 y 49**, muestran diagramas de barras indicando el comportamiento diferencial de las muestras post tratamiento en términos de la prueba de densidad-humedad (modificada), constatando visualmente lo ya explicitado en prosa.

Los datos de las lecturas del laboratorio se podrán consultar en el Anexo 10.

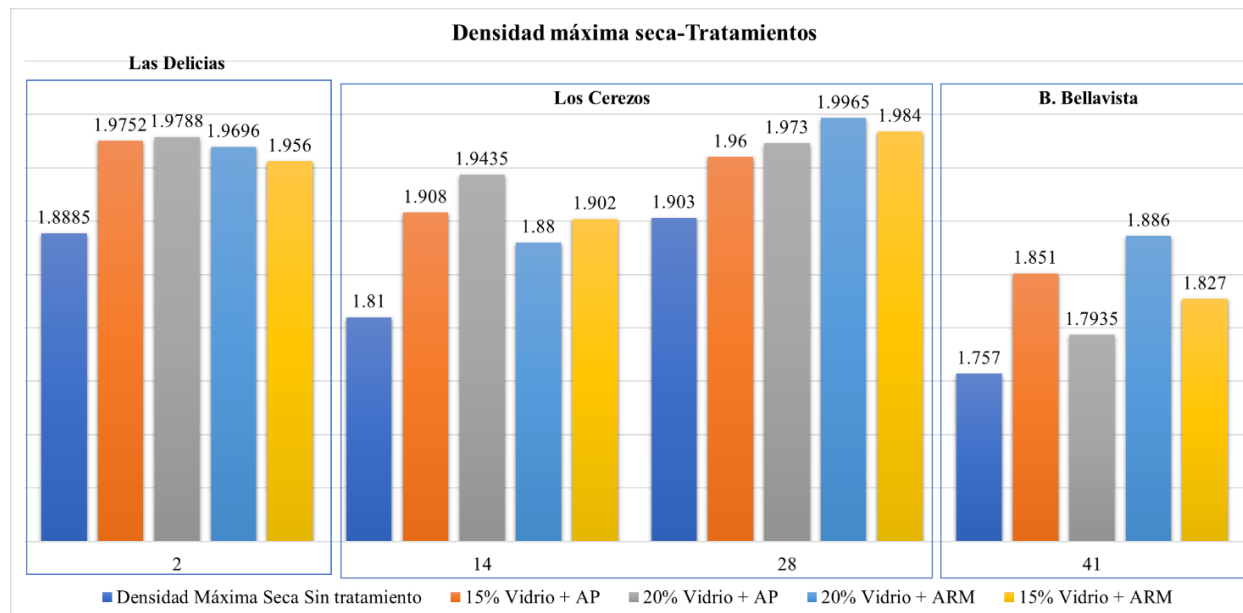


Figura 48. Densidad máxima seca-Tratamientos

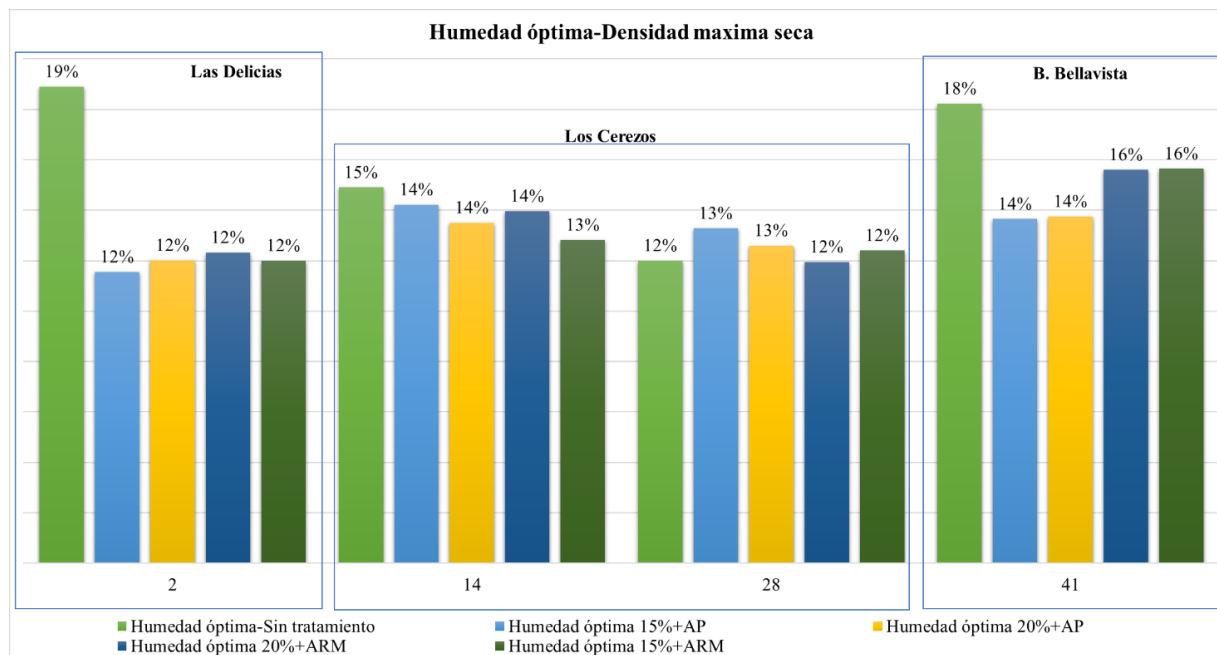


Figura 49. Humedad óptima - Densidad máxima seca

4.4.5.6 Ensayo de compresión inconfiada. Este ensayo fue practicado a la muestra 31 del sector de Los Cerezos, seleccionada aleatoriamente. La prueba se realizó al suelo natural y, a mezclas suelo + vidrio, para las proporciones de material vítreo del 15% y 20%. Las probetas para el ensayo de compresión inconfiada fueron extraídas con tubo shelby de moldes constituido mediante prueba de Proctor modificado; (Ver figura 50 a 51, muestras cilíndricas falladas). La tabla 52 muestra los resultados obtenidos. Los datos crudos del ensayo de resistencia a la compresión inconfiada pueden consultarse en el Anexo 11.



Figura 50. Muestra 31 (condición natural y, en mezclas con vidrio en proporciones de 15% y 20% de material vítreo)



Figura 51. Patrón de falla de la muestra de arcilla natural

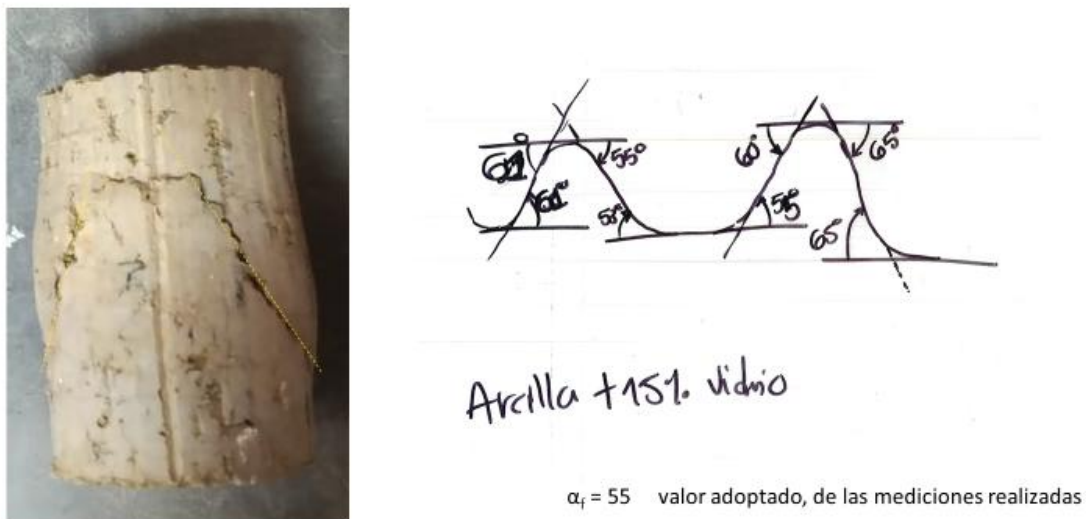


Figura 52. Patrón de falla en prueba de compresión inconfiada, de muestra mezcla 85% de arcilla + 15% de vidrio artificial particulado

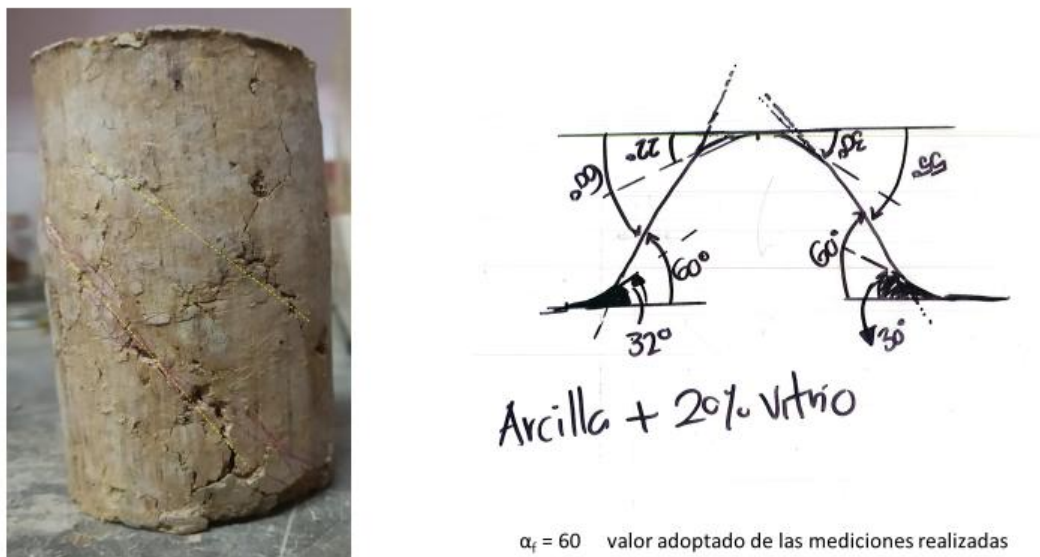


Figura 53. Patrón de falla en prueba de compresión confinada, de muestra mezcla 80% de arcilla + 20% de vidrio artificial particulado

Se aprecia que los patrones de falla revelaron ligero abombamiento, deformación lateral diferencial y superficies de falla inclinadas.

Tabla 52. Resultados del ensayo de compresión confinada

Datos	Unidades	Muestra 31		
		Natural	15% Vidrio	20% Vidrio
Esfuerzo principal mayor final a falla (Resistencia a la compresión confinada)	kg/cm ²	3,31	2,50	2,24
Ángulo de falla teórico	°	45	45	45
Cohesión teórica	kg/cm ²	~1,66	~1,25	~1,12
Ángulo de fricción interna teórico	°	0	0	0
Ángulo de falla real	°	48	55	60
Ángulo de fricción interna real	°	6	20	30
Cohesión real	kg/cm ²	~0,90	~0,71	~0,64
Densidad húmeda	g/cm ³	2,13	2,10	2,16
Densidad seca	g/cm ³	1,84	1,83	1,88

Se colige de las figuras precedentes y, de la Tabla 52 que todas las muestras ensayadas mostraron un ángulo de falla diferente al teórico (45°), lo cual sugiere que el material presenta un ángulo de fricción interna no nulo, el cual crece con el porcentaje adicionado de vidrio artificial particulado, pasando de 6° (condición natural de la arcilla) a 20° y 30° , en los cilindros hechos con las mezclas dosificadas. Contrariamente al crecimiento observado del ángulo de fricción interna, la cohesión del geomaterial se redujo con la adición de vidrio, siendo el decremento mayor a mayor proporción de vidrio adicionado. La Figura 54 ilustra fases graduales de preparación de la muestra y falla de la misma a compresión inconfiada.

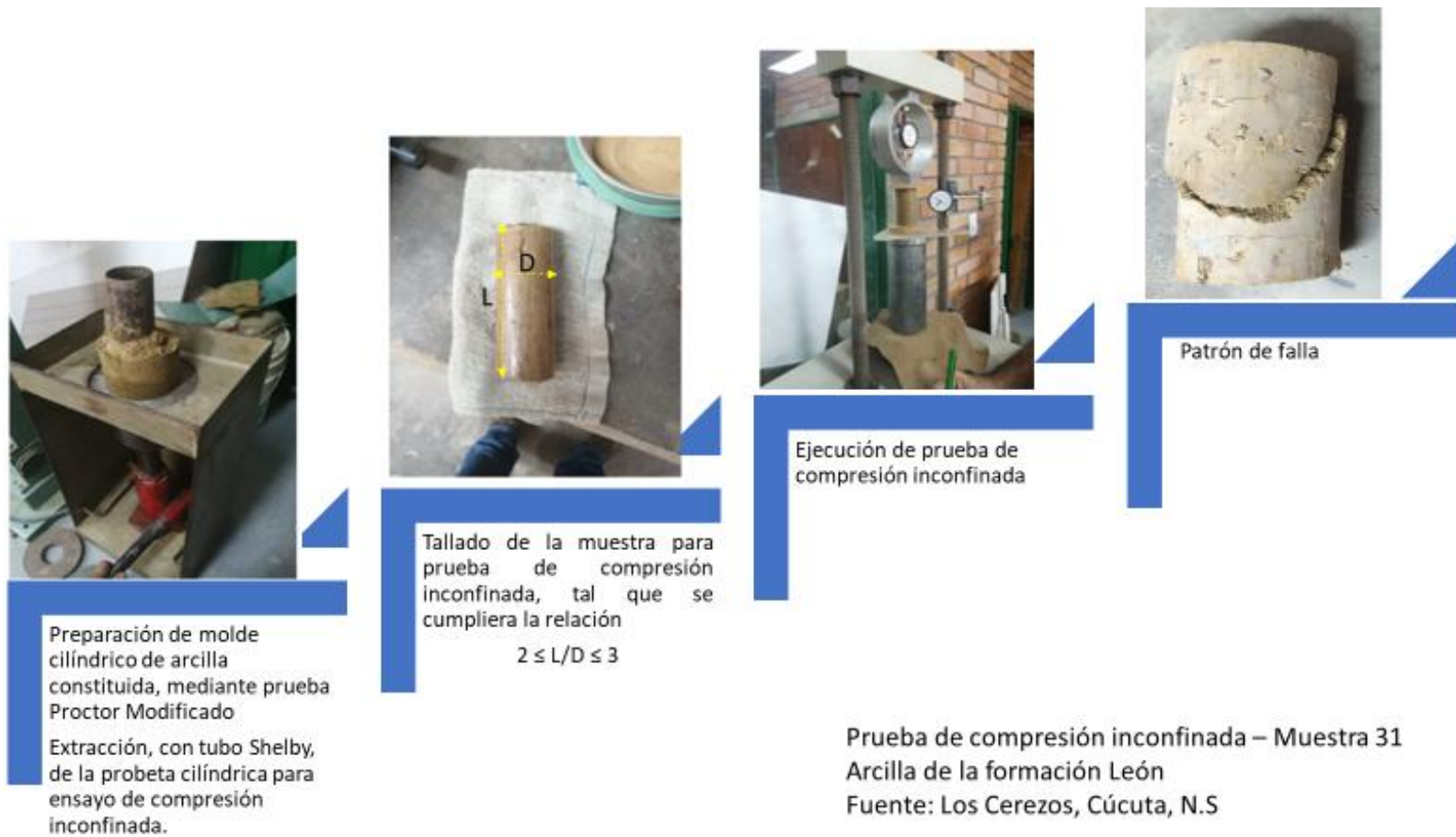


Figura 54. Fases de preparación de muestra y ejecución de prueba de compresión inconfiada

5. Análisis de Datos de Campo y Laboratorio - Discusión de Resultados

5.1 Discusión de Datos de Campo

Pese a que, en forma conexas a cada prueba, se ha venido realizando un análisis interpretativo de resultados, se adicionan aquí, algunas observaciones de importancia.

- Dos de las tres zonas de préstamo (Las Delicias, en la Comuna 9, y Los Cerezos, en la Comuna 8) pertenecen al municipio de Cúcuta y, una (Bellavista), pertenece al municipio de Los Patios. Los tres sitios registran altitud topográfica diferente, siendo Los Cerezos (290 m.s.n.m), el punto de cota más baja y, Bellavista, el sector de cota topográfica más alta.

- Al menos dos (2) de los tres (3) sitios fuentes seleccionados (B. Las Delicias y Barrio Bellavista), en donde afloran la Formación León, en la ciudad de Cúcuta, están enclavados en zonas de desarrollo urbano. La tercera área de préstamo (Los Cerezos), presenta un relativo aislamiento (aproximadamente a 1 kilómetro) de áreas pobladas, en el occidente de la ciudad.

- Uno de los sectores con desarrollo urbano existente (Barrio Las Delicias), está clasificado como de estrato socioeconómico 1 y 2 y, el otro (Barrio Bellavista) es considerado de estrato socioeconómico 5 y 6. Este aspecto para destacar que, la naturaleza del suelo de cimentación de las edificaciones es la misma: arcillas terciarias plásticas, abigarradas e hiperactivas de la Formación León; sólo que el sistema constructivo es definitivamente abismal, de un área a otra y, ese aspecto, determina en gran medida la estabilidad de las obras civiles frente a la actividad expansiva de los suelos.

- En las tres fuentes evaluadas hay, en mayor o menor grado, intervencionismo antrópico y, en todas se registra superficialmente las arcillas de la Formación León, salvo en algunos sectores

aledaños que aún presentan una capa (o vestigios de ella) de espesor variable de cantos redondeados embebidos en una matriz limosa rubificada, pertenecientes a una terraza cuaternaria antigua (Qt), cronológicamente depositadas en los valles de los ríos Táchira, Pamplonita y El Zulia.

Estratigráficamente, la Formación León subyace a los sedimentos del Grupo Guayabo; lo cual significa que debiera encontrarse en los sitios de préstamo evaluados, los sedimentos propios del citado Grupo geológico y, no es así. En todos los sectores seleccionados como fuentes de préstamo, no se registran sedimentos del Grupo Guayabo, los cuales fueron erosionados en el pasado histórico. Este hecho lleva a afirmar que los sedimentos arcillosos de la Formación León evaluados son suelos sobreconsolidados; esto es, estuvieron sometidos en el pasado a esfuerzos de preconsolidación superiores a los esfuerzos efectivos geostáticos que soportan en la actualidad.

Por otra parte, se registra el hecho de que, en los afloramientos de la Formación León, de los sectores Los Cerezos y Bellavista, se constató visualmente la existencia abundante de lentes de yeso (sulfato de calcio) interlaminar, entre las delgadas láminas de arcillolita. Esta característica no fue constatada en la fuente 1 (Las Delicias).

La arcillolita de la formación León, además de contener lentes de yeso, presenta esporádicamente trazas carbonáceas, exhibe alta friabilidad a medida que pierde humedad y, el carácter abigarrado es especialmente notorio. En su condición “rocosa”, el macizo arcillolítico de esta formación es fuertemente fracturado y meteorizado.

Las tres fuentes de préstamo registran condiciones geomorfológicas diferentes y presentan distinto grado y dimensiones de agrietamiento por desecación.

5.2 Discusión de Datos de Laboratorio

Los resultados de laboratorio ratifican la variabilidad espacial del medio geológico y el carácter DIANE (discontinuo, inhomogéneo, anisotrópico y no elástico) de los suelos en la realidad. No basta con saber que un determinado material es de una formación geológica; dentro del mismo yacimiento existe gran variabilidad, no solo deposicional sino composicional, que podría explicar la variación del comportamiento geotécnico de muestras extraídas de un mismo lugar.

Las observaciones de campo y, los resultados de las pruebas hechas a las arcillas, en su condición natural, hablan de un material arcilloso, micro estratificado, abigarrado, plástico, expansivo, con contenido de yeso interlaminar, untuoso en estado húmedo y friable en condición seca; sin embargo, las muestras no revelaron valores estandarizados.

Pese a existir diferentes criterios para evaluar el grado de expansividad de las arcillas, estos dan resultados muy diversos y, ocasionalmente contradictorios. Sin embargo, aplicados algunos de ellos a las muestras ensayadas, se nota que los geomateriales ensayados registran compresibilidad, plasticidad y, expansividad media a alta, preferiblemente, aun cuando existen muestras que indicaron grado bajo a medio de tales propiedades.

Las arcillas del sector Delicias presentaron mayor moderación en tales variables, no así, las procedentes de las fuentes Los Cerezos y Bellavista, que evidenciaron variaciones más altas.

Observado en el campo y comprobado en laboratorio al manipular las muestras, las formaciones de Cerezos y Bellavista presentan un mayor contenido de yeso (sulfato de calcio), de tipo laminar, e interlaminado. Este factor que debe ser mayormente investigado, podría explicar

que tales sectores presenten mayores valores de expansividad, compresibilidad y plasticidad.

El retal del vidrio resultó ser, en estado particulado por conminución, un material eminentemente friccionante, de textura arenosa y de clasificación transicional, al tener un porcentaje de finos no plásticos, comprendidos entre 5 y 12%.

Las mezclas de suelo arcilloso con adición de 15 y 20% de material vítreo, en líneas generales, mejoran las condiciones índices de las arcillas (reducen la compresibilidad, decrementan la plasticidad, bajan la expansividad, aumentan la densidad seca máxima en procesos de compactación y aumentan los parámetros de resistencia a la compresión inconfiada).

Naturalmente, asociado a la variabilidad composicional de la arcilla y, a su estructura química mineralógica, existe diferente respuesta al tratamiento experimentado, mediante mezclas manuales suelo-vidrio.

El mejoramiento de la compresibilidad, la expansividad, la densidad seca máxima en procesos de compactación y, la resistencia a la compresión inconfiada, es notorio; sin embargo, debe seguirse investigando el comportamiento de la plasticidad, cuyo resultado fue adverso en las dos dosis de vidrio, en al menos dos de las tres muestras analizadas del sector Bellavista.

La mezcla suelo + 20% de vidrio parece mostrar un mayor efecto en las propiedades analizadas, respecto de las mezclas suelo+15% de vidrio.

Con referencia a la calidad del fluido de mezclado, definitivamente el agua residual minera mejora notablemente la calidad de las muestras en cuanto a sus propiedades índice y, a la densificación. Esta observación, ya notada por (Cadette S, Patiño D, Pedroza A, 2016-2017) da

un vuelco a la estigmatización que tienen las aguas residuales mineras, porque podría estarse desperdiciando un subproducto que puede tener salida comercial como estabilizante de suelos expansivos.

El uso del programa R en la validación de las pruebas y análisis estadístico de resultados permite colegir que una variable de consistencia no tiene un valor único y siempre tendrá un valor que varía ligeramente dentro de un rango, habida cuenta que su determinación conlleva recursos de error humanos, técnicos y naturalmente, por la diferenciación propia de cada muestra.

6. Conclusiones

Este proyecto de investigación innova un uso del retal de vidrio considerado material residual en una aplicación de estabilidad de suelos expansivos. De esta manera, el proyecto soluciona dos problemas, en simultánea: uno, de carácter ambiental, generado por la disposición a campo abierto o en rellenos, de un material no biodegradable y, otro, de orden geotécnico, representado en la inestabilidad de los suelos arcillosos asociados a los cambios volumétricos por variaciones en el contenido de humedad de tales sedimentos térreos. Así las cosas, el proyecto de investigación, cuyo informe está contenido en este documento, asimila el proceso de reciclaje del vidrio con orientación geotécnica a un proceso propio de la economía circular, la cual, dentro de la dinámica de las tendencias económicas contemporáneas, es una estrategia que busca minimizar el uso de materia prima y la generación de residuos sólidos, clausurando los flujos económicos y ecológicos de los recursos.

6.1 Conclusiones Específicas, Relacionadas con el Cumplimiento de los Objetivos

Tal y como se ilustra en la Figura 55, el cumplimiento pleno de los objetivos específicos llevó al logro del objetivo general propuesto. En las figuras 53 a 56 se desglosan algunos aspectos procedimentales que permitieron concretar los objetivos específicos.

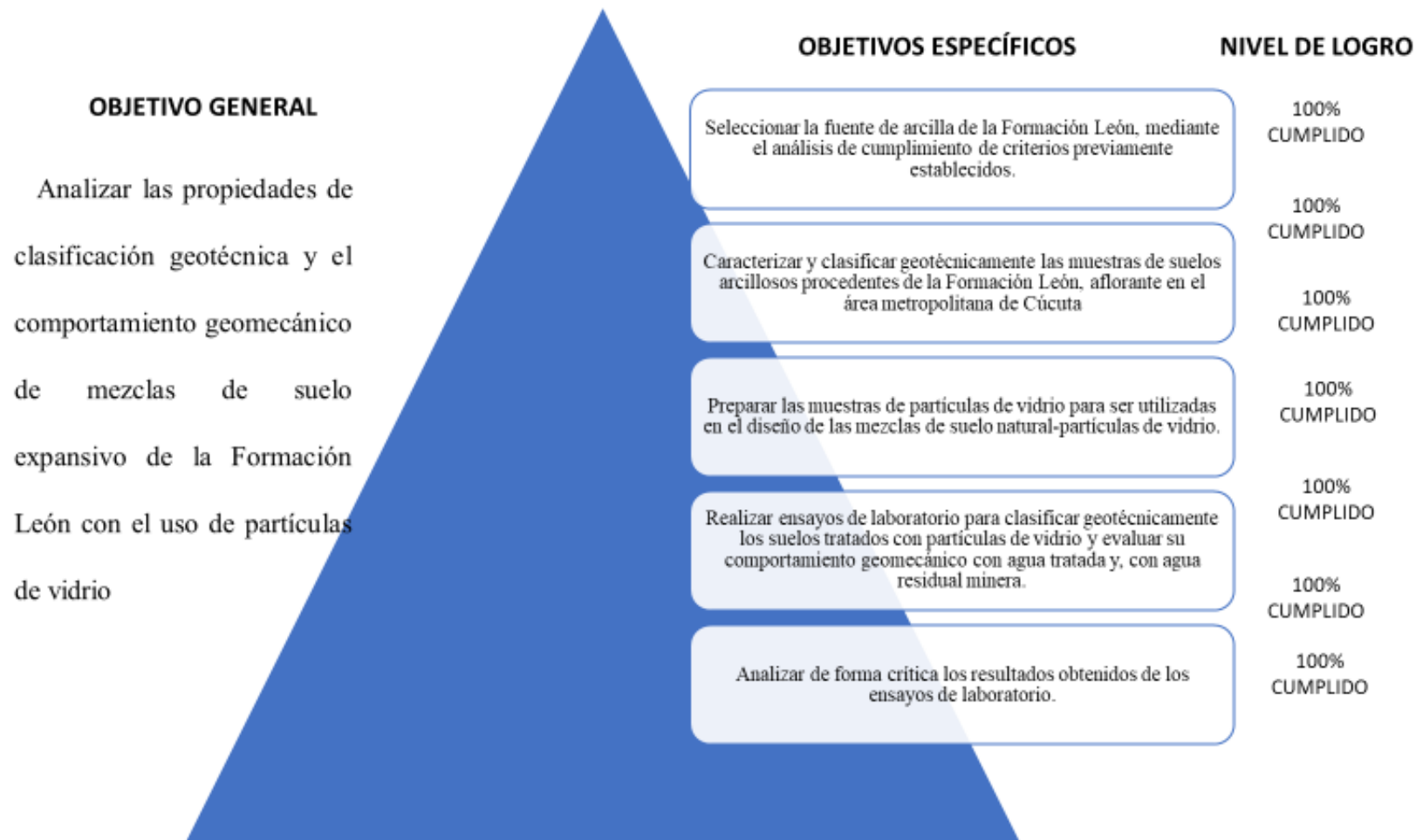


Figura 55. Cumplimientos de objetivos específicos

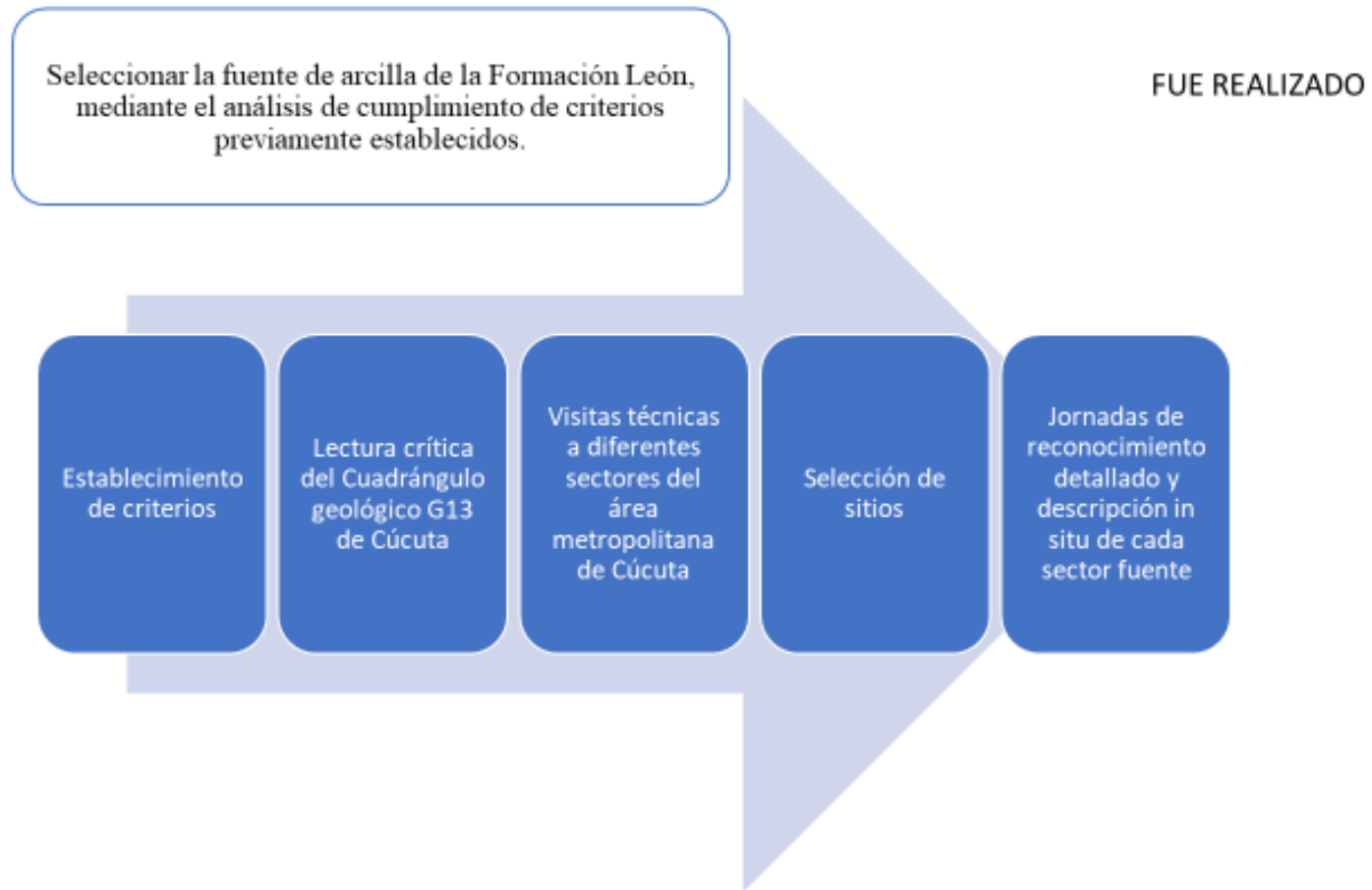


Figura 56. Cumplimiento del objetivo específico 1

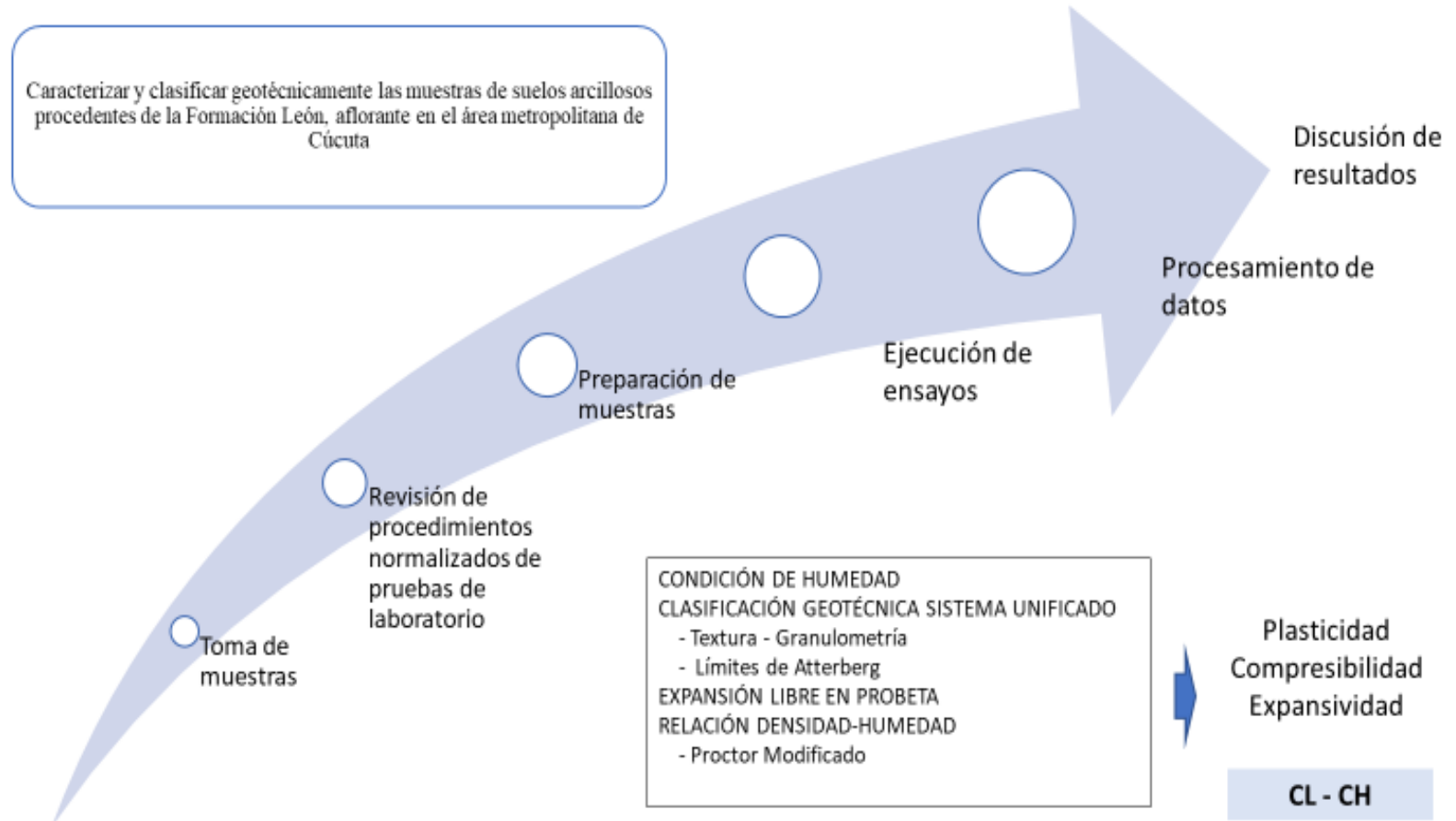


Figura 57. Cumplimiento del objetivo específico 2

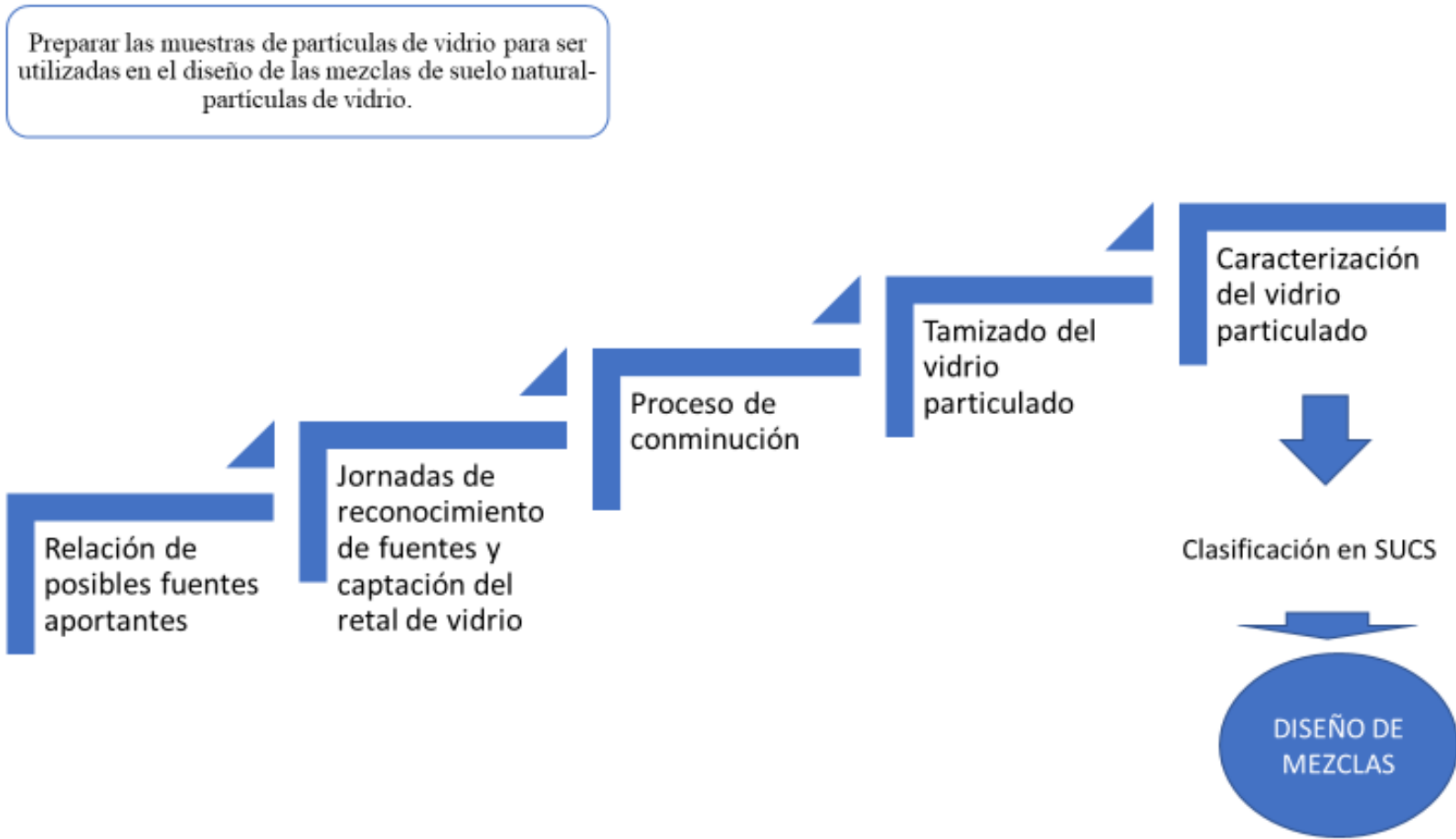


Figura 58. Cumplimiento del objetivo específico 3

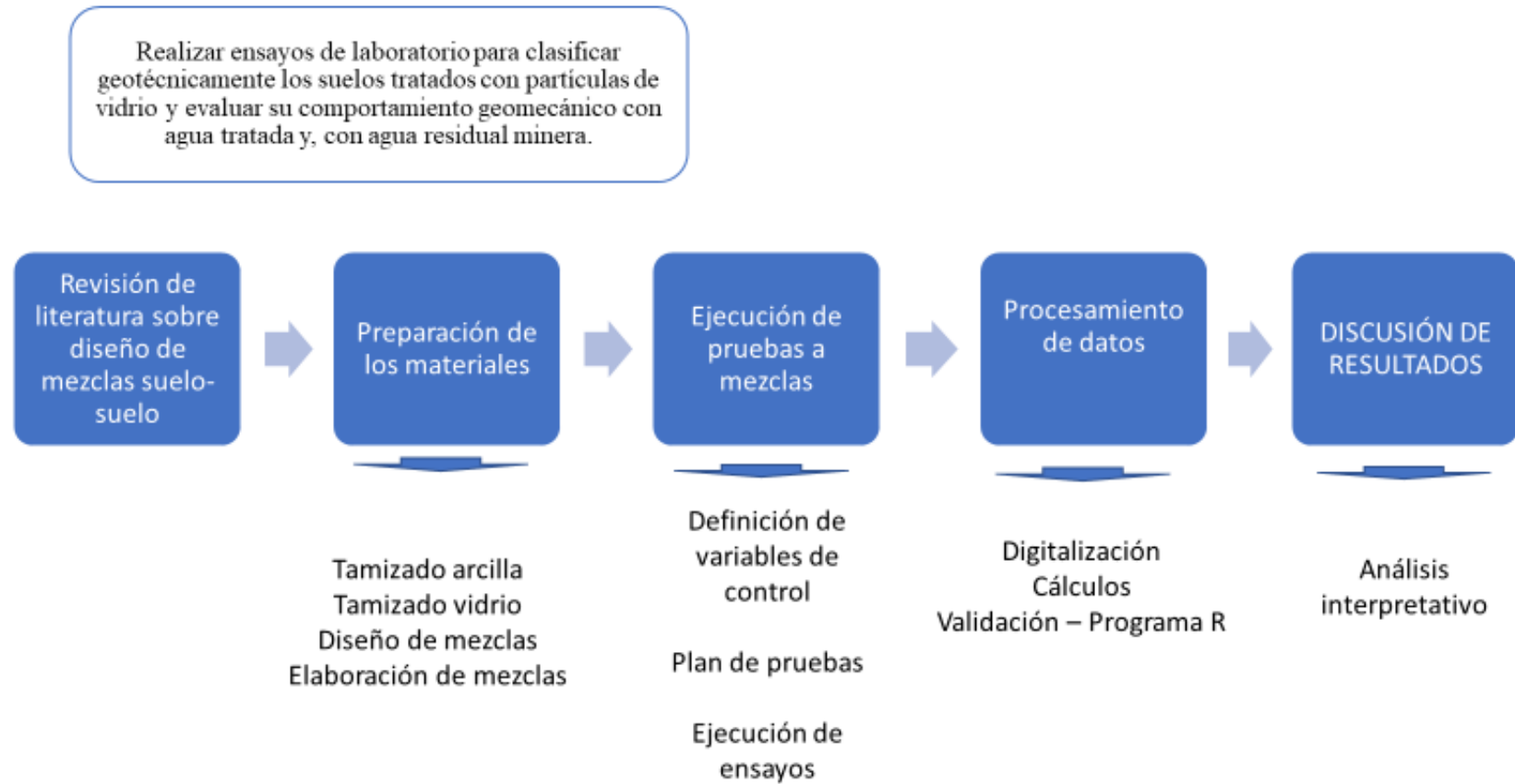


Figura 59. Cumplimiento del objetivo específico 4



Figura 60. Cumplimiento del objetivo específico 5

1.- En desarrollo del primer objetivo específico se seleccionaron, dentro del área metropolitana de Cúcuta, tres sitios fuentes como zonas de préstamo para la toma de muestras de arcilla de la Formación León, de conformidad con criterios previamente establecidos. Tales puntos de afloramiento de arcillas de la Formación León (“Las Delicias”, “Los Cerezos”, y “Barrio Bellavista”), corresponden, según el plano 17 “Zonas de Actividad del Suelo Urbano” del plan de ordenamiento territorial del 2011, a zonas de expansión urbana.

2.- En el marco del segundo objetivo específico fueron caracterizadas y clasificadas geotécnicamente, un total de sesenta y dos (62) muestras de suelos arcillosos, procedentes de la Formación León, aflorante en el área metropolitana de Cúcuta; veinticinco (25) de las 62, fueron clasificadas en el sistema unificado, como arcillas de compresibilidad media [CL] y treinta y siete (37), como arcillas de compresibilidad alta [CH]. En el sistema AASHTO, sesenta (60) muestras clasificaron como sedimentos finos arcillosos A-7-6 y dos (2) de 62 caracterizadas, clasificaron como A-6.

Las arcillas evaluadas mostraron valores de densidad seca máxima, en la prueba de compactación modificado, variando entre 1,757 y 1,903 g/cm³, con humedades óptimas en el rango de 11,00 y 18,90%. Con mayor nivel de detalle, las muestras extraídas del barrio Las Delicias indicaron un valor de densidad máxima oscilando entre 1,81 y 1,90 g/cm³, con humedades óptimas variado entre 14,50 y 18,90%. Las muestras procedentes del sector Los Cerezos, presentaron densidades secas máximas entre 1,87 y 1,90 g/cm³, con humedades óptimas en el rango de 12,00 a 16,09%. Finalmente, las muestras tomadas del barrio Bellavista revelaron valores de densidad seca máxima entre 1,76 y 1,88 g/cm³, con humedades óptimas en el rango entre 11,00 a 18.33%.

La expansión libre en probeta (ELP) del grupo de arcillas analizadas, varió, en general, en el rango entre el 25 y el 69%. Las muestras captadas del barrio Las Delicias, enseñaron un valor de ELP oscilando entre 25,45 y 63,81%. Por su parte, las muestras extraídas del sector Los Cerezos, revelaron un valor de ELP variando del 29,2 y 59,1% y, las muestras extraídas del barrio Bellavista, dejaron ver un valor de ELP oscilando entre 25,8 y 69%.

3.- En desarrollo del tercer objetivo específico fueron recolectados aproximadamente ochenta 80 kilogramos de vidrio en diferentes vidrierías de la ciudad, la totalidad del vidrio recolectado fue reducida mecánicamente, mediante el uso del molino de bolas del laboratorio de beneficios de minerales de la UFPS, a un tamaño tal que pasara el tamiz número 4. El proceso de trituración se hizo por tandas de 5 kg de retal de vidrio, consumiendo aproximadamente 10 minutos en cada proceso de trituración.

4.- En procura de lograr el cuarto objetivo específico, se realizaron de conformidad con normas Invías, los ensayos de laboratorio pertinentes a la determinación de las propiedades de clasificación y, algunas de orden geomecánico. Las pruebas de caracterización fueron practicadas al material natural y, a mezclas suelo + vidrio, en dosificaciones de 15 y 20% de material vítreo y humectando con agua tratada y, agua residual minera.

Se encontraron resultados contundentes respecto de la influencia positiva del vidrio en el mejoramiento del comportamiento mecánico de las mezclas arcilla + vidrio. Se reduce la compresibilidad y, la expansividad, se aumenta la densidad seca máxima y la resistencia a la compresión inconfina.

Las dosificaciones del 15 y 20% de vidrio resultaron en resultados positivos. Las mezclas con agua residual minera muestran resultados más favorables que las mezclas humectadas con agua

tratada. La influencia del vidrio en la plasticidad reclama mayor investigación, debido a que no fue hallada una tendencia definitiva.

5.- En términos del quinto objetivo específico, fue realizado un análisis estadístico de los datos obtenidos y, definida la variación de los valores de las diferentes propiedades. A manera de ejemplo, en lo concerniente a la relación densidad- humedad, se aprecia un aumento en la densidad seca máxima, variando del 2,08 hasta el 7,38%, distribuidas de la siguiente forma:

En las mezclas arcilla + 15% de vidrio + agua potable, las variaciones van desde el 3,00 hasta el 5,41% y, en el tratamiento de arcilla con 15% de vidrio + agua residual minera, las variaciones caen en el rango de 3,57 hasta el 5,08%. Por su parte, en las mezclas arcilla + 20% de vidrio, la variación de la densidad seca máxima oscila entre 2,08 hasta el 7,38%, cuando el agua de mezcla es tratada, frente a una variación entre 3,87 y 7,34%, cuando se humecta con agua residual minera.

Por otra parte, referido a las humedades óptimas de compactación, tres (3) de las cuatro (4) muestras ensayadas con los cuatro (4) tratamientos exhibieron disminuciones de la cantidad de agua para alcanzar la densidad máxima seca disminuciones del porcentaje de humedad hasta del 38,39%, solo la muestra 28, perteneciente al sitio “Los Cerezos” requirió un pequeño aumento en el porcentaje de humedad óptima en porcentajes entre el 3,33 y el 10,67%, de la siguiente forma:

La humedad óptima de moldeo de la arcilla, sin tratamiento alguno, fue cercana al 12,00%; cuando se adicionó vidrio a la arcilla, ese valor de humedad óptima aumenta; en la mezcla con 15% de vidrio + agua potable la humedad óptima fue del 13,28%, y, para el tratamiento con el 20% de vidrio + agua potable, la humedad fue del 12,60% de humedad. El uso de agua residual minera da a la arcilla un mayor valor de densidad seca máxima, pero demanda mayor % de

humedad óptima, que la requerida para mezclas con agua tratada.

6.2 Aprendizajes en Investigación Formativa

Conforme se aprecia en la Figura 57, el ejercicio de realizar trabajo de grado en modalidad investigación permitió a los estudiantes, coautores del proyecto, ganar aprendizajes, así:

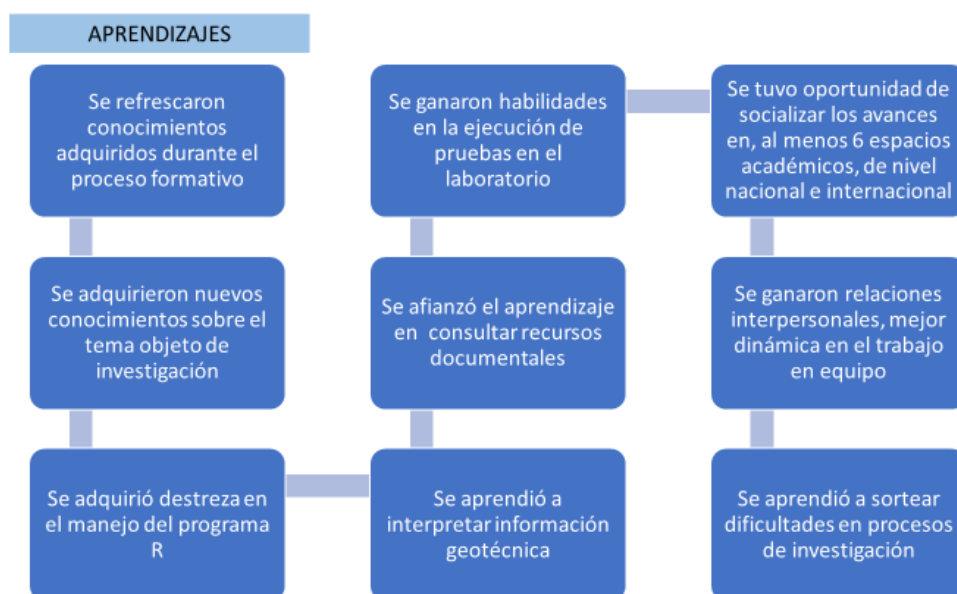


Figura 61. Aprendizajes de la investigación

6.3 Productos de la Investigación Adelantada

La investigación realizada muestra los siguientes productos, en el marco de los producidos de investigación reconocidos por la institución y, por Colciencias.

Discusión de la propuesta y avances del proyecto en el espacio “Aula Investigativa” del Grupo GEOENERGÍA

Participación con póster y ponencias en eventos académicos

“Análisis del comportamiento geomecánico de mezclas de suelo arcilloso de la Formación León con adición de partículas de vidrio de reciclaje”. En el V encuentro regional de semilleros de investigación, Convocatoria de la Fundación RedCOLSI, celebrada en Pamplona, Norte de Santander, 17 de mayo de 2019, para seleccionar los proyectos que participaría por la región en el Congreso Nacional e Internacional en Valledupar. (Resultado: Seleccionados, con un puntaje de 98/100).

“Partículas de vidrio como agente tratante en las propiedades plásticas, expansivas y de compactación de las arcillas de la Formación León aflorantes en el área metropolitana de Cúcuta” Segunda Semana de Ingeniería Civil” - Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, 11 de junio de 2019.

“Análisis del comportamiento geomecánico de mezclas de arcilla hiperactiva con retal de vidrio” VI Jornadas Académicas del Grupo de Investigación GEOENERGÍA UFPS., Cúcuta, 4 de octubre de 2019.

“Análisis del comportamiento geomecánico de mezclas de suelo arcilloso de la Formación León con adición de partículas de vidrio de reciclaje” XXII encuentro nacional y XVI internacional de semilleros de investigación de la Fundación RedCOLSI, en la ciudad de Valledupar, Cesar, 9 de octubre de 2019. (Resultado: Calificación de 90.5/100).

“Reciclaje del vidrio para uso geotécnico en el marco de los principios de la economía circular” en la VI Semana de Ciencia, Tecnología e Innovación, UFPS, llevada a cabo del 19 al 22 de noviembre de 2019.

Documento impreso y digital del informe final de la investigación

Diseño amigable de Hojas de cálculo en Microsoft Excel para el cálculo de propiedades básicas y clasificación de suelos finos, según el sistema USCS y el sistema AASHTO. Este material fue cedido a los Laboratorios de suelos de la UFPS.

Artículo de divulgación (en proceso)

7. Recomendaciones

Se presenta a continuación, algunas ideas marco para alimentar el banco de proyectos de grado del G. I Geoenergía:

Adelantar mayores desarrollos investigativos conducente a encontrar tendencias de la influencia del vidrio en la plasticidad de las arcillas

Realizar investigaciones que evalúen el efecto del crecimiento de los cristales de yeso en a hiperactividad de la arcilla de la formación León.

Adelantar investigaciones orientadas a relacionar los tonos presentes en el carácter abigarrado de la arcilla, con la composición química mineralógica de las mismas.

Duplicar la investigación adelantada con las arcillas del Grupo Guayabo

Refinar la investigación adelantada, diseñando mezclas arcilla + vidrio, con diferentes dosificaciones de material vítreo, en procura de determinar el rango óptimo de adición de este material complementario.

Evaluar el comportamiento geomecánico de las mezclas arcilla + vidrio, analizando otras propiedades geomecánicas (presión de expansión de Lambe, permeabilidad, ensayos de CBR, resistencia a la compresión inconfiada, consolidación, ensayos de corte directo, etc.)

Realizar estudios de caracterización de las aguas residuales mineras de diferentes fuentes y, evaluar cual componente del fluido afecta mayoritariamente las propiedades índices, de clasificación y mecánicas de las arcillas.

Zonificar los afloramientos de las formaciones arcillosas, habida cuenta de la diferenciación composicional y de comportamiento geomecánico que las arcillas registran

Es importante que la política restrictiva que aplica la UFPS a la consulta de los trabajos de grado sea revisada, habida cuenta que limita el desarrollo de nuevas investigaciones e imposibilita que se efectúe meta análisis a la información generada en tales proyectos.

Se presentan en la Tabla 53 algunas de las recomendaciones generales dadas por diferentes autores, como posibles usos y restricciones de los suelos arcillosos de baja, media y alta compresibilidad (CL, CH), en los cuales clasificaron los sedimentos evaluados en la investigación.

Tabla 53. Comparación de propiedades y recomendaciones para el uso de arcillas CL y CH

Tipo de geomaterial	Origen	Descripción del geomaterial	Características de los geomateriales por diferentes autores		
CL	Formación León, área metropolitana de Cúcuta, se encontraron muestras CL en los tres sitios explorados, aunque con predominancia en el sector Las Delicias con un 77.8% de las muestras allí exploradas, seguido del sector Bellavista con un 34.6 % y finalmente del sector Los Cerezos con un 11.1%	<p>Las Delicias: Superficialmente se trata de arcillolitas, sedimentos de color pardo grisáceo a verdusco con pigmentos de oxidación, el material luce seco, friable, abigarrado y terronado.</p> <p>Los Cerezos: Arcillolitas y arcilla laminada, de color pardo grisáceo, amarillento e inclusive rojizo, en algunos sitios se presenta un alto contenido de yeso apreciable a simple vista.</p> <p>Bellavista: Arcilla microlaminada de color gris verdoso, oxidada superficialmente, con lentes de yeso interlaminado en una cantidad considerable, se aprecia fisuración y fuerte diaclasamiento, al desconfinarse, el material pierde totalmente la estructura, y se expande perpendicularmente a las capas de sedimentación, son arcillas abigarradas con un alto espectro de colores, desde el negro hasta colores rojizos, verdes, grises y naturalmente el color blanco que dejan los lentes de yeso visibles en el afloramiento.</p>	<p>Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con presencia de grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres, geomateriales impermeables, con resistencia a la tubificación alta, con resistencia al cortante de calificación media, con susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta, con susceptibilidad media a alta a sufrir fenómenos de licuación si se encuentran mal compactadas, de manejabilidad pobre a muy pobre.</p> <p><i>Fuente: Crespo Villalaz, Mecánica de suelos y cimentaciones.</i></p>	<p>Arcillas inorgánicas, de baja a mediana plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras, se recomienda compactar entre el 90 y el 95% del ensayo de compactación estándar, usando rodillo pata de cabra entre 2 y 4 pasadas del equipo, en espesores de hasta 15 centímetros, con pesos unitarios secos entre 14 y 19 KN/m³.</p> <p><i>Fuente: Bowles, Propiedades geofísicas de los suelos.</i></p>	<p>Características de compactabilidad de regulares a buenas mediante rodillos pata de cabra o neumáticos, con densidades máximas secas de entre 1.5 y 1.9 ton/m³, con compresibilidad y expansión media, material impermeable, que no drena, con características buenas como material de terraplén, pero considerado como material de regular a malo para ser utilizado como subrasante, no se debe usar como material de base en la estructura de un pavimento.</p> <p><i>Fuente: Rico y del Castillo, Consideraciones sobre compactación de suelos en obras de infraestructura de transporte.</i></p>
	Formación León, área metropolitana de Cúcuta, se encontraron muestras CH en los tres sitios explorados, aunque con predominancia en el sector Los Cerezos con un 88.9% de las muestras allí exploradas, seguido del sector Bellavista con un 65.4 % y finalmente del sector Las Delicias con un 22.2%	<p>Arcillas orgánicas alta plasticidad, arcillas francas, geomateriales muy impermeables, con resistencia a la tubificación muy alta, con resistencia al cortante de calificación media a baja, con susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta, con susceptibilidad muy baja a sufrir fenómenos de licuación, de manejabilidad muy pobre.</p> <p><i>Fuente: Crespo Villalaz, Mecánica de suelos y cimentaciones.</i></p>	<p>Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasosas, se recomienda compactar entre el 90 y el 95% del ensayo de compactación estándar, se puede realizar mediante el tráfico controlado del equipo de construcción, con el número de pasadas que se requiera, en espesores de hasta 20 centímetros, con pesos unitarios secos entre 14 y 19 KN/m³.</p> <p><i>Fuente: Bowles, Propiedades geofísicas de los suelos.</i></p>	<p>Características de compactabilidad de regulares a malas, se recomienda compactar mediante rodillos pata de cabra, con densidades máximas secas de entre 1.3 y 1.7 ton/m³, con compresibilidad y expansión alta, material impermeable, que no drena, se recomienda vigilar la expansión si se piensa ser utilizado como material de terraplén, normalmente tiene características regulares para ser material de terraplén, considerado como material malo para ser utilizado como subrasante, no se debe usar como material de base en la estructura de un pavimento.</p> <p><i>Fuente: Rico y del Castillo, Consideraciones sobre compactación de suelos en obras de infraestructura de transporte.</i></p>	

Referencias Bibliográficas

- Adams, M. & St-onge, R. (s.f.). Caracterización geotécnica de cenizas volantes generadas a partir de la combustión del carbón en central termoeléctrica. UCSC, 1-21.
- Association, N. (2004). Manual de estabilización de suelo tratado con CAL-Estabilización y modificación con CAL.
- Bacca, C., Jimenez, R., & Pedroza, Á. (1986). Uso de cenizas de carbon como material estabilizante de arcillas expansivas. San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Berry, P. & Reid, D. (1993). Mecánica de Suelos. McGRAW-HILL.
- Bowles, J. (1982). Propiedades geofísicas de los suelos. McGraw Hill.
- Bowles, J. (s.f.). Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil. Bogotá: McGRAW-HILL.
- Cadette, S. & Patiño, K. (2016). Koha-Biblioteca Web. Obtenido de Influencia de la calidad del agua de mezcla en la determinación de los límites de atterberg de suelos finos.:
<http://alejandria.ufps.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=43401>
- Cardenas, J. & Pedroza, A. (1987). Estudio del comportamiento de tres aditivos para estabilizar una arcilla expansiva: cal, ceniza de carbon y colas de roca fosforica. San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Civil, A.I. (2011). Apuntes Ingeniería Civil. Obtenido de Ensayo de Hidrómetro:
<http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/03/i-ensayo-del-hidrometro-determinacion.html>

- Contreras, J. (1987). Estudio del comportamiento de tres aditivos para estabilizar una arcilla expansiva: cal, ceniza de carbón y colas de roca fosforica. Cúcuta.
- Costa, F. (2009). Recycling of glass cullet as aggregate for clays used to produce roof tiles. *Revista Materia*, 14(4), 1146-1153.
- CSU. (1996). Acuerdo No. 065 - Estatuto estudiantil. San José de Cúcuta, Colombia: UFPS.
- Das, B. (2001). Principios de Ingeniería de Cimentación. International Thomson Editoriales.
- De La Comisión, S. (2010). Reglamento Colombiano de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 - Título H - Estudios Geotécnicos. Colombia.
- Diederix, H., Torres J., E., Hernández M., C. & Bohórquez, O. (2009). Evolución Tectónica y Morfodinámica durante el cuaternario en la zona de Cúcuta y alrededores, Norte de Santander. Bogotá: INGEOMINAS.
- Duque, G. E. (s.f.). Obtenido de www.civilgeeks.com.
- Elías, R. (21 de Mayo de 2018). Monografías.com. Obtenido de Monografías.com:
<https://www.monografias.com/trabajos60/tamano-muestra-archivistica/tamano-muestra-archivistica2.shtml#ixzz40vrZr8eV>
- Fernández, C. (1982). Mejoramiento y estabilización de suelos. México, D.F: LIMUSA.
- González, L., Ferrer, M., Ortuño, L. & Otero, C. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid, España: Prentice Hall.

- Guillermo, T. & Carrillo, H. (s.f.). Estudio para la utilización de cenizas provenientes de la caldera cogeneradora petropower en la estabilización de suelos. 1-16.
- Hamza, A. (2019). On the rheology of using geopolymers for grouting: A comparative study with cement-based grout included fly ash and cold bonded fly ash. *Construction and Building Materials-Elsevier*, 594-610.
- Hernández S., R., Fernández C. & Baptista L. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Higuera, C., Gómez, J. & Pardo, Ó. (2012). Characterization of a clay soil treated with Calcium Hydroxide. *Ingeniería-Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 1-21.
- Holtz, R. & Kovacs, W. (1981). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. New Jersey, USA: PRENTICE HALL.
- Ikara, I. (2015). Effects of Waste Glass (WG) on the Strength Characteristics of Cement Stabilized Expansive Soil. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 33-41.
- Ingenierita. (14 de 08 de 2008). *Ingeniería civil (apuntes)*. Obtenido de <http://ingenieracivil.blogspot.com/2008/08/metodo-del-hidrometro.html>
- INVIAS. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo Para Materiales de Carreteras*. Bogotá: INVIAS.
- INVIAS. (2013). *Normas de ensayo para materiales de carreteras. Sección 100*. Bogotá: INVIAS.
- James, J. (2015). Soil Stabilization as an Avenue for Reuse of Solid Wastes. *Acta Technica Napocensis: Civil Engineering and Architecture*, 58 (1), 50-76.

- Juárez, E. & Rico, A. (1999). *Mecánica de suelos* (3a. ed., Vol. I). México, D.F: LIMUSA.
- Kaushal, K., Satish, K., Munish, G. & Hem, G. (2017). Characteristics Of Fly Ash In Relation Of Soil Amendment. *ScienceDirect-El Servier*, 527-532.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación Segunda Edición*. México D.F.: Thomson Learning.
- Kuehl, R. (s.f.). *Design of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis. Technometrics* (Vol. 43). México, D.F: Thomson Learning.
- Lambe, W. & Whitman, R. (1991). *Mécanica de suelos*. México, D.F: LIMUSA.
- Lambe, W. (1951). *Soil Testing For Engineers*. Londres, Inglaterra: John Wiley And Sons, Inc.
- Lindarte, R. & Navarro, B. (1997). *Koha-Biblioteca Web*. Obtenido de Estabilización de suelos cohesivos con enzimas organicas : Ciudadela Juan Atalaya: http://alejandria.ufps.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=21365&query_desc=kw%2Cwrdl%3A%20lindarte%20y%20navarro
- Márquez, G. (1987). *Propiedades Ingenieriles de los Suelos*. En G. Márquez Cárdenas, *Propiedades Ingenieriles de los Suelos* (págs. 60-80). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. Bogotá: Ecoe.
- Morales, D. (2015). *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y si uso en vías no pavimentadas*. Medellín: Universidad de Medellín.

- Murray, S. (1976). Probabilidad y estadística (J. Osuna Suarez, Trad). McGRAW-HILL.
- Navarro, J. (2003). El vidrio. Madrid: ARTEGRAF, S.A.
- Osorio, S. (25 de Noviembre de 2010). Apuntuntes de Geotecnia con énfasis en laderas. Obtenido de Consistencia del suelo - Límites de Atterberg- Índices: http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_2498.html
- Oviedo, J. (2016). Geología de la plancha 88 - cúcuta a escala 1:100.000 departamento de norte de santander - colombia. Bogotá, Colombia: Servicio Geologico Colombiano.
- Padilla, A. & Quiguanás, C. (2016). Diseño de pavimento flexible sobre suelos expansivos estabilizados usando ceniza volante y polvo de ladrillo. Santiago de Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- Patrone, J. & Prefumo, J. (2005). La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones: métodos de prevención y control. Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, 51-74.
- Pedroz, Á., Prada, C. & Ramírez, L. (1988). Estudio preliminar para un proyecto de normalización de suelos en la ciudad de Cúcuta – Zona de estudio: Bellavista, Municipio de Los Patios. San José de Cúcuta, Colombia.: UFPS, Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
- Pedroza R., Á. (1992). Patología de la arcilla: Enfoque geotécnico. San José de Cúcuta, Colombia.: Camacol.
- Pedroza, Á. (1984). Partial review of expansive soils prepared on basis of existent knowledge. San José de Cúcuta, Colombia: Biblioteca Eduardo Cote Lamus. UFPS.

Pedroza, Á. (1998). Caracterización geológica, mineralógica y geotécnica de los suelos arcillosos que afloran en el área metropolitana de Cúcuta. San José de Cúcuta, Colombia: Trabajo de productividad intelectual - Cambio de Categoría Docente, UFPS.

Pedroza, Á. (2002). Clase I - 1. Unidades geomorfológicas de Cúcuta. San José de Cúcuta, Colombia.

Pedroza, Á., Badillo, R. & Leal, A. (2015). Influencia de la densificación de suelos arcillosos en su resistencia a la compresión inconfiada. San José de Cúcuta, Colombia: UFPS, Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.

Pedroza, Á., & Gónzales, G. (2004). Caracterización del macizo arcilloso localizado en el costado sur-occidental del sector doña nidia de la ciudad de Cúcuta. San José de Cúcuta, Colombia: Convenio Ingeominas – UFPS. UFPS, Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería.

Pedroza, Á., Bosch, N. & Quevedo, J. (1989). Evaluación y tratamiento de una arcilla expansiva en el terreno sector industrial de la zona franca de Cúcuta. San José de Cúcuta, Colombia: UFPS, Ingeniería Civil. Cúcuta: Facultad de Ingeniería.

Pedroza, Á., Castellanos, Y. & Díaz, A. (2017). Determinación del contenido de humedad en arcillas, mediante el uso del horno microondas. San José de Cúcuta, Colombia: UFPS, Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.

Pedroza, Á., Ibarra, M. & Ruiz, M. (1989). Organización y análisis de información geotécnica existente en el casco urbano de la ciudad de Cúcuta y determinación de correlaciones entre variables geotécnicas. San José de Cúcuta, Colombia: Tesis Meritoria, UFPS.

- Pedroza, Á., Jiménez, R. & Bacca, C. (1986). Uso de las cenizas de carbón como material estabilizante de arcillas expansivas. San José de Cúcuta, Colombia: UFPS, Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
- Pedroza, Á., Pineda, S. & Meneses, F. (1988). Caracterización de los suelos del sector Rinconada-Bellavista, Cúcuta - Los Patios. San José de Cúcuta, Colombia: UFPS, Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
- Pedroza, R. (1986). Laboratorio de mecánica de suelos recursos de error en la determinación en el laboratorio de las propiedades geotécnicas de los suelos. San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de <http://alejandria.ufps.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=34560>
- Peña, G., Gelvez, J. & Sánchez, J. (2016). Comportamiento de las arcillas del Área Metropolitana de Cúcuta sometidas a proceso de moldeo por extrusión. Respuesta UFPS (02), 32-38.
- Pérez, R. (2012). Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ponce, P. (2016). Effect of Crushed Glass Cullet Sizes on Physical and Mechanical Properties of Red Clay Bricks. *Advances in Materials Science and Engineering*,.
- Quevedo, J., Bosch, N. & Pedroza, Á. (1989). Evaluación y tratamiento de una arcilla expansiva en el terreno sector industrial de la zona franca de Cúcuta. San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander.

Quintero, L. & Gallardo, R. (2015). Caracterización mineralógica de arcillas expansivas con fines de estabilización. Ingenio UFPSO, 83-92.

Rico, A. & Del Castillo, H. (1992). Consideraciones sobre compactación de suelos en obras de infraestructura de transporte. México: Secretaria de comunicaciones y transporte Instituto Mexicano del Transporte.

Rubio, J. (2019). Generacion de la curva de retención de humedad empleando la técnica del papel filtro para las arcillas de las formaciones león y guayabo del área metropolitana de cúcuta. San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de Generacion de la curva de retención de humedad empleando la técnica del papel filtro para las arcillas de las formaciones león y guayabo del área metropolitana de cúcuta:

<http://alejandria.ufps.edu.co/cgi-bin/koha/opac->

[detail.pl?biblionumber=53669&query_desc=kw%2Cwrdl%3A%20GENERACI%C3%93N%20DE%20LA%20CURVA%20DE%20RETENCI%C3%93N%20DE%20HUMEDAD%20EMPLEANDO%20LA%20T%C3%89CNICA%20DEL%20PAPEL%20FILTRO%20PARA%20LAS%20ARCILLAS%20](http://alejandria.ufps.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=53669&query_desc=kw%2Cwrdl%3A%20GENERACI%C3%93N%20DE%20LA%20CURVA%20DE%20RETENCI%C3%93N%20DE%20HUMEDAD%20EMPLEANDO%20LA%20T%C3%89CNICA%20DEL%20PAPEL%20FILTRO%20PARA%20LAS%20ARCILLAS%20)

Skempton, A. (1953). The Colloidal Activity of Clays. Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering,, 57-61.

Van der Hammen, T. (1958). Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos. Boletín Geológico, VI(1-3),, 67-128.

Villalaz, C. (1976-1980). Mecánica de suelos y cimentaciones (5a. ed.). México D.F: Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editoriales.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico

Expansión Libre

Tabla. Expansión libre con tratamiento de vidrio, Valores promedios y su respectiva variación.

Expansión libre con tratamientos de vidrio					
Muestra	Expansión inicial	Promedio 15% de vidrio	Promedio 20% de vidrio	% de variación	
				15% vidrio	20% vidrio
6	57.89	22.61	18.93	60.95	67.30
11	56.36	9.27	5.95	83.56	89.44
21	59.09	40.67	26.43	31.18	55.27
29	57.14	29.18	25.68	48.94	55.07
38	68.99	37.80	30.38	45.21	55.96
47	65.29	34.98	24.71	46.42	62.15
51	65.29	38.21	30.84	41.48	52.76

Índice de Expansión Libre

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 6)

Diseño de la investigación:

Hipótesis: La adición de vidrio genera cambios significativos en la expansividad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con dos niveles (15% de vidrio y 20% vidrio). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó dos niveles 15% vidrio (1), 20% vidrio (2). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se midió el porcentaje de expansión después de 24 horas de haber ubicado las muestras según lo estipula la normatividad del ensayo.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:

```
>expansion<-
```

```
c(57.89,57.89,57.89,57.89,57.89,23.21,16.96,29.09,26.13,17.65,20.83,15.79,20.37,16.67,21.01)
```

```
> vidrio<-c(rep("control",5),rep("15% ",5),rep("20% ",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, 15% y 20% de vidrio:

```
> vidrio<-factor(vidrio)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(vidrio,expansion)
```

```
> tabla
```

	vidrio	expansion
1	control	57.89
2	control	57.89
3	control	57.89
4	control	57.89
5	control	57.89
6	15%	23.21
7	15%	16.96
8	15%	29.09
9	15%	26.13
10	15%	17.65
11	20%	20.83
12	20%	15.79
13	20%	20.37
14	20%	16.67
15	20%	21.01

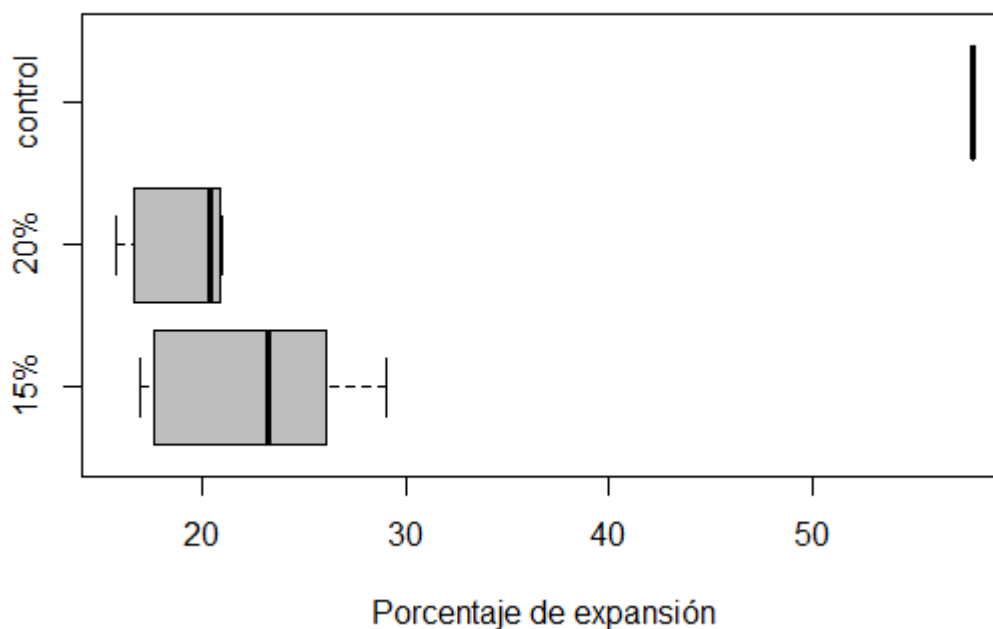
Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(expansion,vidrio,mean)
```

```
15% 20% control
22.608 18.934 57.890
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(expansion ~ vidrio, horizontal = T, xlab="Porcentaje de expansión", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que la mezcla que contiene el 20% de vidrio es la más eficiente debido a que permite obtener un menor porcentaje de expansión de la arcilla. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un porcentaje de expansión considerablemente más alto.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(expansion~vidrio)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
vidrio  2  4626  2313.2  203.7 5.48e-10***
Residuals 12   136   11.4
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(57.89,5),rep(22.608,5),rep(18.934,5))
```

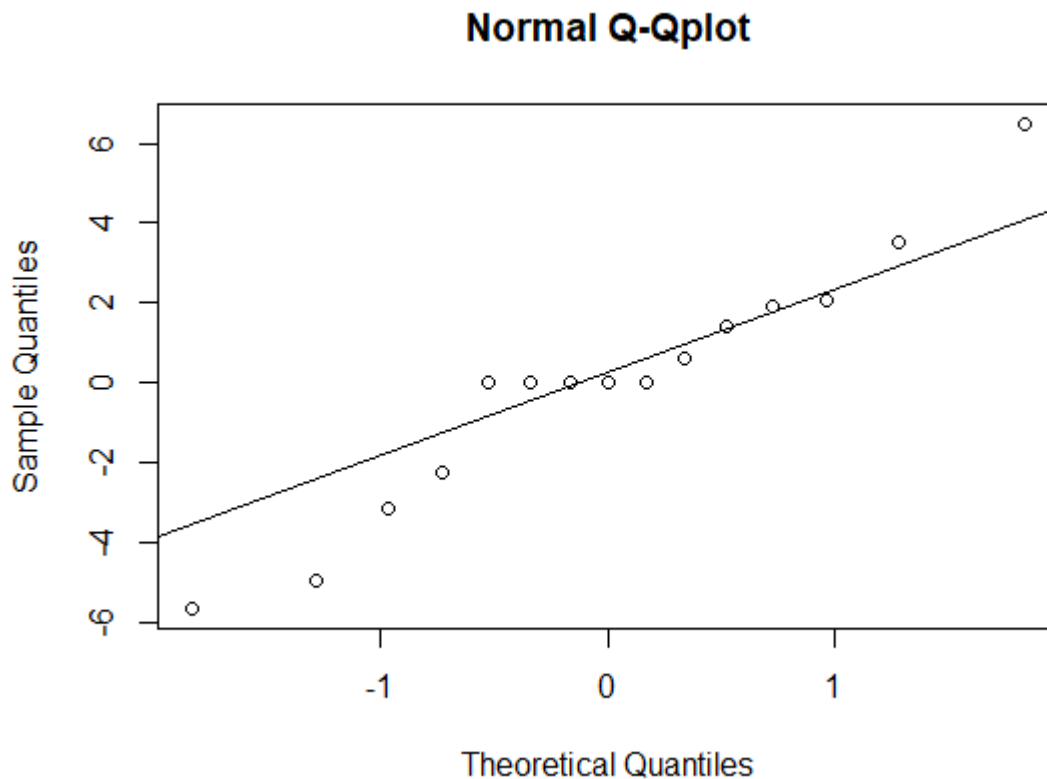
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el porcentaje de expansión y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-expansion-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
```

Shapiro-Wilk normality test

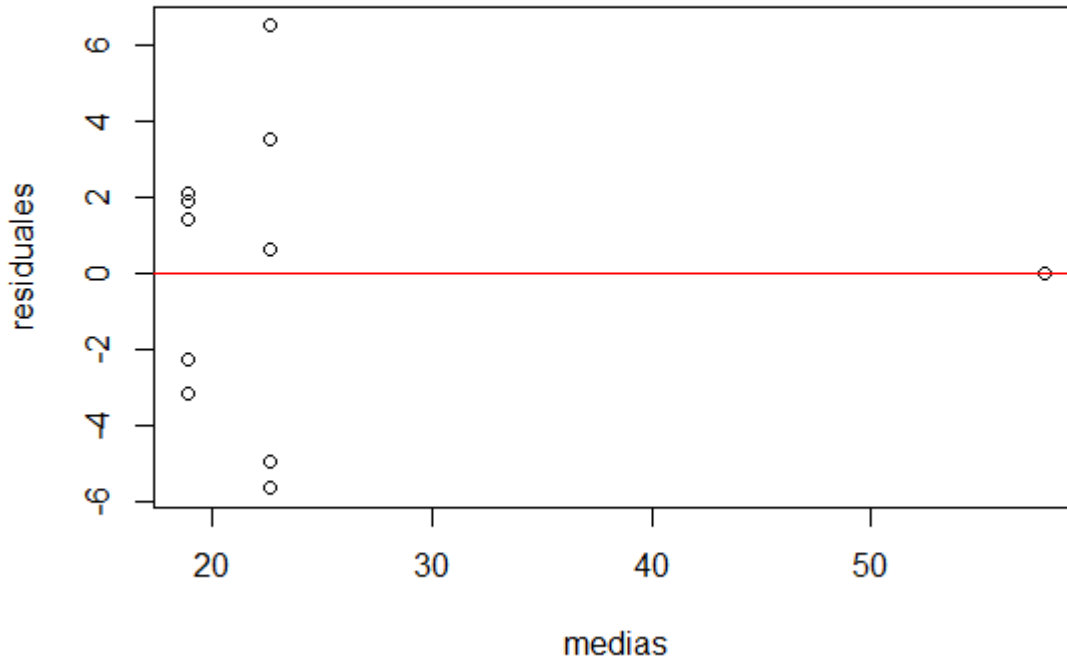
data: residuales

W = 0.9508, p-value = 0.5371 > 0.05 OK

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto.

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 11)

Diseño de la investigación:

Hipótesis: La adición de vidrio genera cambios significativos en la expansividad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con dos niveles (15% de vidrio y 20% vidrio). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó dos niveles 15% vidrio (1), 20% vidrio (2). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se midió el porcentaje de expansión después de 24 horas de haber ubicado las muestras según lo estipula la normatividad del ensayo.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:vidrio<-

```
> expansion<-
```

```
c(56.36,56.36,56.36,56.36,56.36,9.09,8.57,7.69,17.65,3.33,2.94,5.26,6.06,13.95,1.54)
```

```
> vidrio<-c(rep("control",5),rep("15%",5),rep("20%",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, 15% y 20% de vidrio:

```
> vidrio<-factor(vidrio)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(vidrio,expansion)
```

```
> tabla
```

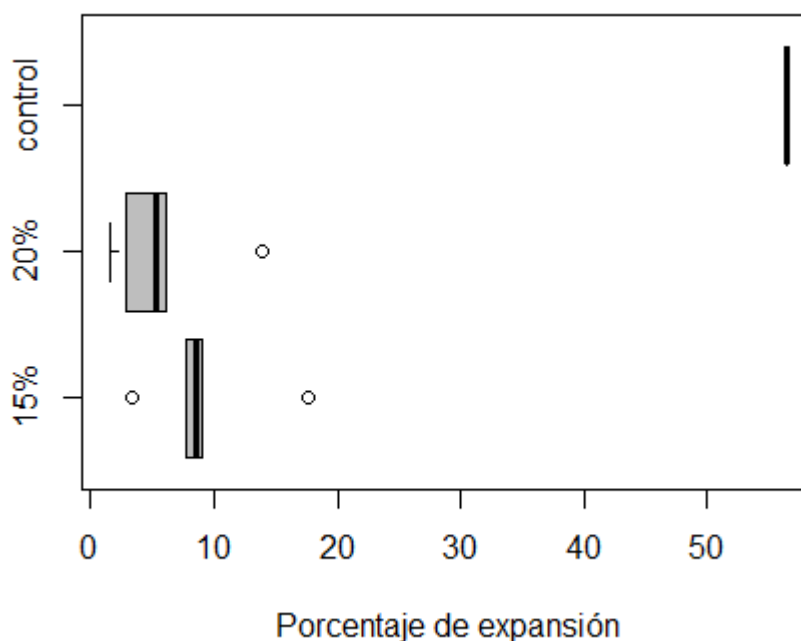
	vidrio	expansion
1	control	56.36
2	control	56.36
3	control	56.36
4	control	56.36
5	control	56.36
6	15%	9.09
7	15%	8.57
8	15%	7.69
9	15%	17.65
10	15%	3.33
11	20%	2.94
12	20%	5.26
13	20%	6.06
14	20%	13.95
15	20%	1.54

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(expansion, vidrio, mean)
 15%  20% control
9.266 5.950 56.360
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(expansion ~ vidrio, horizontal = T, xlab="Porcentaje de expansión", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que la mezcla que contiene el 20% de vidrio es la más eficiente debido a que permite obtener un menor porcentaje de expansión de la arcilla. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un porcentaje de expansión considerablemente más alto.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(expansion~vidrio)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
vidrio  2  7950   3975  236.7 2.28e-10***
Residuals 12   202    17
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

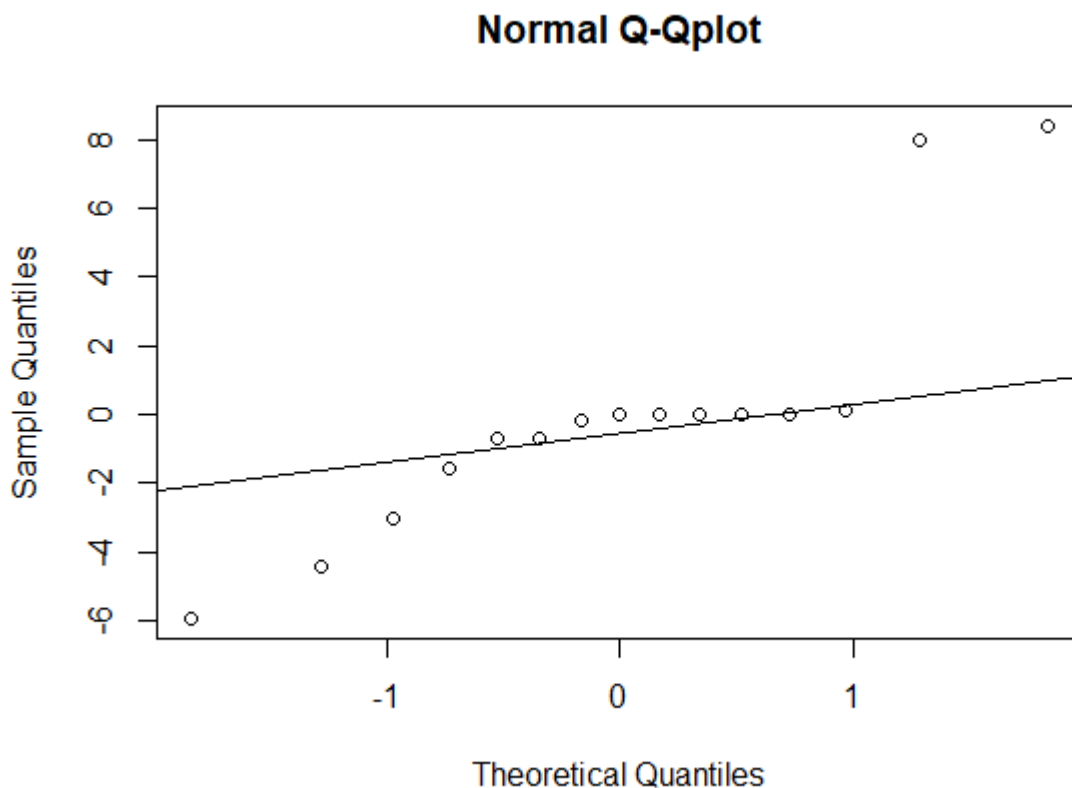
```
> medias<-c(rep(56.360,5),rep(9.266,5),rep(5.950,5))
```

Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el número de bacterias y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-expansion-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

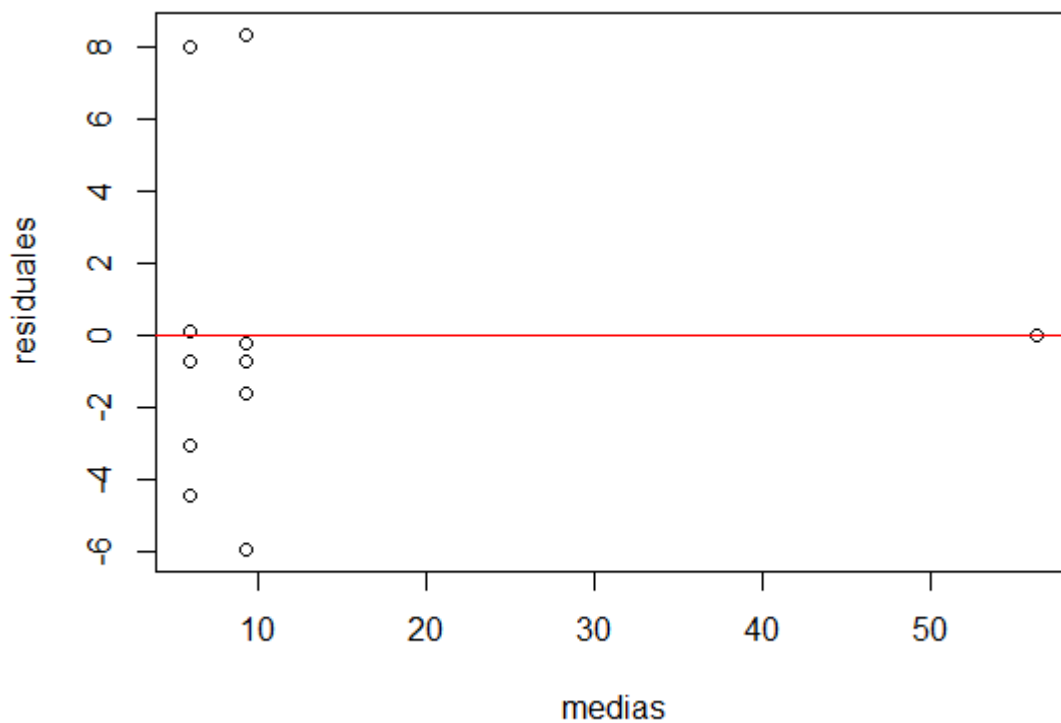
```
> shapiro.test(residuales)
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: residuales
W = 0.80246, p-value = 0.003954 < 0.05 NO
```

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 21)

Diseño de la investigación:

Hipótesis: La adición de vidrio genera cambios significativos en la expansividad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con dos niveles (15% de vidrio y 20% vidrio). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó dos niveles 15% vidrio (1), 20% vidrio (2). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se midió el porcentaje de expansión después de 24 horas de haber ubicado las muestras según lo estipula la normatividad del ensayo.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:vidrio<-

```
> expansion<-
```

```
c(59.09,59.09,59.09,59.09,59.09,36.36,47.15,38.21,48.28,33.33,20.17,27.50,29.03,33.33,22.13)
```

```
> vidrio<-c(rep("control",5),rep("15%",5),rep("20%",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, 15% y 20% de vidrio:

```
> vidrio<-factor(vidrio)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(vidrio,expansion)
```

```
> tabla
```

	vidrio	expansion
1	control	59.09
2	control	59.09
3	control	59.09
4	control	59.09
5	control	59.09
6	15%	36.36
7	15%	47.15

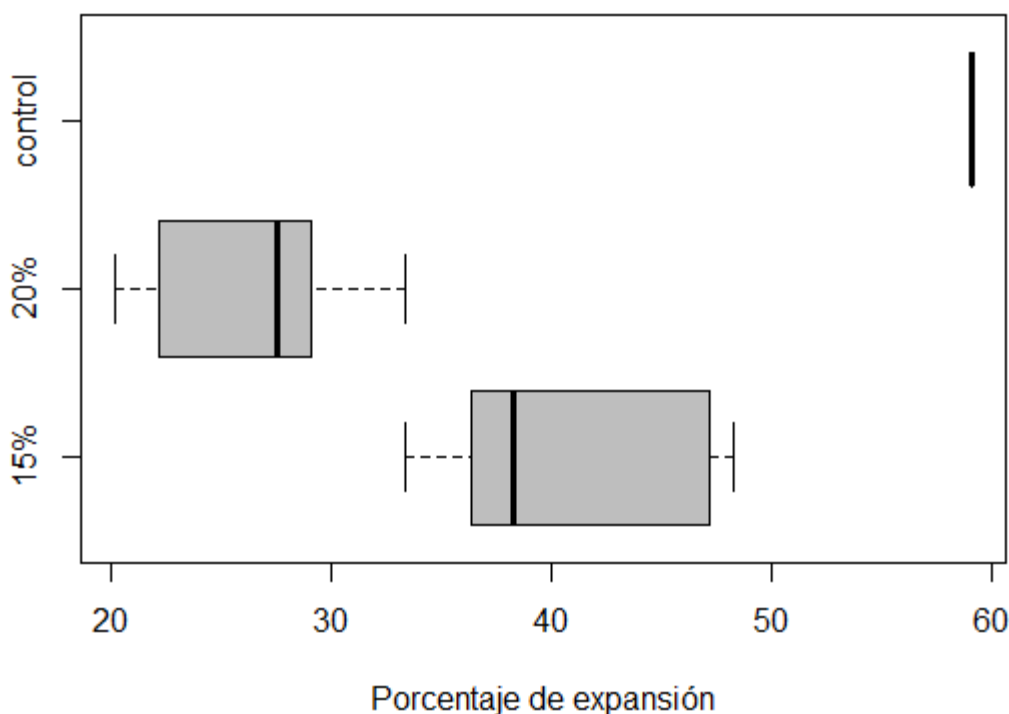
8	15%	38.21
9	15%	48.28
10	15%	33.33
11	20%	20.17
12	20%	27.50
13	20%	29.03
14	20%	33.33
15	20%	22.13

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(expansion, vidrio, mean)
 15%  20% control
40.666 26.432 59.090
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(expansion ~ vidrio, horizontal = T, xlab="Porcentaje de expansión", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que la mezcla que contiene el 20% de vidrio es la más eficiente debido a que permite obtener un menor porcentaje de expansión de la arcilla. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un porcentaje de expansión considerablemente más alto.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(expansion~vidrio)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
vidrio  2 2681.0 1340.5  55.16 8.91e-07***
Residuals 12  291.6   24.3
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

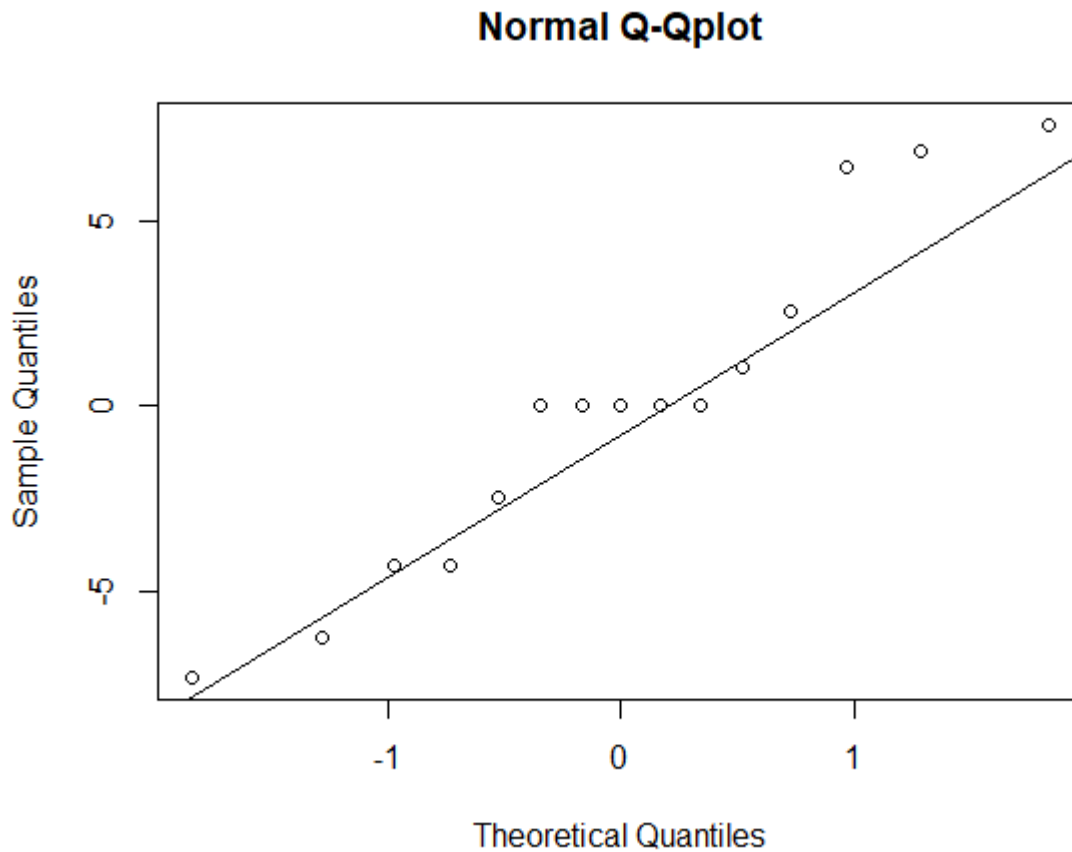
```
> medias<-c(rep(59.090,5),rep(40.666,5),rep(26.432,5))
```

Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el número de bacterias y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-expansion-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
> qqline(residuales)
```

La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

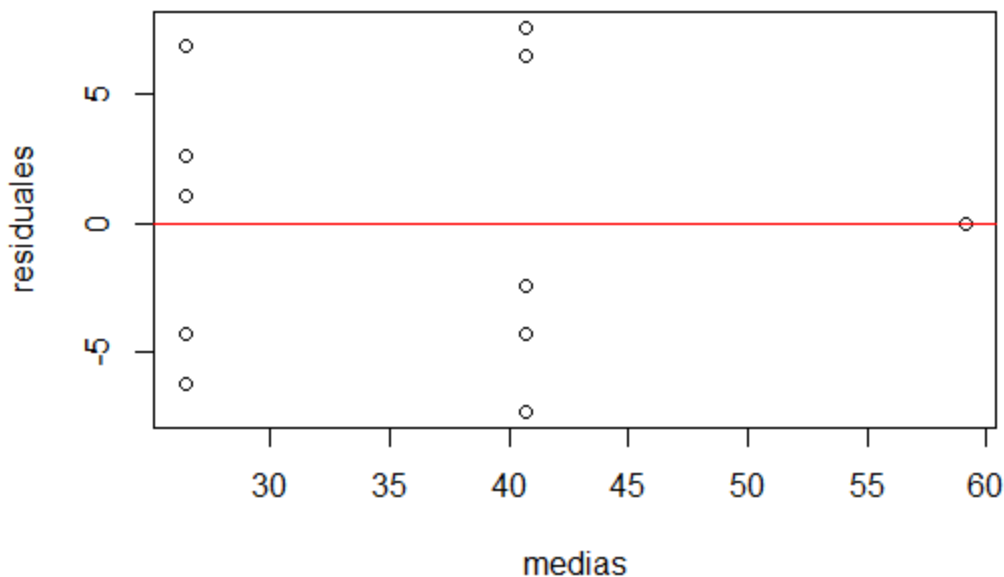
```
> shapiro.test(residuales)
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: residuales
W = 0.9352, p-value = 0.3259 > 0.05 OK
```

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto.

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 29)

Diseño de la investigación:

Hipótesis: La adición de vidrio genera cambios significativos en la expansividad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con dos niveles (15% de vidrio y 20% vidrio). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó dos niveles 15% vidrio (1), 20% vidrio (2). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se midió el porcentaje de expansión después de 24 horas de haber ubicado las muestras según lo estipula la normatividad del ensayo.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor: vidrio <-

```
> expansion<-
```

```
c(57.14,57.14,57.14,57.14,57.14,25.78,32.50,25.00,30.08,32.52,25.00,27.27,23.08,16.67,36.36)
```

```
> vidrio<-c(rep("control",5),rep("15%",5),rep("20%",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, 15% y 20% de vidrio:

```
> vidrio<-factor(vidrio)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(vidrio,expansion)
```

```
> tabla
```

	vidrio	expansion
1	control	57.14
2	control	57.14
3	control	57.14
4	control	57.14
5	control	57.14
6	15%	25.78
7	15%	32.50
8	15%	25.00
9	15%	30.08
10	15%	32.52
11	20%	25.00
12	20%	27.27
13	20%	23.08
14	20%	16.67
15	20%	36.36

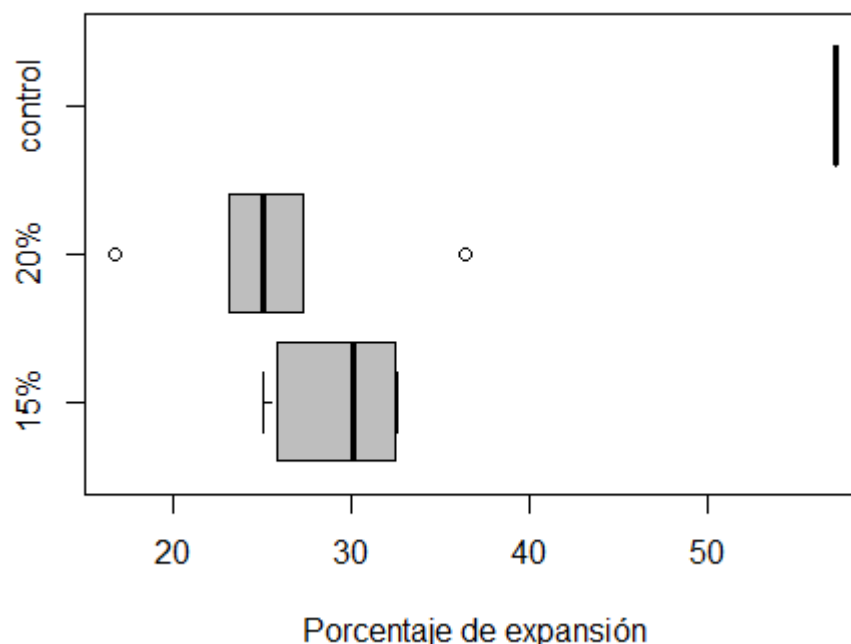
Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(expansion,vidrio,mean)
```

```
15% 20% control
29.176 25.676 57.140
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(expansion ~ vidrio, horizontal = T, xlab="Porcentaje de expansión", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que la mezcla que contiene el 20% de vidrio es la más eficiente debido a que permite obtener un menor porcentaje de expansión de la arcilla. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un porcentaje de expansión considerablemente más alto.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función `aov`. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(expansion~vidrio)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
vidrio  2  2974  1486.8  69.42 2.53e-07***
Residuals 12   257    21.4
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla.

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(57.140,5),rep(29.176,5),rep(25.676,5))
```

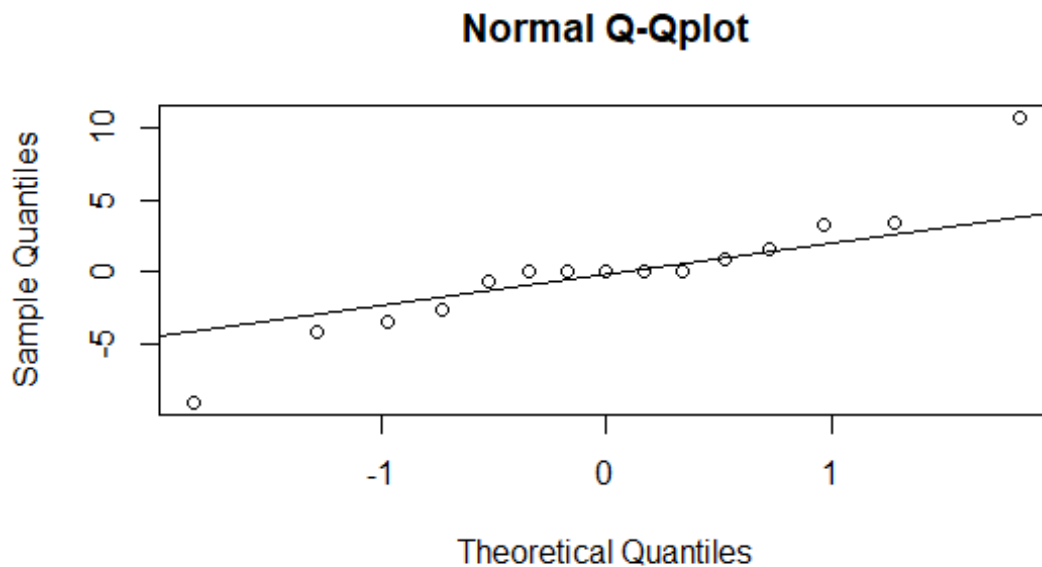
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el número de bacterias y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-expansion-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
Shapiro-Wilk normality test
```

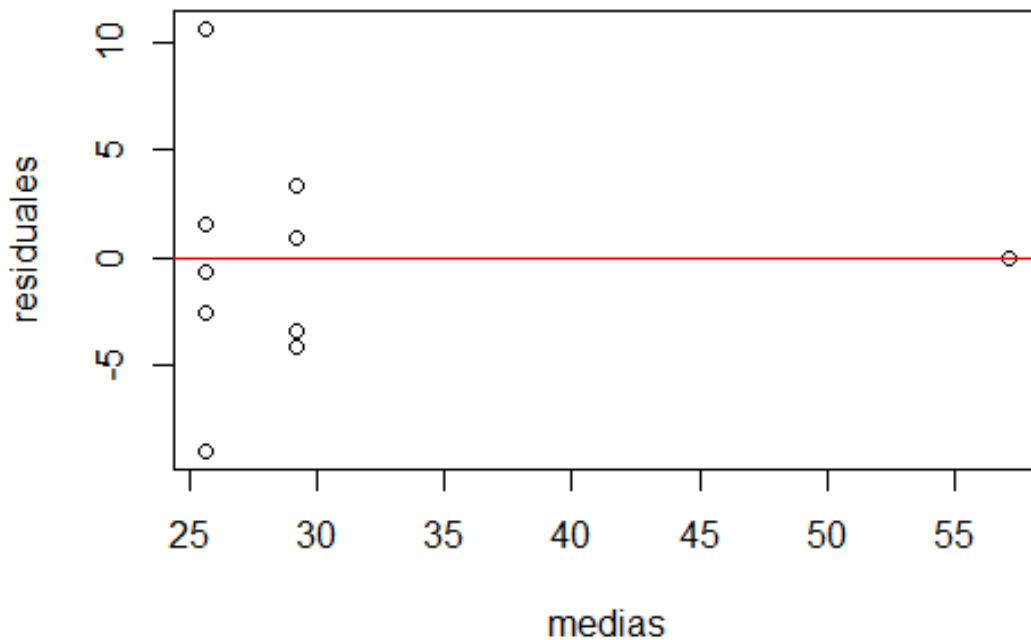
```
data: residuales
```

```
W = 0.9111, p-value = 0.1408 > 0.05 OK
```

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Presentan una distribución normal. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 38)

Diseño de la investigación:

Hipótesis: La adición de vidrio genera cambios significativos en la expansividad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con dos niveles (15% de vidrio y 20% vidrio). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó dos niveles 15% vidrio (1), 20% vidrio (2). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se midió el porcentaje de expansión después de 24 horas de haber ubicado las muestras según lo estipula la normatividad del ensayo.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:vidrio<-

```
> expansion<-
```

```
c(68.99,68.99,68.99,68.99,68.99,41.67,41.67,33.33,32.50,39.82,30.77,33.33,30.77,27.82,29.23)
```

```
> vidrio<-c(rep("control",5),rep("15%",5),rep("20%",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, 15% y 20% de vidrio:

```
> vidrio<-factor(vidrio)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(vidrio,expansion)
```

```
> tabla
```

	vidrio	expansion
1	control	68.99
2	control	68.99
3	control	68.99
4	control	68.99
5	control	68.99
6	15%	41.67
7	15%	41.67
8	15%	33.33
9	15%	32.50
10	15%	39.82
11	20%	30.77
12	20%	33.33
13	20%	30.77
14	20%	27.82
15	20%	29.23

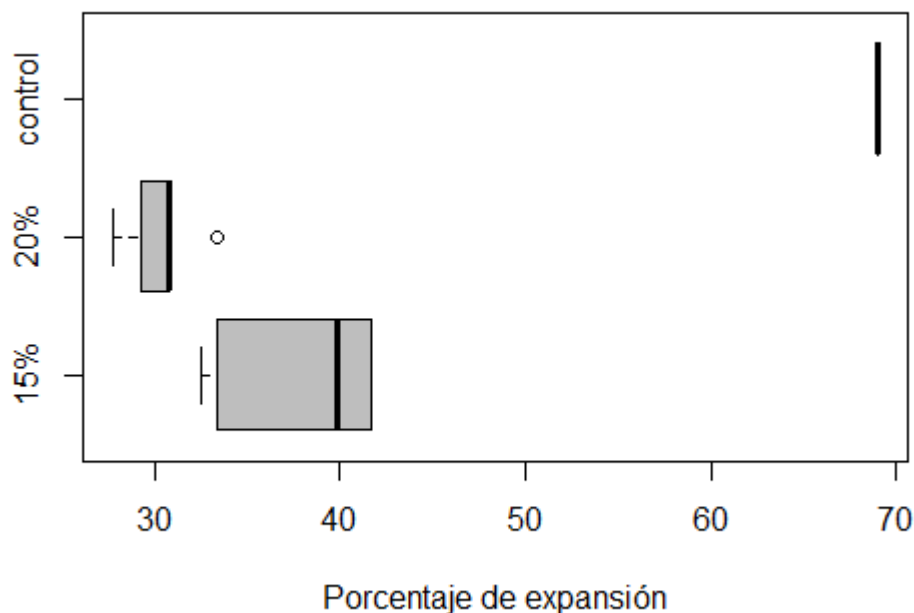
Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(expansion,vidrio,mean)
```

```
15% 20% control
37.798 30.384 68.990
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(expansion ~ vidrio, horizontal = T, xlab="Porcentaje de expansión", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que la mezcla que contiene el 20% de vidrio es la más eficiente debido a que permite obtener un menor porcentaje de expansión de la arcilla. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un porcentaje de expansión considerablemente más alto.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función `aov`. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(expansion~vidrio)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
vidrio  2  4197  2098.6   254.4 1.5e-10***
Residuals 12    99    8.2
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(68.990,5),rep(37.798,5),rep(30.384,5))
```

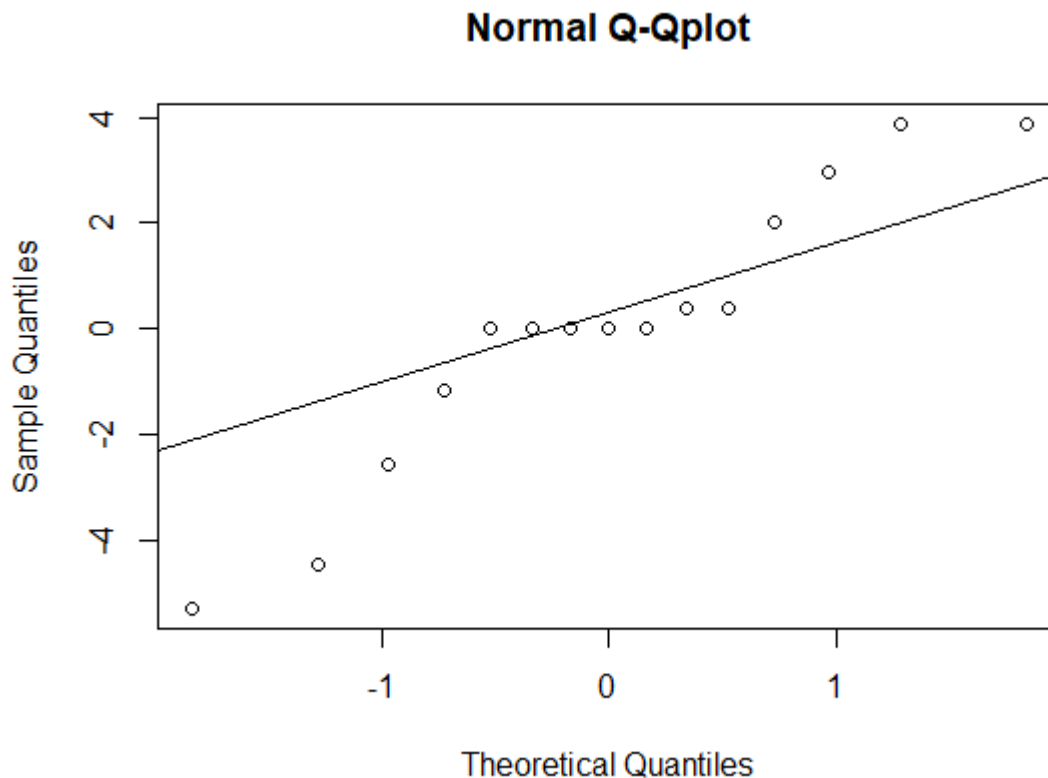

Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el número de bacterias y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-expansion-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
Shapiro-Wilk normality test
```

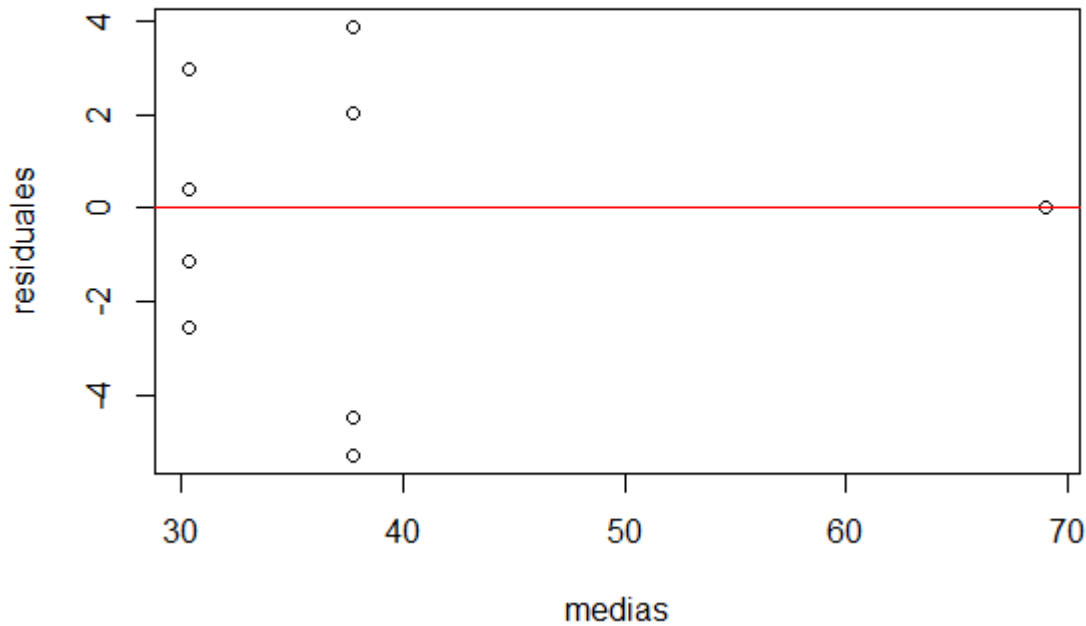
```
data: residuales
```

```
W = 0.91881, p-value = 0.1848 > 0.05 OK
```

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 47)

Diseño de la investigación:

Hipótesis: La adición de vidrio genera cambios significativos en la expansividad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con dos niveles (15% de vidrio y 20% vidrio). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó dos niveles 15% vidrio (1), 20% vidrio (2). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se midió el porcentaje de expansión después de 24 horas de haber ubicado las muestras según lo estipula la normatividad del ensayo.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:vidrio<-

```
> expansion<-
```

```
c(65.29,65.29,65.29,65.29,65.29,35.20,36.29,39.17,32.85,31.40,28.57,23.19,23.94,25.38,22.46)
```

```
> vidrio<-c(rep("control",5),rep("15% ",5),rep("20% ",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, 15% y 20% de vidrio:

```
> vidrio<-factor(vidrio)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(vidrio,expansion)
```

```
> tabla
```

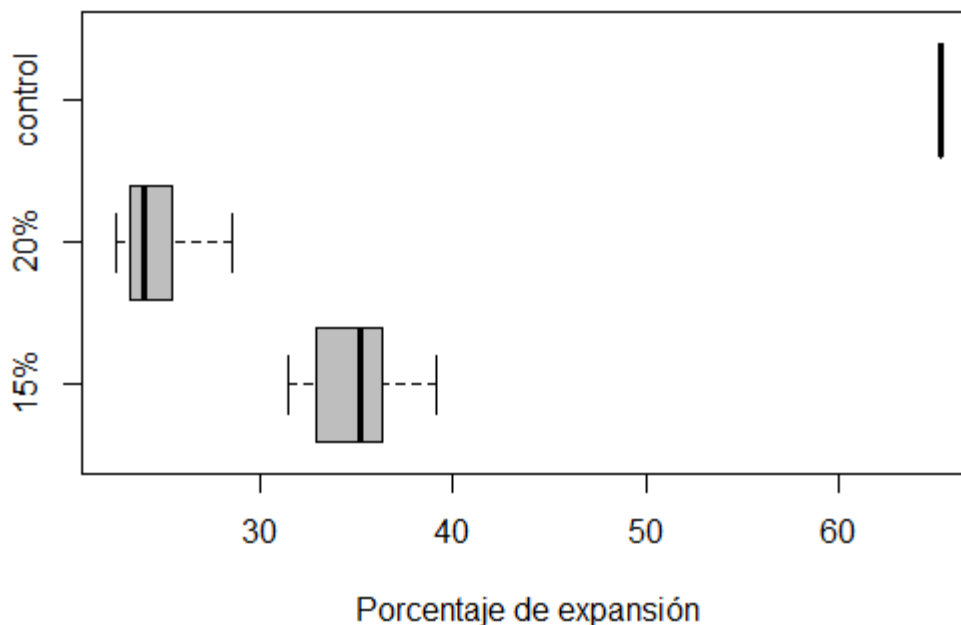
	vidrio	expansion
1	control	65.29
2	control	65.29
3	control	65.29
4	control	65.29
5	control	65.29
6	15%	35.20
7	15%	36.29
8	15%	39.17
9	15%	32.85
10	15%	31.40
11	20%	28.57
12	20%	23.19
13	20%	23.94
14	20%	25.38
15	20%	22.46

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(expansion, vidrio, mean)
 15%  20% control
34.982 24.708 65.290
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(expansion ~ vidrio, horizontal = T, xlab="Porcentaje de expansión", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que la mezcla que contiene el 20% de vidrio es la más eficiente debido a que permite obtener un menor porcentaje de expansión de la arcilla. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un porcentaje de expansión considerablemente más alto.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(expansion~vidrio)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
vidrio  2  4452   2226  445.3 5.53e-12***
Residuals 12    60     5
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

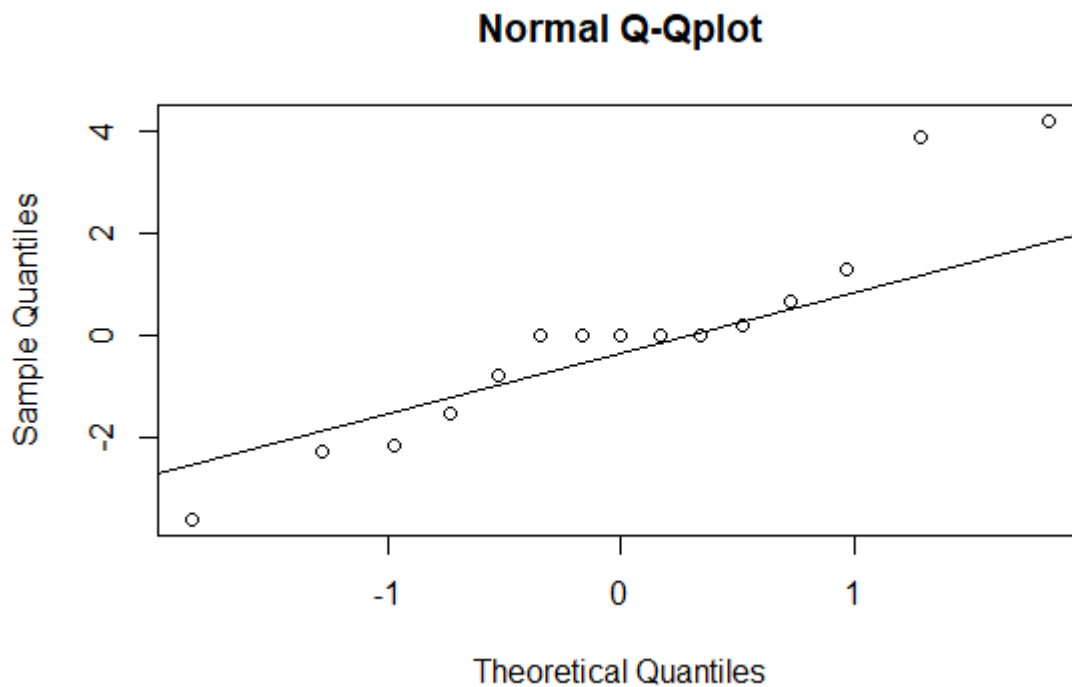
```
> medias<-c(rep(65.290,5),rep(34.982,5),rep(24.708,5))
```

Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el número de bacterias y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-expansion-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
Shapiro-Wilk normality test
```

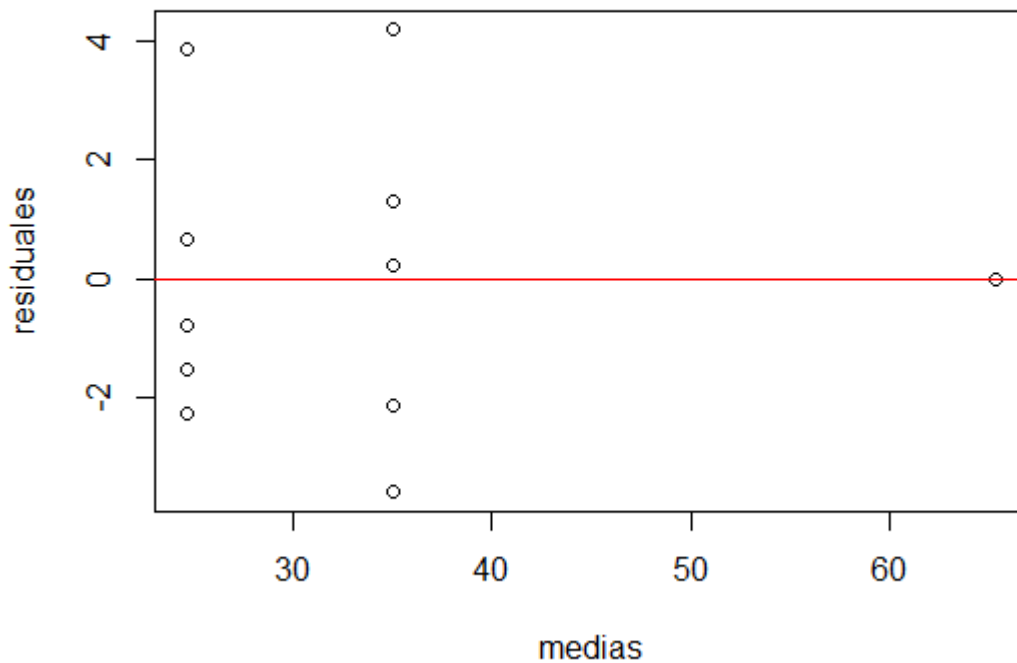
data: residuales

W = 0.91895, p-value = 0.1856 > 0.05 OK

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 51)

Diseño de la investigación:

Hipótesis: La adición de vidrio genera cambios significativos en la expansividad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con dos niveles (15% de vidrio y 20% vidrio). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó dos niveles 15% vidrio (1), 20% vidrio (2). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se midió el porcentaje de expansión después de 24 horas de haber ubicado las muestras según lo estipula la normatividad del ensayo.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:vidrio<-

```
> expansion<-
```

```
c(65.29,65.29,65.29,65.29,65.29,38.46,41.67,38.46,41.67,30.77,33.33,30.77,28.57,30.77,30.77)
```

```
> vidrio<-c(rep("control",5),rep("15%",5),rep("20%",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, 15% y 20% de vidrio:

```
> vidrio<-factor(vidrio)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(vidrio,expansion)
```

```
> tabla
```

	vidrio	expansion
1	control	65.29
2	control	65.29
3	control	65.29
4	control	65.29
5	control	65.29
6	15%	38.46
7	15%	41.67
8	15%	38.46
9	15%	41.67
10	15%	30.77
11	20%	33.33
12	20%	30.77
13	20%	28.57

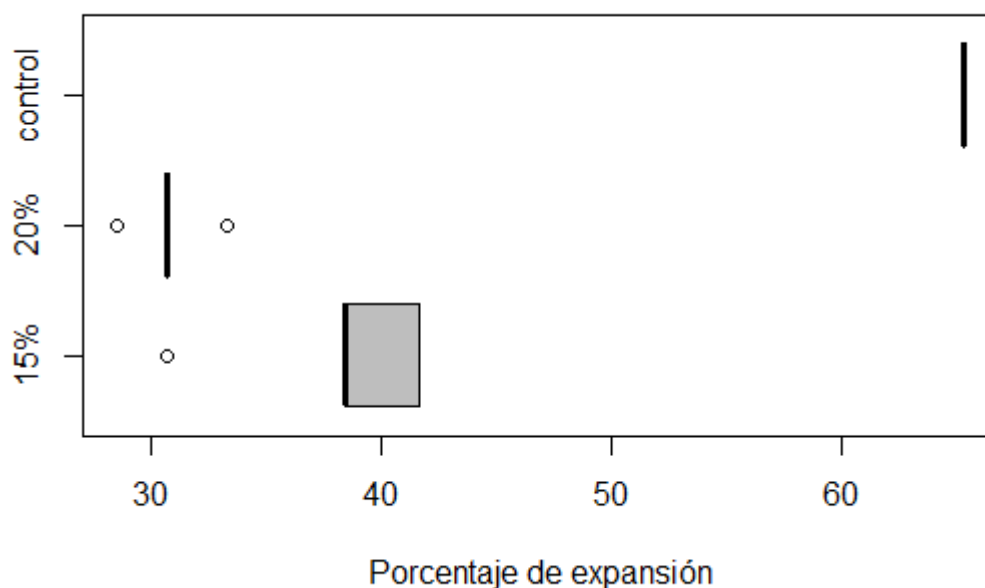
```
14 20% 30.77
15 20% 30.77
```

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(expansion, vidrio, mean)
15% 20% control
38.206 30.842 65.290
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(expansion ~ vidrio, horizontal = T, xlab="Porcentaje de expansión", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que la mezcla que contiene el 20% de vidrio es la más eficiente debido a que permite obtener un menor porcentaje de expansión de la arcilla. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un porcentaje de expansión considerablemente más alto.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(expansion~vidrio)
> summary(análisis)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
vidrio     2  3291  1645.4  217.5 3.75e-10***
Residuals 12    91    7.6
```

Signif. codes:

0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(65.290,5),rep(38.206,5),rep(30.842,5))
```

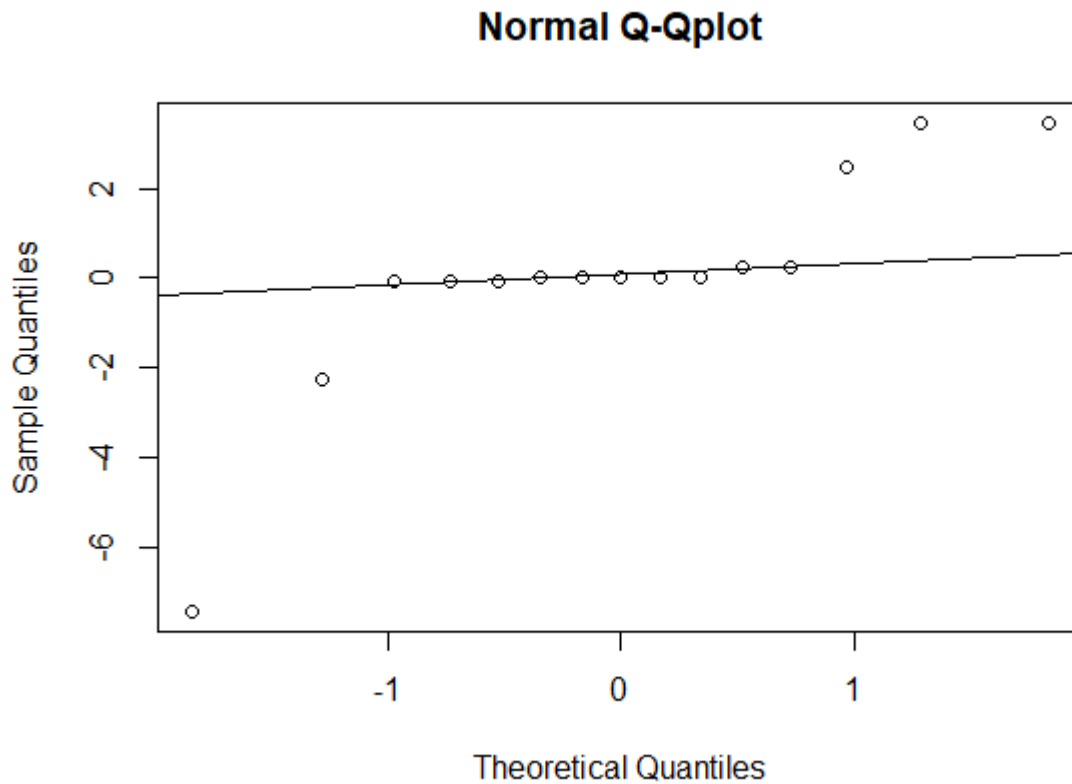
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el número de bacterias y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-expansion-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

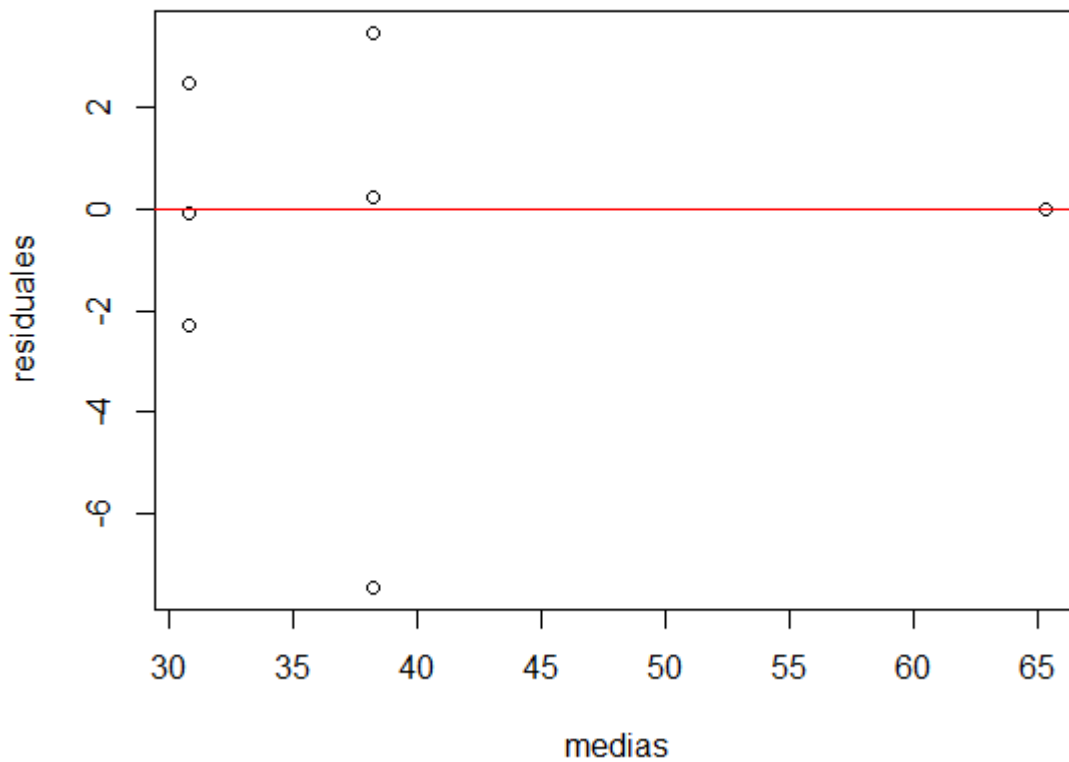
```
> shapiro.test(residuales)
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: residuales
W = 0.75041, p-value = 0.0009089 < 0.05 NO
```

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Índice de Plasticidad

Para la evaluación del índice de plasticidad se hicieron los ensayos respectivos a siete (7) muestras, dichos tratamientos se mencionan a continuación:

T1: 15% Vidrio + Agua potable.

T2: 20% Vidrio + Agua potable.

T3: 15% Vidrio + Agua residual minera.

T4: 20% Vidrio + Agua residual minera.

Tabla. Índice de plasticidad 15% Vidrio + Agua potable.

Muestra	Índice de plasticidad Sin Tratamiento	15% Vidrio + Agua potable					Índice de Plasticidad Promedio
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	
6	21.70	26.40	24.18	23.17	22.23	22.43	23.68
11	22.64	22.87	22.70	22.83	21.72	21.16	22.26
21	32.51	29.83	26.26	27.72	26.68	28.62	27.82
29	33.37	29.53	27.46	29.27	28.91	28.58	28.75
38	39.47	37.28	36.84	36.64	36.10	37.85	36.94
47	25.05	28.24	25.73	27.09	26.54	28.41	27.20
51	30.78	31.06	29.76	30.90	32.40	28.64	30.55

Tabla. Índice de plasticidad 20% Vidrio + Agua potable.

Muestra	Índice de plasticidad Sin Tratamiento	20% Vidrio + Agua potable					Índice de Plasticidad Promedio
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	
6	21.70	22.34	19.10	22.83	22.38	22.37	21.80
11	22.64	20.36	20.53	22.01	20.09	20.94	20.78
21	32.51	31.21	30.18	25.46	28.30	25.83	28.20
29	33.37	29.67	25.57	29.79	27.70	25.45	27.63
38	39.47	33.76	35.48	38.86	33.60	34.73	35.29
47	25.05	27.00	26.06	27.46	25.21	29.67	27.08
51	30.78	29.39	27.91	27.51	27.58	24.80	27.44

Tabla. Índice de plasticidad 15% Vidrio + Agua residual minera.

Muestra	Índice de plasticidad Sin Tratamiento	15% Vidrio + Agua Residual Minera					Índice de Plasticidad Promedio
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	
6	21.70	27.99	25.43	25.95	26.72	28.13	26.84
11	22.64	23.59	25.28	23.93	23.86	22.05	23.74
21	32.51	26.29	27.73	25.55	25.76	27.28	26.52
29	33.37	30.84	28.88	27.28	30.01	29.87	29.37
38	39.47	36.25	34.52	29.85	31.92	35.22	33.55
47	25.05	38.48	39.33	34.45	35.66	35.28	36.64
51	30.78	38.19	29.61	30.59	32.21	32.80	32.68

Tabla. Índice de plasticidad 20% Vidrio + Agua residual minera.

Muestra	Índice de plasticidad Sin Tratamiento	20% Vidrio + Agua Residual Minera					Índice de Plasticidad Promedio
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	
6	21.70	26.73	23.81	25.37	24.57	25.74	25.25
11	22.64	21.03	22.71	23.01	22.87	23.05	22.54
21	32.51	27.82	23.19	24.26	25.01	25.79	25.21
29	33.37	30.15	30.00	32.12	30.64	28.84	30.35
38	39.47	30.39	29.00	28.62	33.93	28.74	30.13
47	25.05	31.06	29.61	29.70	34.56	25.24	30.04
51	30.78	33.05	32.45	33.90	29.70	34.07	32.63

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 6)

Diseño de la investigación:

Hipótesis: Aplicar el tratamiento genera cambios significativos en la plasticidad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con 4 tratamientos (15% Vidrio + Agua potable, 20% Vidrio + Agua potable, 15% Vidrio + Agua residual minera, 20% Vidrio + Agua residual minera). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó los siguientes tratamientos: 15% Vidrio + Agua potable (1), 20% Vidrio + Agua potable (2), 15% Vidrio + Agua residual minera (3), 20% Vidrio + Agua residual minera (3). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se hizo el cálculo del índice de plasticidad a partir de los resultados obtenidos de los límites líquidos y plásticos.

Primero se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:

```
> índicedeplasticidad<-
```

```
c(21.70,21.70,21.70,21.70,21.70,26.40,24.18,23.17,22.23,22.43,22.34,19.10,22.83,22.38,22.37,27.99,25.43,25.95,26.72,28.13,26.73,23.81,25.37,24.57,25.74)
```

```
> vidrio<-c(rep("control",5),rep("T1",5),rep("T2",5),rep("T3",5),rep("T4",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, T1, T2, T3 y T4:

```
> tratamiento<-factor(tratamiento)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(tratamiento,índicedeplasticidad)
> tabla
```

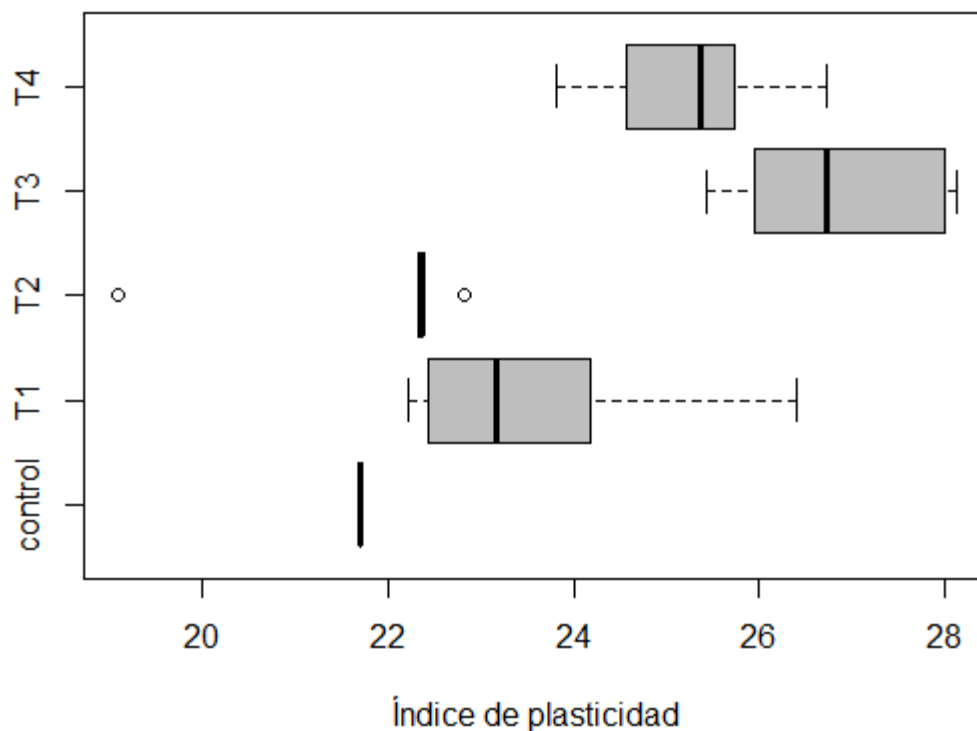
	tratamiento	índicedeplasticidad
1	control	21.70
2	control	21.70
3	control	21.70
4	control	21.70
5	control	21.70
6	T1	26.40
7	T1	24.18
8	T1	23.17
9	T1	22.23
10	T1	22.43
11	T2	22.34
12	T2	19.10
13	T2	22.83
14	T2	22.38
15	T2	22.37
16	T3	27.99
17	T3	25.43
18	T3	25.95
19	T3	26.72
20	T3	28.13
21	T4	26.73
22	T4	23.81
23	T4	25.37
24	T4	24.57
25	T4	25.74

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(índicedeplasticidad,tratamiento,mean)
control  T1  T2  T3  T4
21.700 23.682 21.804 26.844 25.244
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(índicedeplasticidad ~ tratamiento, horizontal = T, xlab="Índice de plasticidad", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que las mezclas hechas con el tratamiento 2 contiene más eficiencia ya que genera un valor menor del índice de plasticidad. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un valor menor con respecto a las tratadas.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(índicedeplasticidad~vidrio)
> summary(análisis)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
tratamiento	4	98.72	24.680	15.6	6.08e-06 ***
Residuals	20	31.64	1.582		

Signif. codes:

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(21.700,5),rep(23.682,5),rep(21.804,5),rep(26.844,5),rep(25.244,5))
```

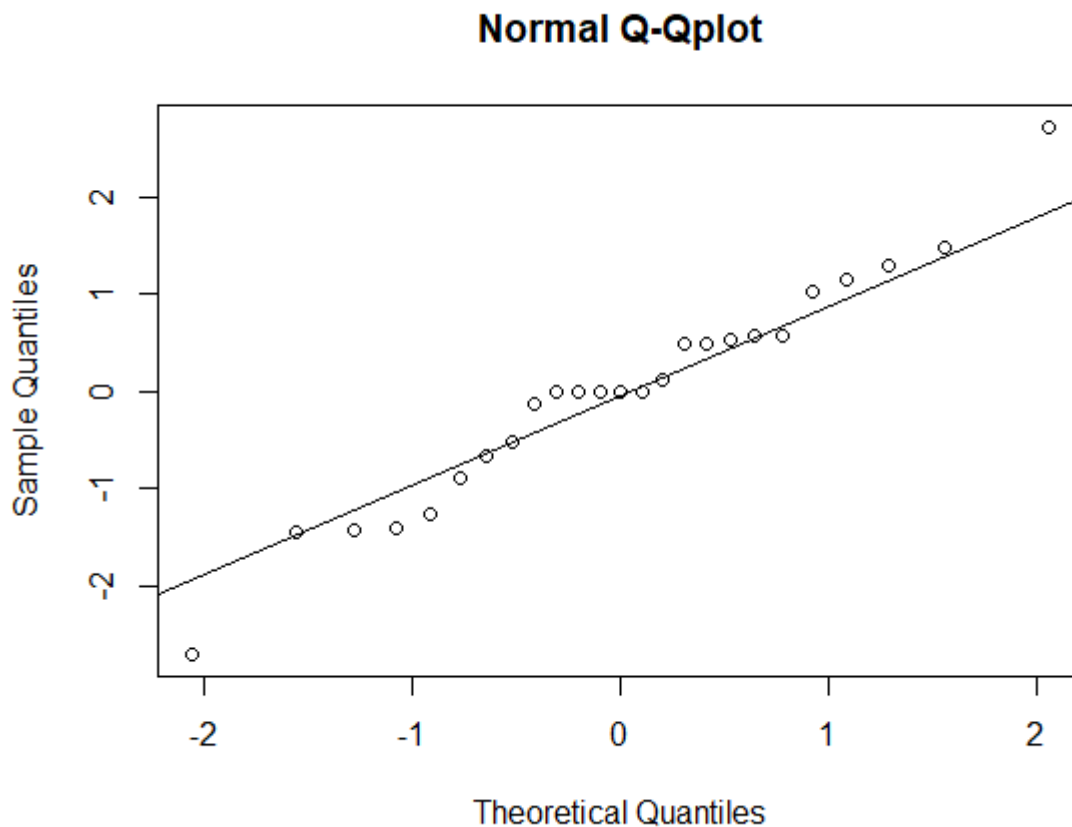
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el porcentaje de expansión y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-índice de plasticidad-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: residuales

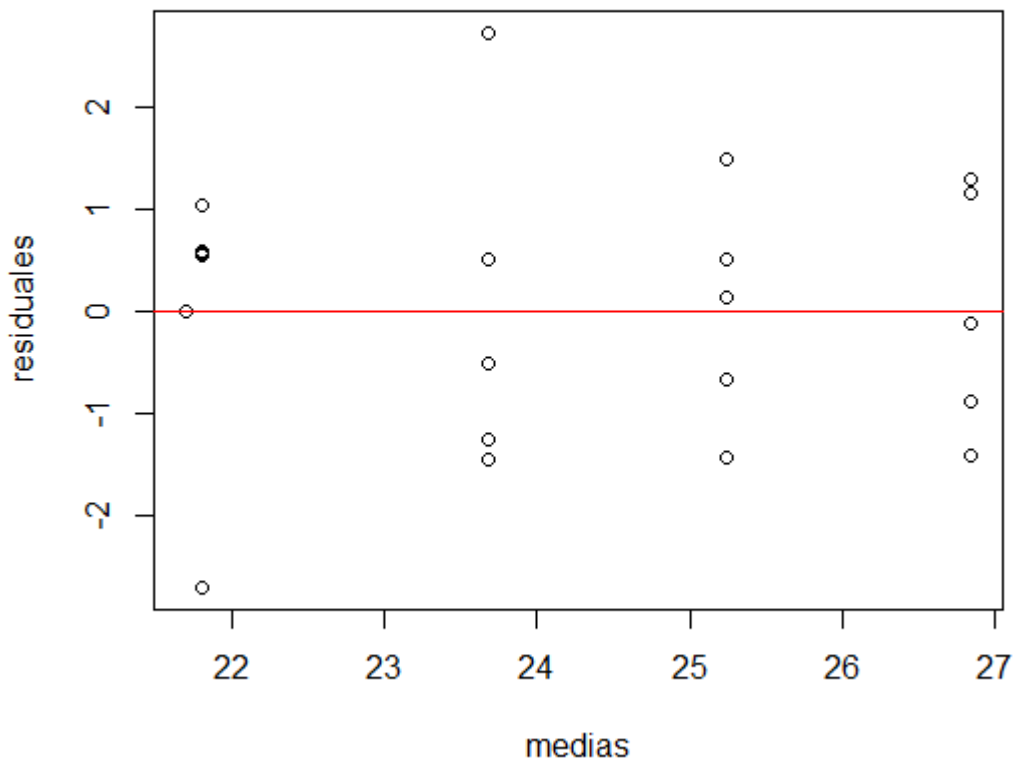
W = 0.97352, p-value = 0.7348 > 0.05 OK

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
```

```
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto.

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 11)

Hipótesis: Aplicar el tratamiento genera cambios significativos en la plasticidad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con 4 tratamientos (15% Vidrio + Agua potable, 20% Vidrio + Agua potable, 15% Vidrio + Agua residual minera, 20% Vidrio + Agua residual minera). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó los siguientes tratamientos: 15% Vidrio + Agua potable (1), 20% Vidrio + Agua potable (2), 15% Vidrio + Agua residual minera (3), 20% Vidrio + Agua residual minera (4). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se hizo el cálculo del índice de plasticidad a partir de los resultados obtenidos de los límites líquidos y plásticos.

Primero se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:

```
> índicedeplasticidad<-
```

```
c(22.64,22.64,22.64,22.64,22.64,22.87,22.70,22.83,21.71,21.16,20.36,20.53,22.01,20.09,20.94,23.59,25.28,23.93,23.86,22.05,21.03,22.71,23.01,22.87,23.05)
```

```
> tratamiento<-c(rep("control",5),rep("T1",5),rep("T2",5),rep("T3",5),rep("T4",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, T1, T2, T3 y T4:

```
> tratamiento<-factor(tratamiento)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(tratamiento,índicedeplasticidad)
```

```
> tabla
```

	tratamiento	índicedeplasticidad
1	control	22.64
2	control	22.64
3	control	22.64

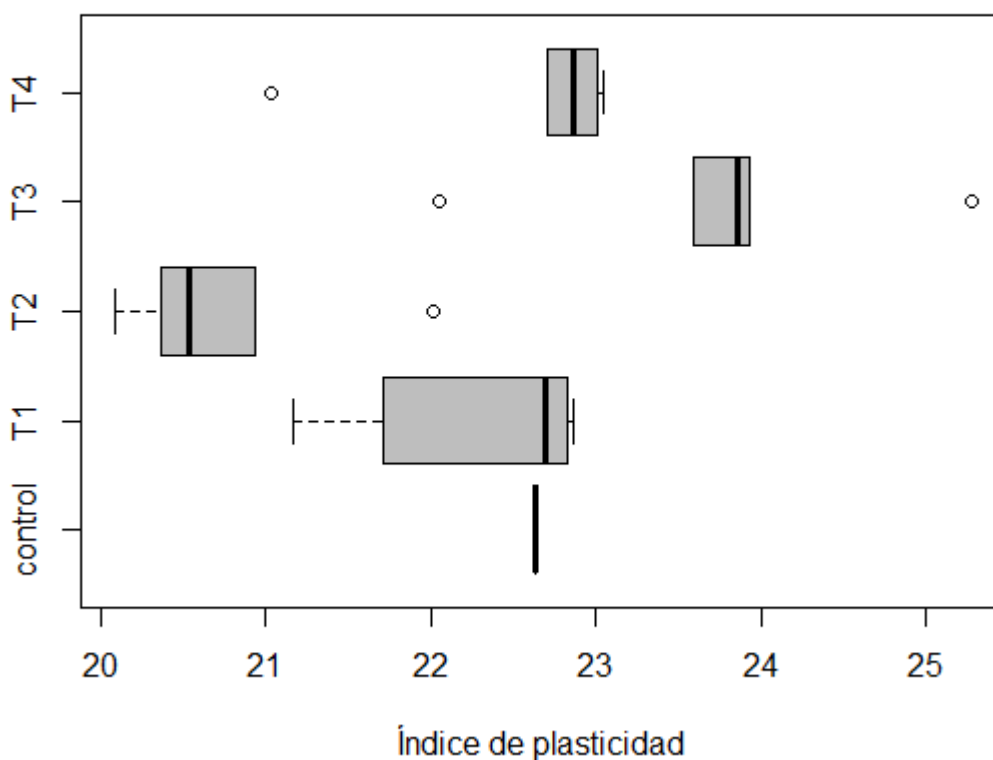
4	control	22.64
5	control	22.64
6	T1	22.87
7	T1	22.70
8	T1	22.83
9	T1	21.71
10	T1	21.16
11	T2	20.36
12	T2	20.53
13	T2	22.01
14	T2	20.09
15	T2	20.94
16	T3	23.59
17	T3	25.28
18	T3	23.93
19	T3	23.86
20	T3	22.05
21	T4	21.03
22	T4	22.71
23	T4	23.01
24	T4	22.87
25	T4	23.05

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(índice de plasticidad, tratamiento, mean)
control  T1  T2  T3  T4
22.640 22.254 20.786 23.742 22.534
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(índice de plasticidad ~ tratamiento, horizontal = T, xlab="Índice de plasticidad", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que las mezclas hechas con el tratamiento 2 contiene más eficiencia ya que genera un valor menor del índice de plasticidad. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un valor medio con respecto a las tratadas.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función `aov`. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(índiceplasticidad~tratamiento)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamiento  4  22.51   5.628   8.756 0.000297 ***
Residuals  20  12.86   0.643
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(22.640,5),rep(22.254,5),rep(20.786,5),rep(23.742,5),rep(22.534,5))
```

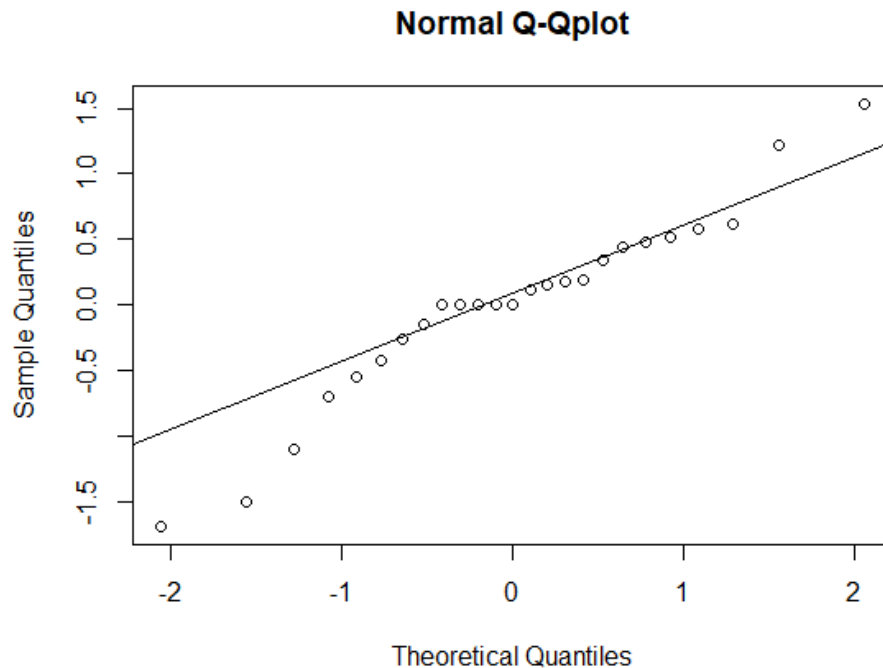
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el porcentaje de expansión y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-índice de plasticidad-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
```

Shapiro-Wilk normality test

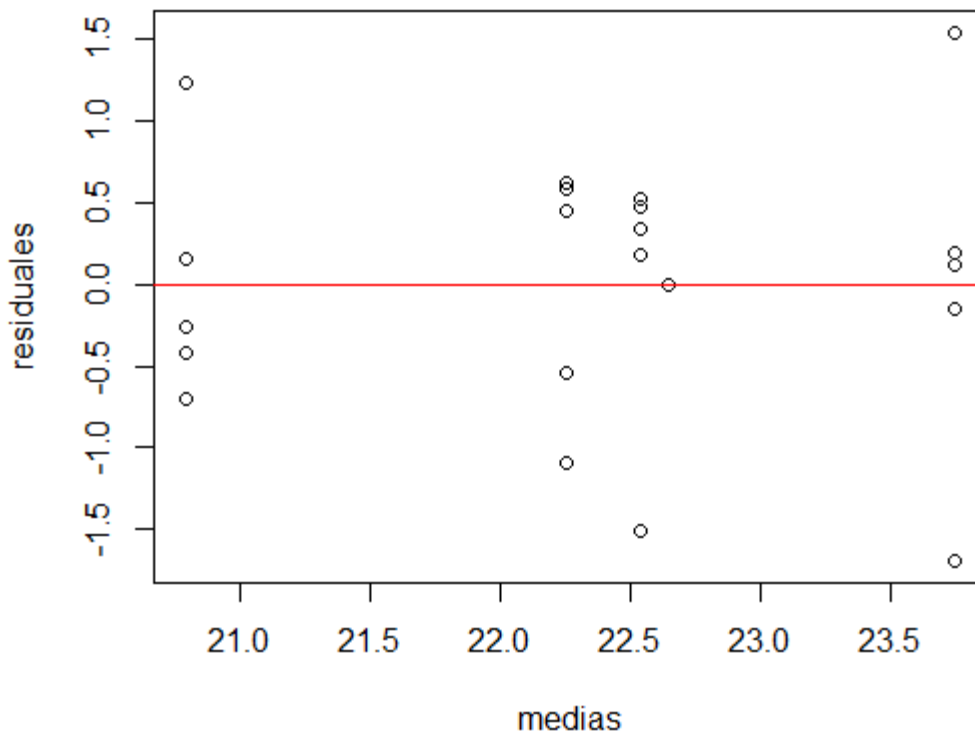
data: residuales

W = 0.94882, p-value = 0.2358 > 0.05 OK

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 21)

Hipótesis: Aplicar el tratamiento genera cambios significativos en la plasticidad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con 4 tratamientos (15% Vidrio + Agua potable, 20% Vidrio + Agua potable, 15% Vidrio + Agua residual minera, 20% Vidrio + Agua residual minera). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó los siguientes tratamientos: 15% Vidrio + Agua potable (1), 20% Vidrio + Agua potable (2), 15% Vidrio + Agua residual minera (3), 20% Vidrio + Agua residual minera (4). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se hizo el cálculo del índice de plasticidad a partir de los resultados obtenidos de los límites líquidos y plásticos.

Primero se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:

```
> índicedeplasticidad<-
```

```
c(32.51,32.51,32.51,32.51,32.51,29.83,26.26,27.72,26.68,28.62,31.21,30.18,25.46,28.30,25.83,26.29,27.73,25.55,25.76,27.28,27.82,23.19,24.26,25.01,25.79)
```

```
> tratamiento<-c(rep("control",5),rep("T1",5),rep("T2",5),rep("T3",5),rep("T4",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, T1, T2, T3 y T4:

```
> tratamiento<-factor(tratamiento)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

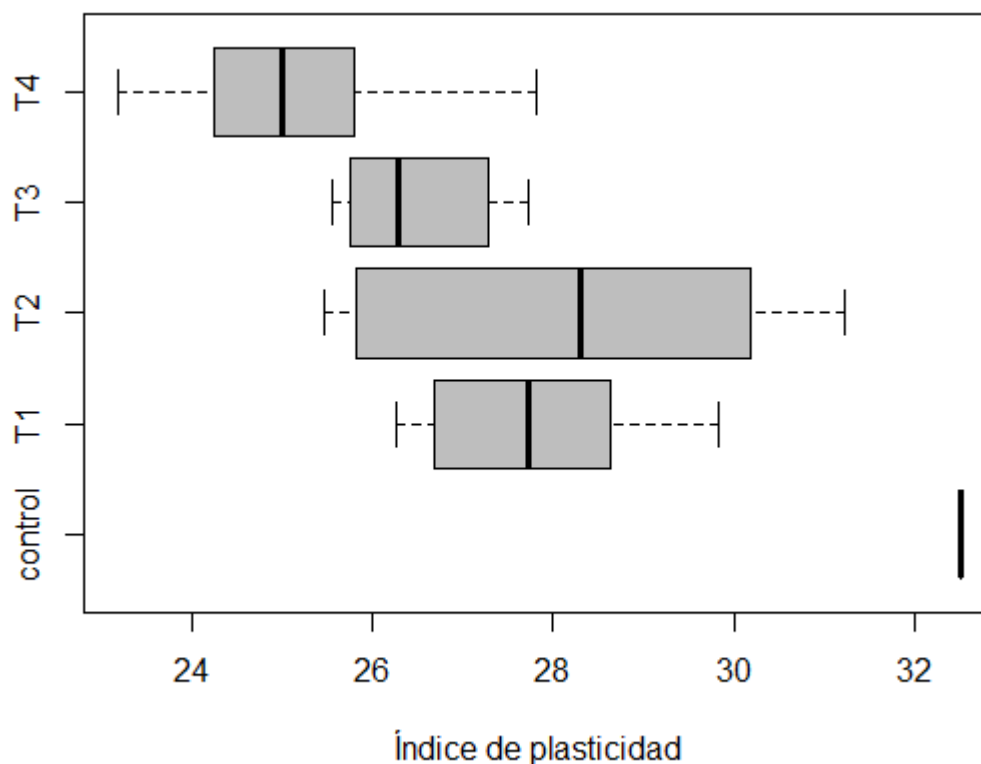
```
> tabla<-data.frame(tratamiento,índicedeplasticidad)
> tabla
tratamiento índicedeplasticidad
1 control 32.51
2 control 32.51
3 control 32.51
4 control 32.51
5 control 32.51
6 T1 29.83
7 T1 26.26
8 T1 27.72
9 T1 26.68
10 T1 28.62
11 T2 31.21
12 T2 30.18
13 T2 25.46
14 T2 28.30
15 T2 25.83
16 T3 26.29
17 T3 27.73
18 T3 25.55
19 T3 25.76
20 T3 27.28
21 T4 27.82
22 T4 23.19
23 T4 24.26
24 T4 25.01
25 T4 25.79
```

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(índicedeplasticidad,tratamiento,mean)
control T1 T2 T3 T4
32.510 27.822 28.196 26.522 25.214
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(índicedeplasticidad ~ tratamiento, horizontal = T, xlab="Índice de plasticidad", col = "gray")
```

El análisis exploratorio indica que las mezclas hechas con el tratamiento 4 contiene más eficiencia ya que genera un valor menor del índice de plasticidad. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un valor mayor con respecto a las tratadas.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función `aov`. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(índice de plasticidad~tratamiento)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamiento 4 151.71  37.93  15.07 7.82e-06 ***
Residuals  20  50.32   2.52
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(32.510,5),rep(27.822,5),rep(28.196,5),rep(26.522,5),rep(25.214,5))
```

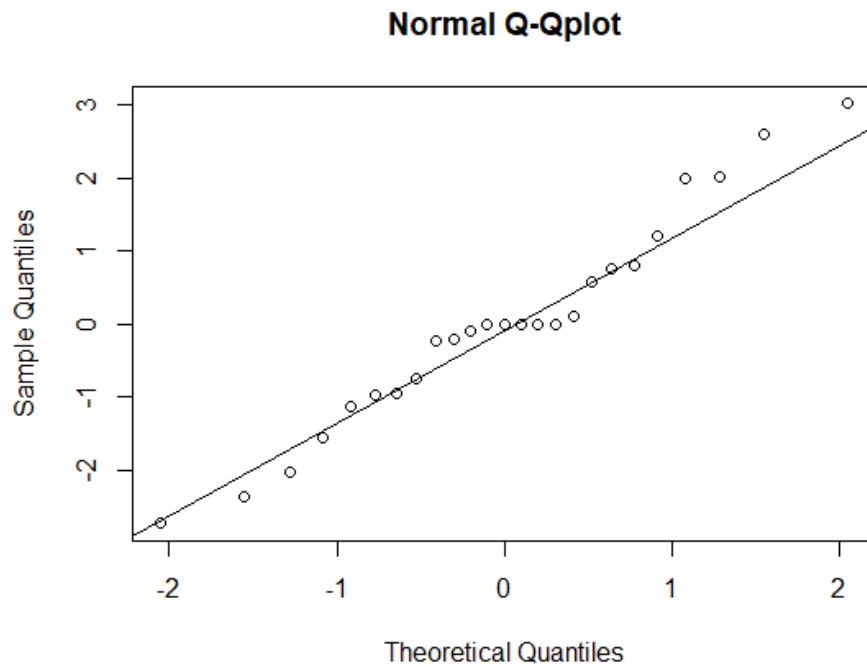
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el porcentaje de expansión y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-índiceplasticidad-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
```

Shapiro-Wilk normality test

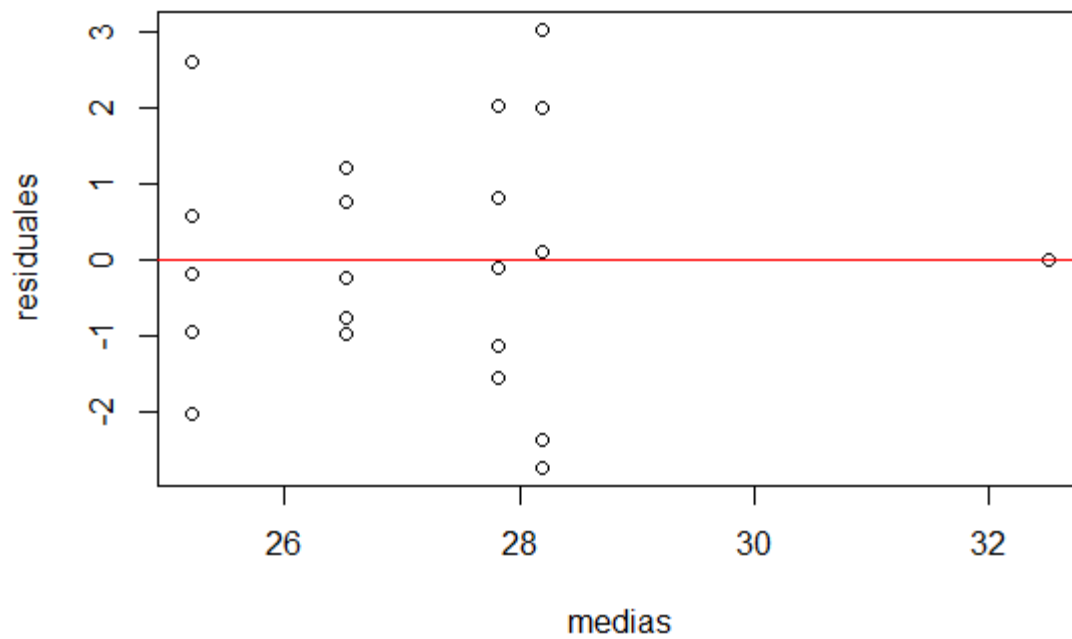
data: residuales

W = 0.96846, p-value = 0.6063 > 0.05 OK

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)  
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 29)

Hipótesis: Aplicar el tratamiento genera cambios significativos en la plasticidad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con 4 tratamientos (15% Vidrio + Agua potable, 20% Vidrio + Agua potable, 15% Vidrio + Agua residual minera, 20% Vidrio + Agua residual minera). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó los siguientes tratamientos: 15% Vidrio + Agua potable (1), 20% Vidrio + Agua potable (2), 15% Vidrio + Agua residual minera (3), 20% Vidrio + Agua residual minera (4). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se hizo el cálculo del índice de plasticidad a partir de los resultados obtenidos de los límites líquidos y plásticos.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:

```
> índicedeplasticidad<-
```

```
c(33.37,33.37,33.37,33.37,33.37,29.53,27.46,29.27,28.91,28.58,29.67,25.57,29.79,27.70,25.45,30.84,28.88,27.28,30.01,29.87,30.15,30.00,32.12,30.64,28.84)
```

```
> tratamiento<-c(rep("control",5),rep("T1",5),rep("T2",5),rep("T3",5),rep("T4",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, T1, T2, T3 y T4:

```
> tratamiento<-factor(tratamiento)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

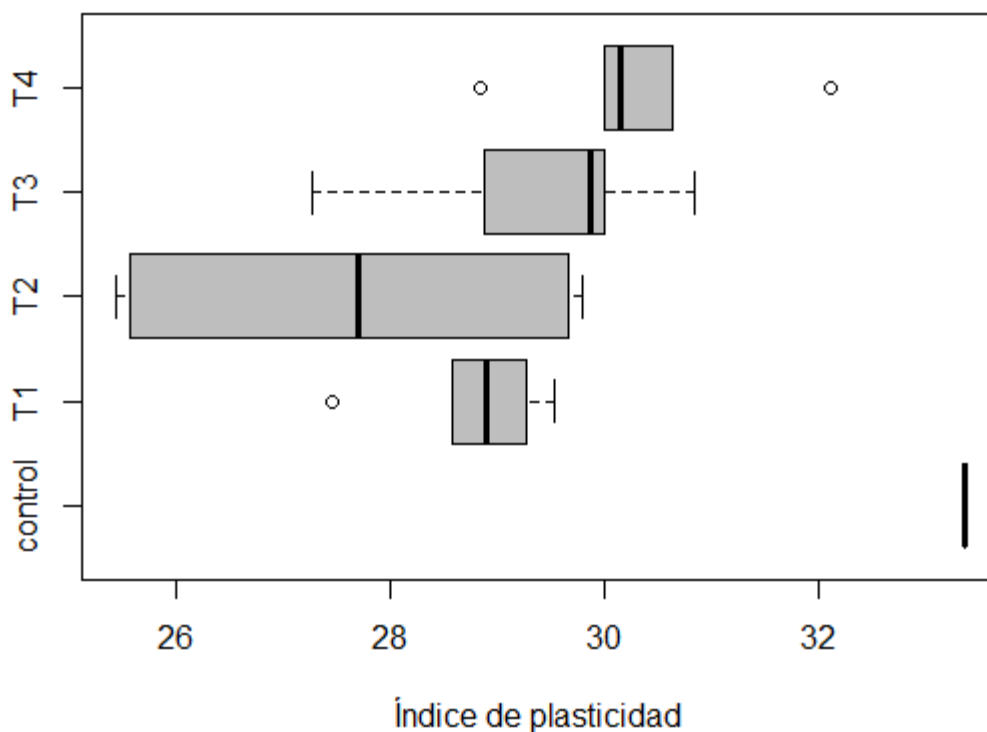
```
> tabla<-data.frame(tratamiento,índicedeplasticidad)
> tabla
tratamiento índicedeplasticidad
1 control 33.37
2 control 33.37
3 control 33.37
4 control 33.37
5 control 33.37
6 T1 29.53
7 T1 27.46
8 T1 29.27
9 T1 28.91
10 T1 28.58
11 T2 29.67
12 T2 25.57
13 T2 29.79
14 T2 27.70
15 T2 25.45
16 T3 30.84
17 T3 28.88
18 T3 27.28
19 T3 30.01
20 T3 29.87
21 T4 30.15
22 T4 30.00
23 T4 32.12
24 T4 30.64
25 T4 28.84
```

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(índicedeplasticidad,tratamiento,mean)
control T1 T2 T3 T4
33.370 28.750 27.636 29.376 30.350
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(índicedeplasticidad ~ tratamiento, horizontal = T, xlab="Índice de plasticidad", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que las mezclas hechas con el tratamiento 2 contiene más eficiencia ya que genera un valor menor del índice de plasticidad. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un valor mayor con respecto a las tratadas.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(índice de plasticidad~tratamiento)
> summary(análisis)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
tratamiento	4	94.83	23.708	14.15	1.24e-05
Residuals	20	33.51	1.676		

```
tratamiento ***
Residuals
```

```
---
```

```
Signif. codes:
```

```
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(33.370,5),rep(28.750,5),rep(27.636,5),rep(29.376,5),rep(30.350,5))
```

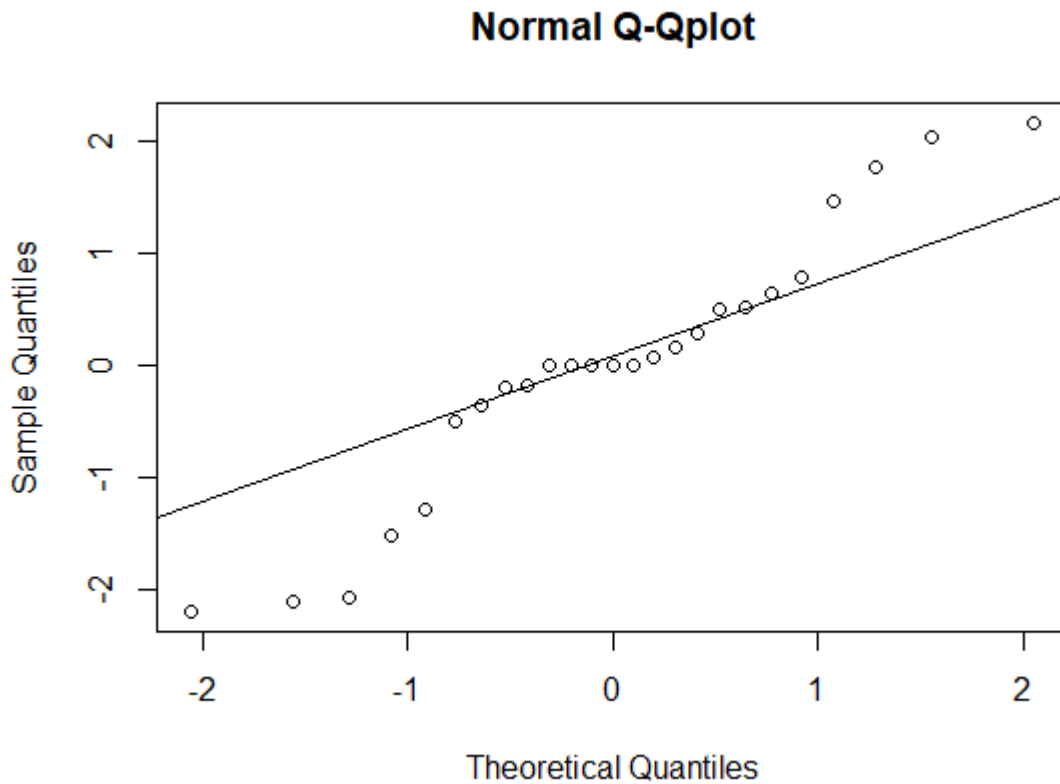
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el porcentaje de expansión y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-índice de plasticidad-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
```

Shapiro-Wilk normality test

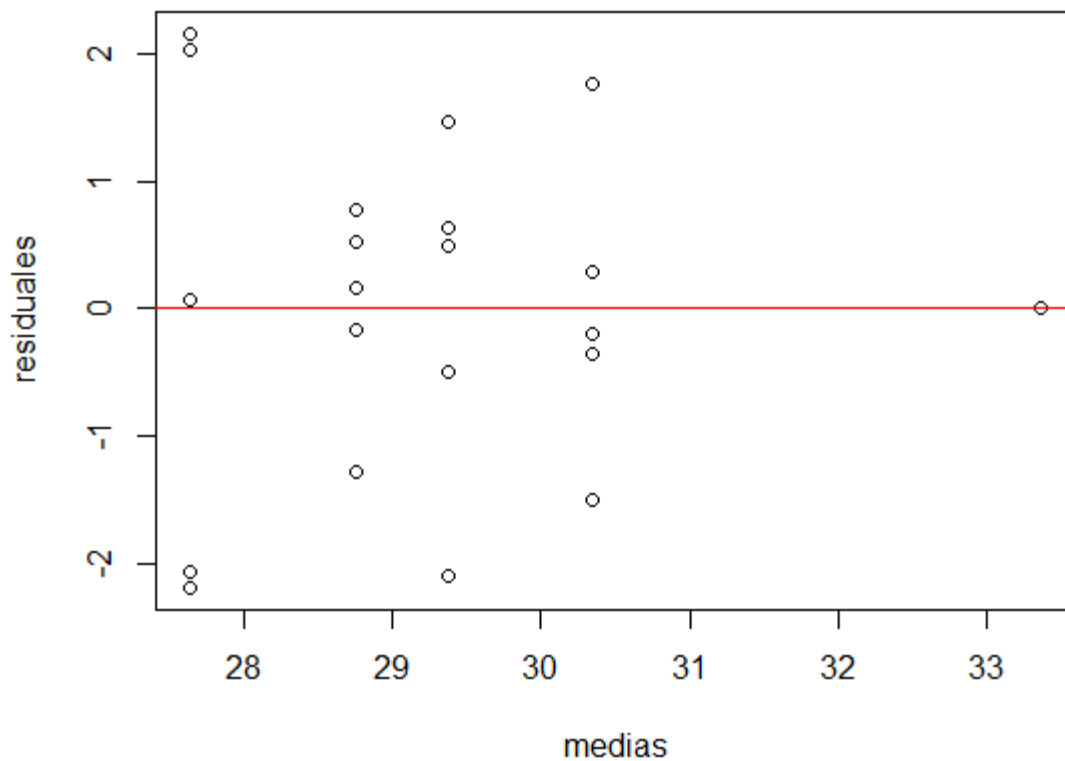
```
data: residuales
```

```
W = 0.93708, p-value = 0.1267 > 0.05
```

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto.

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 38)

Hipótesis: Aplicar el tratamiento genera cambios significativos en la plasticidad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con 4 tratamientos (15% Vidrio + Agua potable, 20% Vidrio + Agua potable, 15% Vidrio + Agua residual minera, 20% Vidrio + Agua residual minera). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó los siguientes tratamientos: 15% Vidrio + Agua potable (1), 20% Vidrio + Agua potable (2), 15% Vidrio + Agua residual minera (3), 20% Vidrio + Agua residual minera (4). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se hizo el cálculo del índice de plasticidad a partir de los resultados obtenidos de los límites líquidos y plásticos.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:

```
> índicedeplasticidad<-
```

```
c(39.47,39.47,39.47,39.47,39.47,37.28,36.84,36.64,36.10,37.85,33.76,35.48,38.86,33.60,34.73,36.25,34.52,29.85,31.92,35.22,30.39,29.00,28.62,33.93,28.74)
```

```
> tratamiento<-c(rep("control",5),rep("T1",5),rep("T2",5),rep("T3",5),rep("T4",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, T1, T2, T3 y T4:

```
> tratamiento<-factor(tratamiento)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

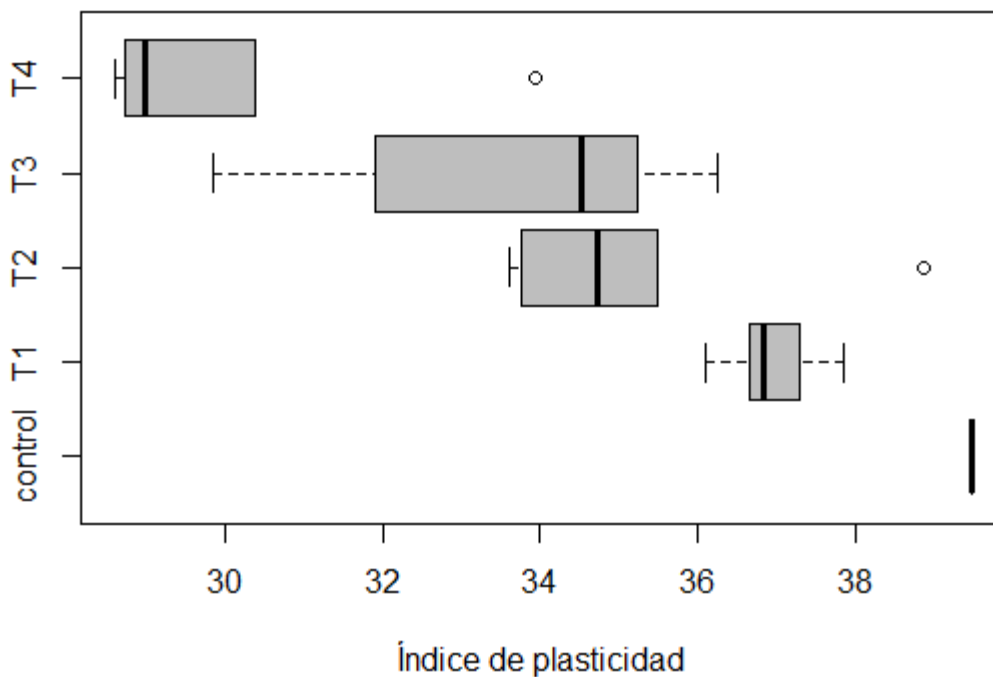
```
> tabla<-data.frame(tratamiento,índicedeplasticidad)
> tabla
tratamiento índicedeplasticidad
1 control 39.47
2 control 39.47
3 control 39.47
4 control 39.47
5 control 39.47
6 T1 37.28
7 T1 36.84
8 T1 36.64
9 T1 36.10
10 T1 37.85
11 T2 33.76
12 T2 35.48
13 T2 38.86
14 T2 33.60
15 T2 34.73
16 T3 36.25
17 T3 34.52
18 T3 29.85
19 T3 31.92
20 T3 35.22
21 T4 30.39
22 T4 29.00
23 T4 28.62
24 T4 33.93
25 T4 28.74
```

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(índicedeplasticidad,tratamiento,mean)
control T1 T2 T3 T4
39.470 36.942 35.286 33.552 30.136
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(índicedeplasticidad ~ tratamiento, horizontal = T, xlab="Índice de plasticidad", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que las mezclas hechas con el tratamiento 4 contiene más eficiencia ya que genera un valor menor valor del índice de plasticidad. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un valor mayor con respecto a las tratadas.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(índice de plasticidad~tratamiento)
> summary(análisis)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
tratamiento	4	247.8	61.95	18.38	1.77e-06
Residuals	20	67.4	3.37		

tratamiento ***

Residuals

Signif. codes:

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(39.470,5),rep(36.942,5),rep(35.286,5),rep(33.552,5),rep(30.136,5))
```

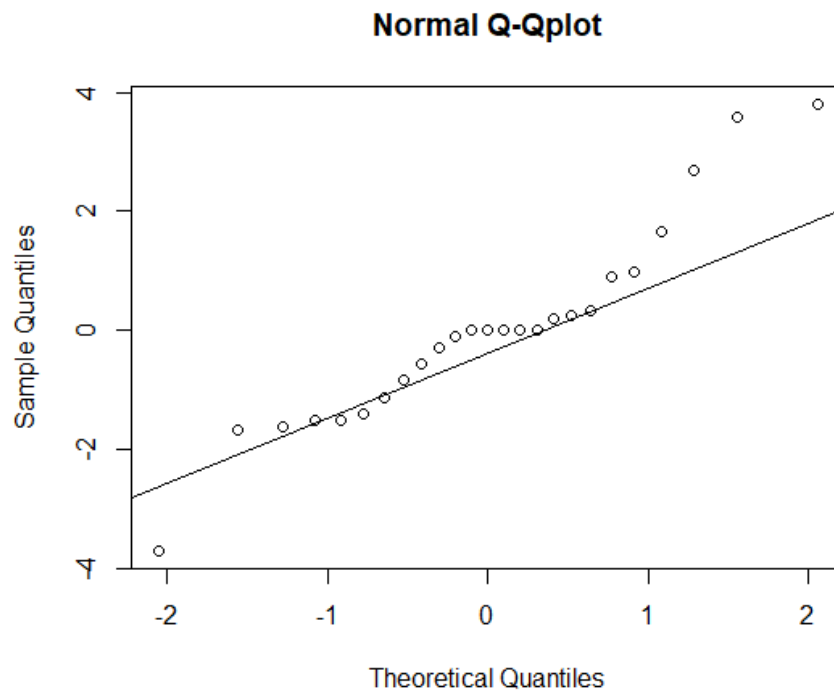
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el porcentaje de expansión y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-índice de plasticidad-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
```

Shapiro-Wilk normality test

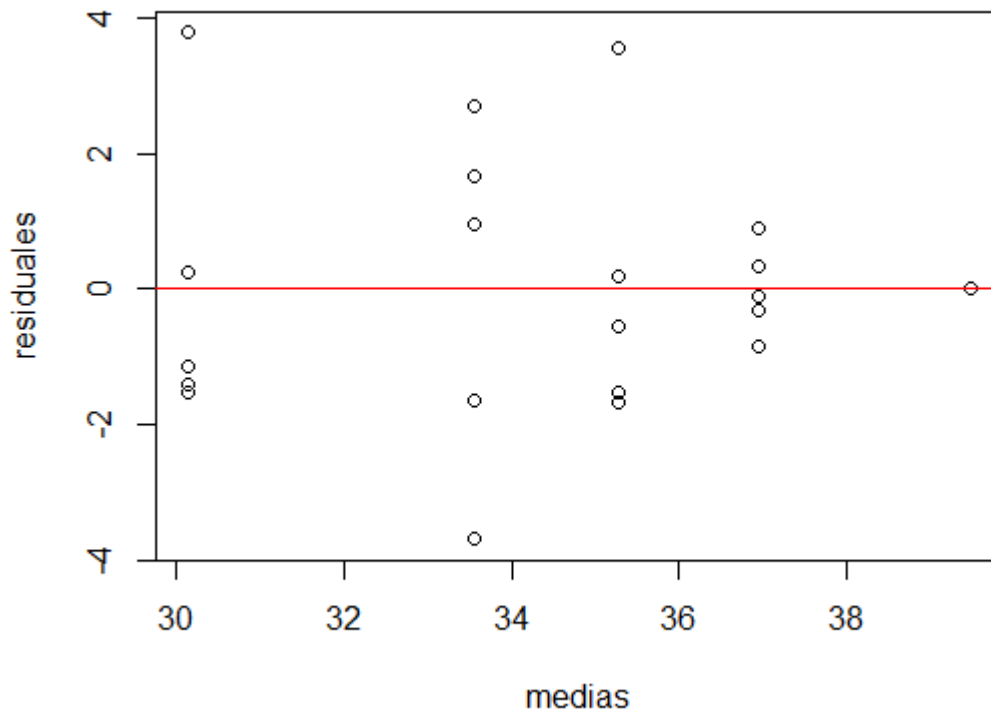
data: residuales

W = 0.93367, p-value = 0.1057 > 0.05 OK

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 47)

Hipótesis: Aplicar el tratamiento genera cambios significativos en la plasticidad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con 4 tratamientos (15% Vidrio + Agua potable, 20% Vidrio + Agua potable, 15% Vidrio + Agua residual minera, 20% Vidrio + Agua residual minera). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó los siguientes tratamientos: 15% Vidrio + Agua potable (1), 20% Vidrio + Agua potable (2), 15% Vidrio + Agua residual minera (3), 20% Vidrio + Agua residual minera (4). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se hizo el cálculo del índice de plasticidad a partir de los resultados obtenidos de los límites líquidos y plásticos.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:

```
> índicedeplasticidad<-
```

```
c(25.05,25.05,25.05,25.05,25.05,28.24,25.73,27.09,26.54,28.41,27.00,26.06,27.46,25.21,29.67,38.48,39.33,34.45,35.66,35.28,31.06,29.61,29.70,34.56,25.24)
```

```
> tratamiento<-c(rep("control",5),rep("T1",5),rep("T2",5),rep("T3",5),rep("T4",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, T1, T2, T3 y T4:

```
> tratamiento<-factor(tratamiento)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(tratamiento,índicedeplasticidad)
```

```
> tabla
```

```
tratamiento índicedeplasticidad
```

```
1 control 25.05
```

```
2 control 25.05
```

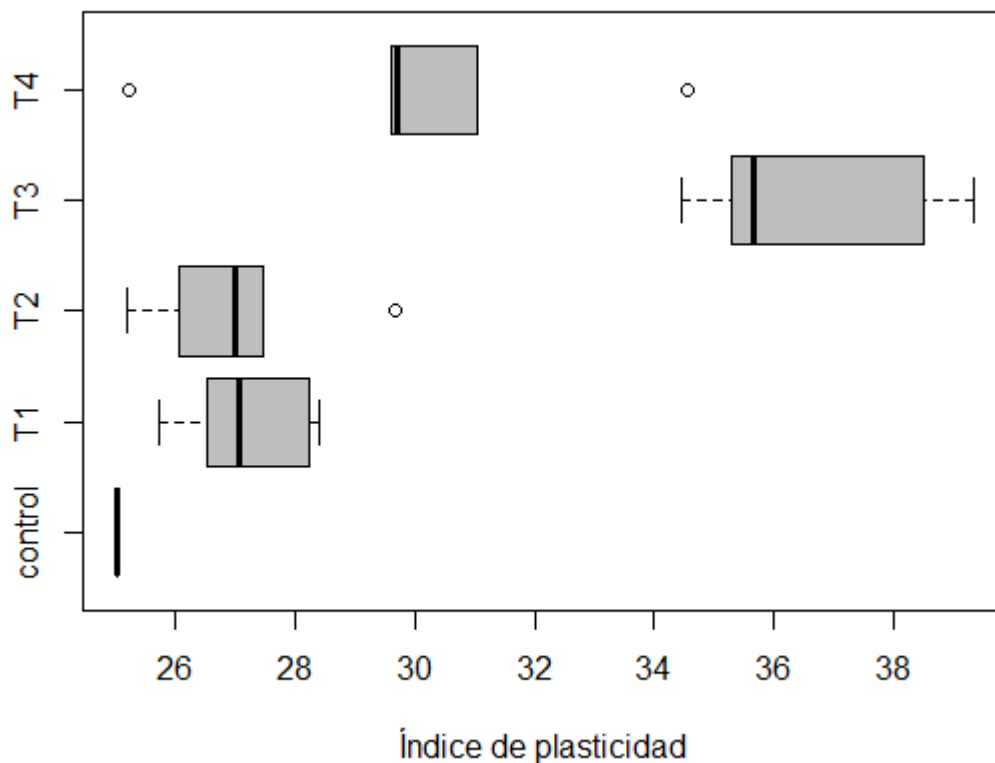
3	control	25.05
4	control	25.05
5	control	25.05
6	T1	28.24
7	T1	25.73
8	T1	27.09
9	T1	26.54
10	T1	28.41
11	T2	27.00
12	T2	26.06
13	T2	27.46
14	T2	25.21
15	T2	29.67
16	T3	38.48
17	T3	39.33
18	T3	34.45
19	T3	35.66
20	T3	35.28
21	T4	31.06
22	T4	29.61
23	T4	29.70
24	T4	34.56
25	T4	25.24

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(índice de plasticidad, tratamiento, mean)
control T1    T2    T3    T4
25.050 27.202 27.080 36.640 30.034
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(índice de plasticidad ~ tratamiento, horizontal = T, xlab="Índice de plasticidad", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que las mezclas hechas con el tratamiento 2 contiene más eficiencia ya que genera un valor mayor del índice de plasticidad. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un valor menor con respecto a las tratadas.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(índice de plasticidad~tratamiento)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamiento 4 408.8  102.20  25.68 1.24e-07
Residuals  20  79.6   3.98
```

tratamiento ***

Residuals

Signif. codes:

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

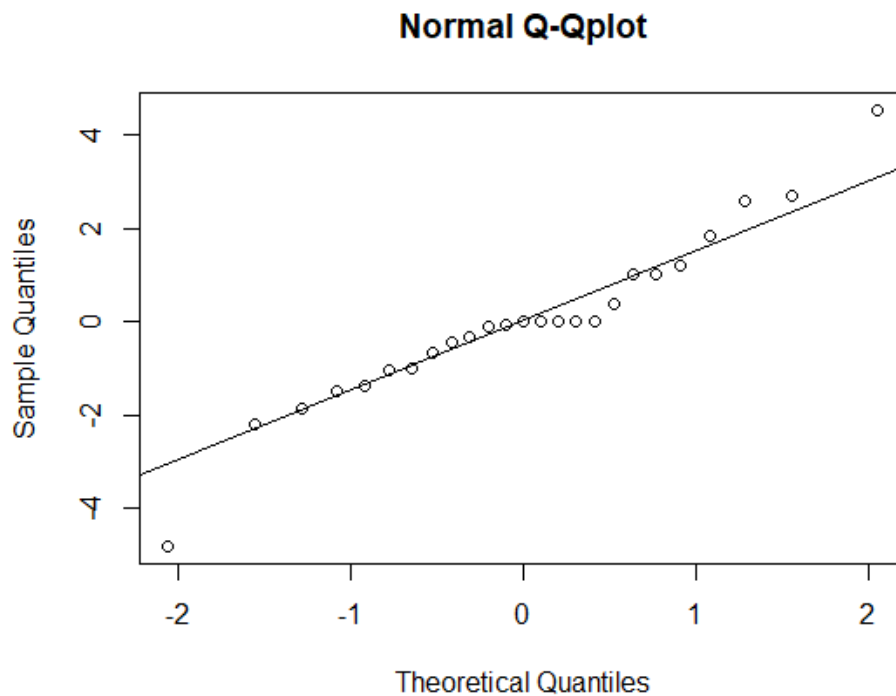
```
> medias<-c(rep(25.050,5),rep(27.202,5),rep(27.080,5),rep(36.640,5),rep(30.034,5))
```

Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el porcentaje de expansión y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-índice de plasticidad-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
```

Shapiro-Wilk normality test

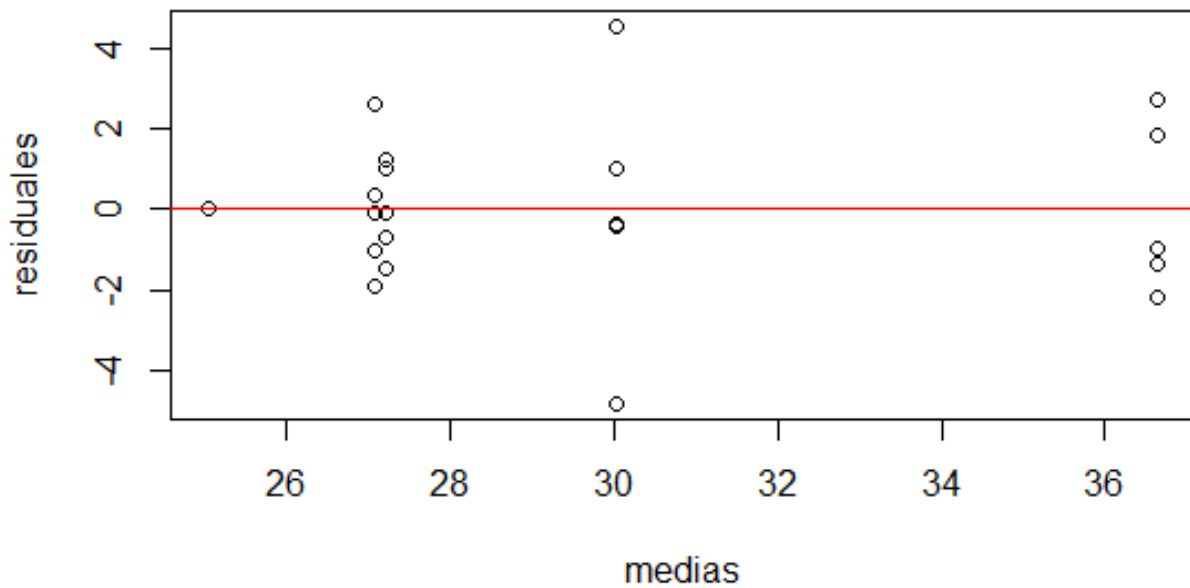
data: residuales

W = 0.95023, p-value = 0.2537 > 0.05 OK

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto

Análisis del experimento usando el software R (Muestra 51)

Hipótesis: Aplicar el tratamiento genera cambios significativos en la plasticidad.

Diseño de los tratamientos: Existe una sola variable experimental (factor) que es el vidrio, con 4 tratamientos (15% Vidrio + Agua potable, 20% Vidrio + Agua potable, 15% Vidrio + Agua residual minera, 20% Vidrio + Agua residual minera). La variable respuesta es el porcentaje de expansión que se presenta en las arcillas.

Diseño experimental: Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 4 réplicas que incluyó los siguientes tratamientos: 15% Vidrio + Agua potable (1), 20% Vidrio + Agua potable (2), 15% Vidrio + Agua residual minera (3), 20% Vidrio + Agua residual minera (4). Se utilizaron siete (7) muestras de arcillas las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente. Fueron ensayadas y se hizo el cálculo del índice de plasticidad a partir de los resultados obtenidos de los límites líquidos y plásticos.

Primero, se crean los vectores que contienen la variable respuesta y los niveles del factor:

```
> índicedeplasticidad<-
```

```
c(30.78,30.78,30.78,30.78,30.78,31.06,29.76,30.90,32.40,28.64,29.39,27.91,27.51,27.58,24.80,38.19,29.61,30.59,32.21,32.80,33.05,32.45,33.90,29.70,34.07)
```

```
> tratamiento<-c(rep("control",5),rep("T1",5),rep("T2",5),rep("T3",5),rep("T4",5))
```

Es necesario convertir el vector de caracteres “vidrio” en un factor que contenga los diferentes niveles: control, T1, T2, T3 y T4:

```
> tratamiento<-factor(tratamiento)
```

Se construye un data frame con los datos del experimento:

```
> tabla<-data.frame(tratamiento,índicedeplasticidad)
```

```
> tabla
```

```
tratamiento índicedeplasticidad
```

```
1 control 30.78
```

```
2 control 30.78
```

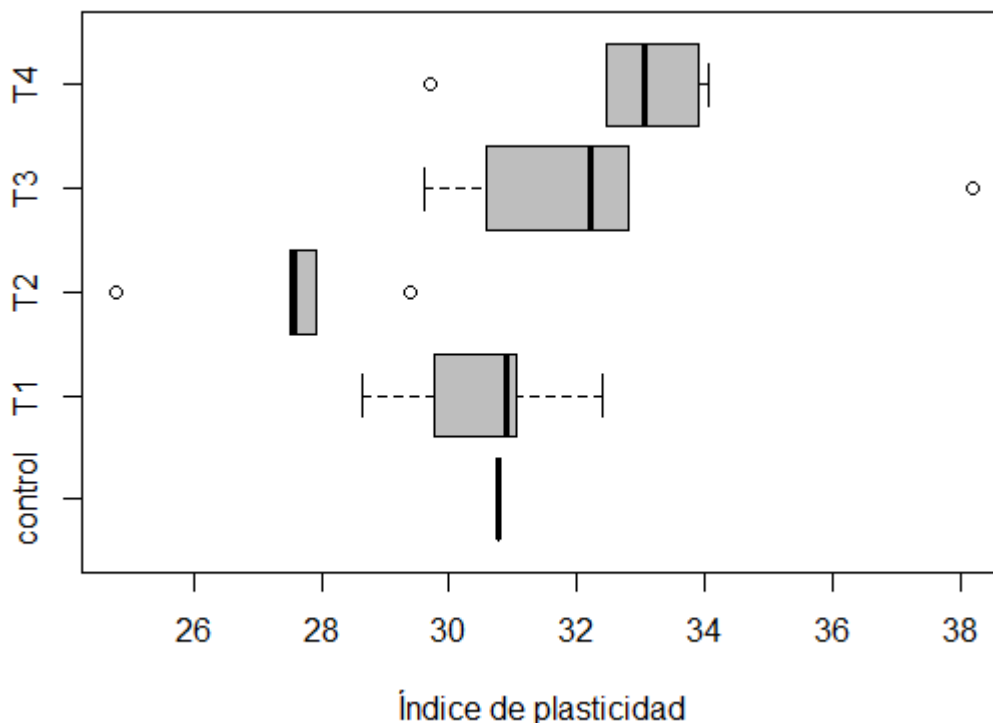
3	control	30.78
4	control	30.78
5	control	30.78
6	T1	31.06
7	T1	29.76
8	T1	30.90
9	T1	32.40
10	T1	28.64
11	T2	29.39
12	T2	27.91
13	T2	27.51
14	T2	27.58
15	T2	24.80
16	T3	38.19
17	T3	29.61
18	T3	30.59
19	T3	32.21
20	T3	32.80
21	T4	33.05
22	T4	32.45
23	T4	33.90
24	T4	29.70
25	T4	34.07

Un análisis exploratorio preliminar de los datos es muy útil para comprender los resultados del experimento. Los promedios se pueden calcular con la función **tapply** que aplica una función a los subgrupos definidos por el factor:

```
> tapply(índice de plasticidad, tratamiento, mean)
control  T1  T2  T3  T4
30.780 30.552 27.438 32.680 32.634
```

Un gráfico con los diagramas de caja (boxplot) de cada distribución resulta muy ilustrativo:

```
> boxplot(índice de plasticidad ~ tratamiento, horizontal = T, xlab="Índice de plasticidad", col = "gray")
```



El análisis exploratorio indica que las mezclas hechas con el tratamiento 2 contiene más eficiencia ya que genera un valor menor del índice de plasticidad. La arcilla sin tratamiento con vidrio presenta un valor medio con respecto a las tratadas.

Se realiza el análisis de varianza utilizando la función **aov**. Los resultados se almacenan en un objeto llamado “análisis”:

```
> análisis<-aov(índice de plasticidad~tratamiento)
> summary(análisis)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamiento 4  91.31  22.827   6.01 0.00241 **
Residuals 20  75.96   3.798
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

El valor-p obtenido indica que es significativo el efecto de los tratamientos, es decir, las diferencias observadas en los resultados del experimento se deben al efecto del vidrio que se agrega a la arcilla

Para verificar la validez del modelo, primero se construye un vector que contiene las medias de los tratamientos:

```
> medias<-c(rep(25.050,5),rep(27.202,5),rep(27.080,5),rep(36.640,5),rep(30.034,5))
```

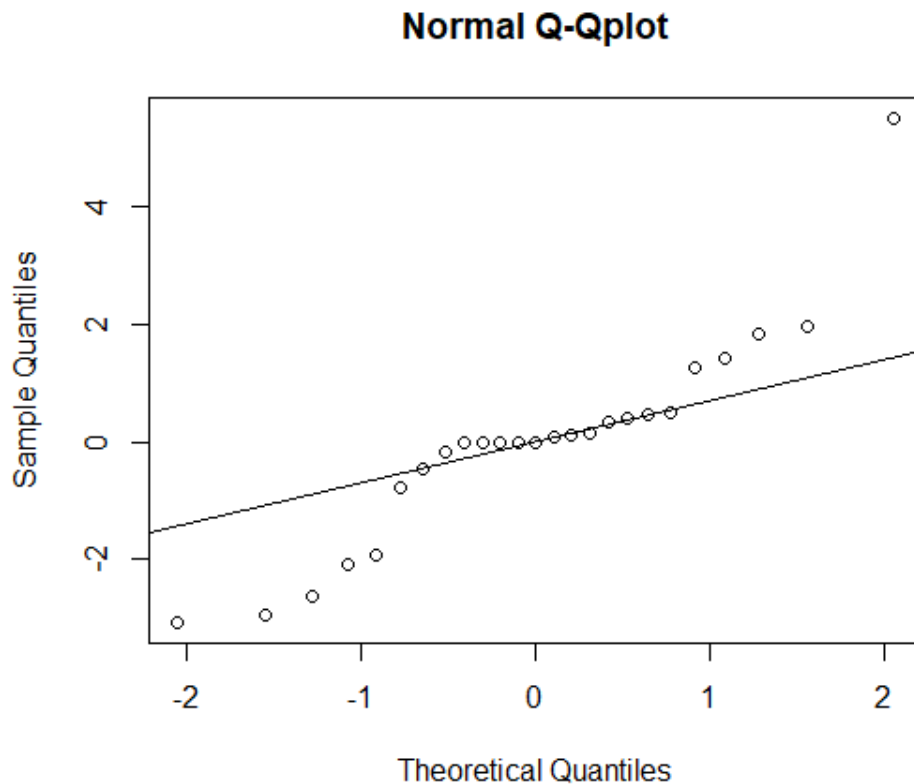
Se calculan los residuales restando los vectores que contienen el porcentaje de expansión y las medias de cada tratamiento:

```
> residuales<-índice de plasticidad-medias
```

Se construye la gráfica de cuantiles normales para verificar el supuesto de normalidad

```
> qqnorm(residuales,main="Normal Q-Qplot")
```

```
> qqline(residuales)
```



La prueba de Shapiro permite verificar el supuesto de normalidad en forma analítica:

```
> shapiro.test(residuales)
```

Shapiro-Wilk normality test

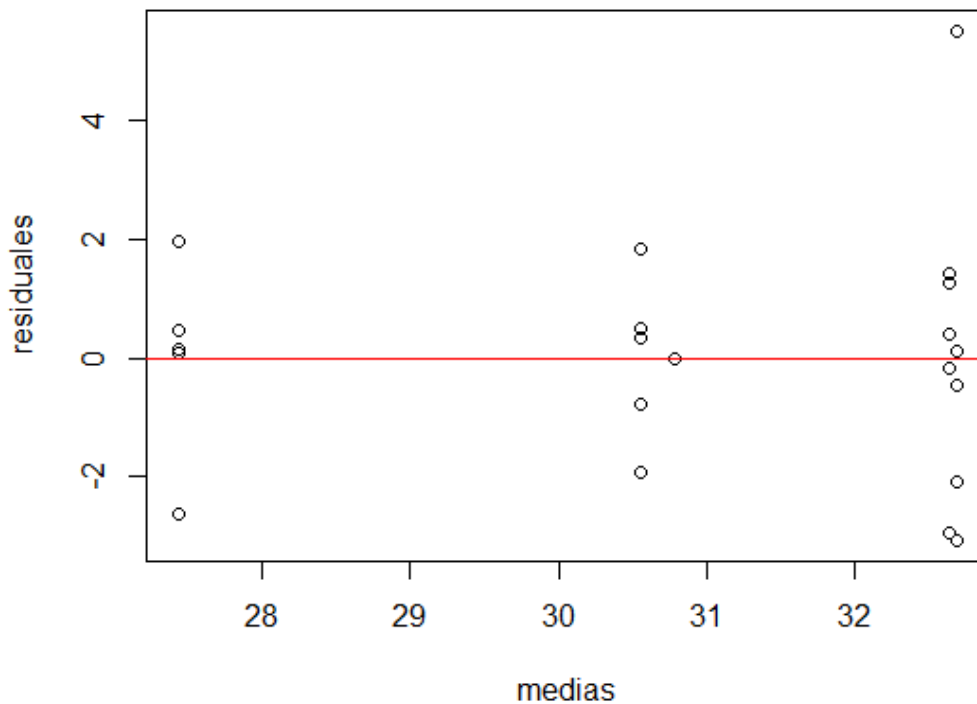
data: residuales

W = 0.88897, p-value = 0.01064 < 0.05 NO

Teniendo en cuenta el valor-p obtenido, se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuales.

La suposición de varianza constante se evalúa con una gráfica de los residuales contra las medias estimadas de los tratamientos:

```
> plot(medias,residuales)
> abline(h=0,col="red")
```



En apariencia, los residuales no presentan varianza constante. Es necesario realizar pruebas adicionales para comprobar este supuesto.

Anexo 2.Tabla de Resumen

Ubicación	#M	ω (%)	% de finos	LL ^a (%)	LP ^b (%)	Ip ^c c(%)	IL ^d	Ic ^e	Clasificación		Nivel de plasticidad	LC Teórico (%)
									SUCS	AASHTO		
	1	6.16	98.30	47.93	26.03	21.89	-0.91	1.91	CL	A-7-6	Alta	18.62
	2	7.54	93.56	48.44	23.59	24.85	-0.65	1.65	CL	A-7-6	Alta	16.38
	3	8.76	91.48	45.69	23.43	22.26	-0.66	1.66	CL	A-7-6	Alta	16.77
L	4	8.84	97.52	44.85	20.71	24.14	-0.49	1.49	CL	A-7-6	Alta	14.62
A	5	6.92	97.70	45.94	21.37	24.58	-0.59	1.59	CL	A-7-6	Alta	14.97
S	6	8.20	95.12	46.67	24.96	21.70	-0.77	1.77	CL	A-7-6	Alta	17.93
	7	7.53	91.57	42.90	21.14	21.77	-0.63	1.63	CL	A-7-6	Alta	15.31
D	8	7.99	87.81	44.27	21.27	23.01	-0.58	1.58	CL	A-7-6	Alta	15.18
E	9	7.31	94.32	49.49	22.80	26.70	-0.58	1.58	CL	A-7-6	Alta	15.53
L	10	8.56	95.34	42.52	21.50	21.02	-0.62	1.62	CL	A-7-6	Alta	15.70
I	11	9.16	93.63	43.41	20.78	22.64	-0.51	1.51	CL	A-7-6	Alta	14.92
C	12	11.09	90.84	47.70	24.12	23.58	-0.55	1.55	CL	A-7-6	Alta	16.97
I	13	7.31	95.51	53.25	27.15	26.10	-0.76	1.76	CH	A-7-6	Muy alta	18.42
A	14	8.77	96.14	51.52	26.28	25.24	-0.69	1.69	CH	A-7-6	Muy alta	18.04
S	15	10.52	97.25	50.97	26.59	24.39	-0.66	1.66	CH	A-7-6	Muy alta	18.43
	16	10.25	96.78	51.91	25.81	26.10	-0.60	1.60	CH	A-7-6	Muy alta	17.56
	17	9.93	96.07	44.76	22.88	21.88	-0.59	1.59	CL	A-7-6	Alta	16.48
	18	8.00	92.98	48.82	22.83	25.99	-0.57	1.57	CL	A-7-6	Alta	15.67

ota.

^a Límite líquido; ^b Límite plástico; ^c Índice de plasticidad; ^d Índice de liquidez; ^e Índice de consistencia.

Ubicación	#M	Granulometría - Hidrómetro			Textura	Actividad (A)	Calificación de la A	Cc	Compresibilidad	CL ^m	Índice de Exp. Libre (%)
		% Arenas ^f	% Limos ^g	% Arcillas ^u							
	1	-	31.59	68.411	Arcilla Limosa	0.320	Inactivas	0.286	MEDIA	10.279	40.71
	2	-	31.67	68.326	Arcilla Limosa	0.364	Inactivas	0.290	MEDIA	11.665	25.45
	3	-	30.45	69.553	Arcilla Limosa	0.320	Inactivas	0.271	MEDIA	10.450	26.50
L	4	-	28.44	71.559	Arcilla	0.337	Inactivas	0.265	MEDIA	11.332	47.50
A	5	-	26.49	73.51	Arcilla	0.334	Inactivas	0.273	MEDIA	11.539	39.83
S	6	-	16.56	83.442	Arcilla	0.260	Inactivas	0.278	MEDIA	10.190	57.89
	7	-	26.87	73.13	Arcilla	0.298	Inactivas	0.251	MEDIA	10.219	38.75
D	8	-	26.59	73.413	Arcilla	0.313	Inactivas	0.261	MEDIA	10.801	38.14
E	9	-	26.88	73.124	Arcilla	0.365	Inactivas	0.297	MEDIA	12.535	46.96
L	10	-	31.18	68.82	Arcilla Limosa	0.305	Inactivas	0.249	MEDIA	9.868	41.67
I	11	-	18.46	81.543	Arcilla	0.278	Inactivas	0.255	MEDIA	10.627	56.36
C	12	-	13.74	86.265	Arcilla	0.273	Inactivas	0.285	MEDIA	11.071	48.33
I	13	-	12.92	87.082	Arcilla	0.300	Inactivas	0.324	MEDIA	12.254	41.67
A	14	-	12.83	87.169	Arcilla	0.290	Inactivas	0.312	MEDIA	11.851	33.33
S	15	-	11.15	88.848	Arcilla	0.274	Inactivas	0.308	MEDIA	11.450	36.00
	16	-	11.15	88.851	Arcilla	0.294	Inactivas	0.314	MEDIA	12.254	29.32
	17	-	15.29	84.707	Arcilla	0.258	Inactivas	0.264	MEDIA	10.272	37.69
	18	-	12.69	87.312	Arcilla	0.298	Inactivas	0.293	MEDIA	12.202	63.81

Nota.

^f Partículas > 0.06 mm; ^g Partículas 0.002 mm – 0.059; ^u Partículas < 0.002 mm; ⁱ Índice de compresión; ^m Contracción lineal.

Ubicación	#M	ω (%)	% de finos	LL ^a (%)	LP ^b (%)	Ip ^c c(%)	IL ^d	Ic ^e	Clasificación		Nivel de plasticidad	LC Teórico (%)
									SUCS	AASHTO		
L O S C E R E Z O S	19	12.94	93.26	48.75	23.06	25.68	-0.39	1.39	CL	A-7-6	Alta	15.88
	20	11.61	94.18	54.87	22.29	32.57	-0.33	1.33	CH	A-7-6	Muy alta	14.29
	21	9.84	92.88	53.02	20.51	32.51	-0.33	1.33	CH	A-7-6	Muy alta	13.25
	22	10.24	93.16	52.84	21.57	31.27	-0.36	1.36	CH	A-7-6	Muy alta	14.06
	23	10.63	90.99	55.20	19.83	35.38	-0.26	1.26	CH	A-7-6	Muy alta	12.51
	24	10.15	92.74	49.89	20.98	28.91	-0.37	1.37	CL	A-7-6	Alta	14.04
	25	11.99	90.95	54.62	18.72	35.90	-0.19	1.19	CH	A-7-6	Muy alta	11.82
	26	12.53	89.08	60.92	21.70	39.22	-0.23	1.23	CH	A-7-6	Muy alta	13.09
	27	10.86	94.91	50.11	22.50	27.60	-0.42	1.42	CH	A-7-6	Muy alta	15.19
	28	11.47	89.72	50.83	22.22	28.61	-0.38	1.38	CH	A-7-6	Muy alta	14.85
	29	11.05	94.39	56.78	23.41	33.37	-0.37	1.37	CH	A-7-6	Muy alta	14.83
	30	9.83	91.42	58.94	23.34	35.60	-0.38	1.38	CH	A-7-6	Muy alta	14.47
	31	11.44	91.06	51.79	23.35	28.44	-0.42	1.42	CH	A-7-6	Muy alta	15.58
	32	10.99	93.47	55.43	22.48	32.95	-0.35	1.35	CH	A-7-6	Muy alta	14.35
	33	10.65	93.81	57.19	24.24	32.95	-0.41	1.41	CH	A-7-6	Muy alta	15.38
	34	10.85	91.28	55.70	21.65	34.06	-0.32	1.32	CH	A-7-6	Muy alta	13.71
	35	11.78	89.51	54.28	19.76	34.52	-0.23	1.23	CH	A-7-6	Muy alta	12.57
	36	9.78	93.08	57.11	20.55	36.56	-0.29	1.29	CH	A-7-6	Muy alta	12.77

Nota.

^a Límite líquido; ^b Límite plástico; ^c Índice de plasticidad; ^d Índice de liquidez; ^e Índice de consistencia.

Ubicación	#M	Granulometría - Hidrómetro			Textura	Actividad (A)	Calificación de la A	Cc ^e	Compresibilidad	CL ^m	Índice de Exp. Libre (%)
		% Arenas ^f	% Limos ^g	% Arcillas ^u							
L O S C E R E Z O S	19	-	14.90	85.096	Arcilla	0.302	Inactivas	0.292	MEDIA	12.058	56.25
	20	-	17.22	82.785	Arcilla	0.393	Inactivas	0.335	MEDIA	15.293	29.17
	21	-	29.33	70.668	Arcilla	0.460	Inactivas	0.322	MEDIA	15.261	59.09
	22	-	27.23	72.769	Arcilla	0.430	Inactivas	0.321	MEDIA	14.680	47.27
	23	-	15.95	84.053	Arcilla	0.421	Inactivas	0.337	MEDIA	16.608	43.33
	24	-	14.48	85.518	Arcilla	0.338	Inactivas	0.300	MEDIA	13.573	40.83
	25	-	16.56	83.442	Arcilla	0.430	Inactivas	0.333	MEDIA	16.853	52.50
	26	-	15.97	84.033	Arcilla	0.467	Inactivas	0.377	MEDIA	18.414	55.74
	27	-	16.49	83.511	Arcilla	0.331	Inactivas	0.302	MEDIA	12.959	50.85
	28	-	13.68	86.317	Arcilla	0.331	Inactivas	0.307	MEDIA	13.431	40.50
	29	-	2.36	97.635	Arcilla	0.342	Inactivas	0.348	MEDIA	15.668	57.14
	30	-	26.37	73.631	Arcilla	0.483	Inactivas	0.364	MEDIA	16.713	54.17
	31	-	26.33	73.669	Arcilla	0.386	Inactivas	0.314	MEDIA	13.354	32.23
	32	-	16.33	83.67	Arcilla	0.394	Inactivas	0.339	MEDIA	15.471	40.48
	33	-	16.34	83.661	Arcilla	0.394	Inactivas	0.351	MEDIA	15.469	45.16
	34	-	16.92	83.08	Arcilla	0.410	Inactivas	0.341	MEDIA	15.990	54.17
	35	-	16.98	83.02	Arcilla	0.416	Inactivas	0.331	MEDIA	16.206	51.67
	36	-	18.45	81.55	Arcilla	0.448	Inactivas	0.351	MEDIA	17.164	52.50

Nota.

^f Partículas > 0.06 mm; ^g Partículas 0.002 mm – 0.059; ^u Partículas < 0.002 mm; ⁱ Índice de compresión; ^m Contracción lineal.

Ubicación	#M	ω (%)	% de finos	LL ^a (%)	LP ^b (%)	Ip ^c c(%)	IL ^d	Ic ^e	Clasificación		Nivel de plasticidad	LC Teórico (%)
									SUCS	AASHTO		
	37	19.43	92.35	61.07	23.42	37.65	-0.11	1.11	CH	A-7-6	Muy alta	14.23
	38	19.62	94.86	62.99	23.52	39.47	-0.10	1.10	CH	A-7-6	Muy alta	14.04
	39	17.78	89.61	52.32	25.36	26.96	-0.28	1.28	CH	A-7-6	Muy alta	17.11
	40	22.95	94.41	63.85	24.40	39.45	-0.04	1.04	CH	A-7-6	Muy alta	14.52
	41	19.02	96.57	66.57	24.92	41.65	-0.14	1.14	CH	A-7-6	Muy alta	14.50
	42	12.70	92.17	46.50	22.90	23.60	-0.43	1.43	CL	A-7-6	Alta	16.15
	43	13.27	95.49	45.42	24.33	21.09	-0.52	1.52	CL	A-7-6	Alta	17.63
	44	12.85	88.29	47.92	21.97	25.95	-0.35	1.35	CL	A-7-6	Alta	15.13
B	45	14.52	92.46	52.81	23.31	29.50	-0.30	1.30	CH	A-7-6	Muy alta	15.38
E	46	17.74	90.35	51.25	23.45	27.80	-0.21	1.21	CH	A-7-6	Muy alta	15.75
L	47	19.18	90.40	48.80	23.75	25.05	-0.18	1.18	CL	A-7-6	Alta	16.44
L	48	11.97	86.89	60.27	26.20	34.07	-0.42	1.42	CH	A-7-6	Muy alta	16.33
A	49	17.52	91.14	51.25	23.88	27.37	-0.23	1.23	CH	A-7-6	Muy alta	16.10
V	50	10.42	88.09	54.18	24.15	30.03	-0.46	1.46	CH	A-7-6	Muy alta	15.80
I	51	14.40	91.52	54.20	22.35	31.85	-0.25	1.25	CH	A-7-6	Muy alta	14.44
S	52	12.76	94.30	51.02	22.70	28.32	-0.35	1.35	CH	A-7-6	Muy alta	15.19
T	53	18.06	94.62	55.67	21.66	34.01	-0.11	1.11	CH	A-7-6	Muy alta	13.73
A	54	11.29	95.99	39.53	19.34	20.19	-0.40	1.40	CL	A-6	Alta	14.36
	55	12.79	93.60	39.70	19.01	20.68	-0.30	1.30	CL	A-6	Alta	14.05
	56	13.17	93.48	54.61	20.81	33.79	-0.23	1.23	CH	A-7-6	Muy alta	13.26
	57	9.39	89.64	50.65	21.24	29.41	-0.40	1.40	CH	A-7-6	Muy alta	14.12
	58	10.99	86.00	45.96	18.27	27.69	-0.26	1.26	CL	A-7-6	Alta	12.52
	59	13.94	89.74	51.29	22.22	29.07	-0.28	1.28	CH	A-7-6	Muy alta	14.78
	60	10.99	83.09	48.85	19.50	29.36	-0.29	1.29	CL	A-7-6	Alta	13.07
	61	10.99	88.89	50.04	21.90	28.15	-0.39	1.39	CH	A-7-6	Muy alta	14.72
	62	10.04	87.52	48.76	21.44	27.32	-0.42	1.42	CL	A-7-6	Alta	14.57

Nota.


^a Límite líquido; ^b Límite plástico; ^c Índice de plasticidad; ^d Índice de liquidez; ^e Índice de consistencia.

Ubicación	#M	Granulometría - Hidrómetro			Textura	Actividad (A)	Calificación de la A	C _e	Compresibilidad	CL ^m	Índice de Exp. Libre (%)
		% Arenas ^f	% Limos ^g	% Arcillas ^u							
	37	-	18.45	81.55	Arcilla	0.462	Inactivas	0.378	MEDIA	10.996	63.64
	38	-	18.59	81.41	Arcilla	0.485	Inactivas	0.392	MEDIA	11.044	68.99
	39	-	18.59	81.41	Arcilla	0.331	Inactivas	0.317	MEDIA	11.907	46.15
	40	-	19.82	80.18	Arcilla	0.492	Inactivas	0.398	ALTA	11.457	65.93
	41	-	27.52	72.48	Arcilla	0.575	Inactivas	0.417	ALTA	11.700	53.57
	42	-	25.54	74.46	Arcilla	0.317	Inactivas	0.276	MEDIA	10.750	25.98
	43	-	25.54	74.46	Arcilla	0.283	Inactivas	0.269	MEDIA	11.422	25.78
	44	-	21.71	78.29	Arcilla	0.331	Inactivas	0.286	MEDIA	10.316	50.00
B	45	-	21.72	78.28	Arcilla	0.377	Inactivas	0.321	MEDIA	10.944	49.59
E	46	-	21.72	78.28	Arcilla Limosa	0.355	Inactivas	0.310	MEDIA	11.009	48.41
L	47	-	27.49	72.51	Arcilla	0.345	Inactivas	0.293	MEDIA	11.151	65.29
L	48	-	27.48	72.52	Arcilla	0.470	Inactivas	0.373	MEDIA	12.299	43.65
A	49	-	29.26	70.74	Arcilla	0.387	Inactivas	0.310	MEDIA	11.213	37.98
V	50	-	25.72	74.28	Arcilla	0.404	Inactivas	0.330	MEDIA	11.338	48.41
I	51	-	3.44	96.56	Arcilla	0.330	Inactivas	0.330	MEDIA	10.495	65.29
S	52	-	18.81	81.19	Arcilla	0.349	Inactivas	0.308	MEDIA	10.656	43.65
T	53	-	14.95	85.05	Arcilla	0.400	Inactivas	0.341	MEDIA	10.169	37.98
A	54	-	20.41	79.59	Arcilla	0.254	Inactivas	0.228	MEDIA	9.080	36.00
	55	28.81	41.01	30.18	Arcilla Limosa	0.685	Inactivas	0.229	MEDIA	8.927	28.79
	56	60.39	39.61	29.59	Arcilla Limosa	1.142	Inactivas	0.333	MEDIA	9.771	29.50
	57	-	22.20	77.8	Arcilla	0.378	Inactivas	0.306	MEDIA	9.971	36.92
	58	-	16.18	83.82	Arcilla	0.330	Inactivas	0.273	MEDIA	8.577	40.00
	59	-	16.73	83.27	Arcilla	0.349	Inactivas	0.310	MEDIA	10.430	43.44
	60	-	15.51	84.49	Arcilla	0.347	Inactivas	0.293	MEDIA	9.155	50.00
	61	-	17.79	82.21	Arcilla	0.342	Inactivas	0.301	MEDIA	10.281	57.50
	62	-	21.30	78.7	Arcilla	0.347	Inactivas	0.292	MEDIA	10.067	40.00

Nota.

^f Partículas > 0.06 mm; ^g Partículas 0.002 mm – 0.059; ^u Partículas < 0.002 mm; ^í Índice de compresión; ^m Contracción lineal.

Anexo 3. Humedad Natural

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 1	Sector: Las Delicias	Coodenadas 1362121,584 N	
Muestras N°: 1, 2, 3, 4	Profundidad: 0-1.50 m	839397,320 E	


Muestra 1 (Sondeo 1 Nivel 0.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
42	81.0	220.3	139.3	212.1	131.1	6.25
45	80.8	220.8	140.0	212.7	131.9	6.14
47	80.9	208.1	127.2	200.8	119.9	6.09
Humedad promedio (%)						6.16

Muestra 2 (Sondeo 1 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
31	73.9	196.6	122.7	188.1	114.2	7.44
34	74.2	217.6	143.4	207.4	133.2	7.66
44	74.4	216.0	141.6	206.1	131.7	7.52
Humedad promedio (%)						7.54

Muestra 3 (Sondeo 1 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
32	74.0	216.0	142.0	204.8	130.8	8.56
39	74.4	215.8	141.4	203.9	129.5	9.19
43	73.3	207.1	133.8	196.6	123.3	8.52
Humedad promedio (%)						8.76

Muestra 4 (Sondeo 1 Nivel -1.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
46	79.8	227.9	148.1	216.6	136.8	8.26
49	80.0	234.8	154.8	221.8	141.8	9.17
53	80.2	231.6	151.4	219.0	138.8	9.08
Humedad promedio (%)						8.84

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 8 de abril del año 2019, ese día fue de cielo despejado y condición soleada, días previos a la fecha no se registró ninguna lluvia en la zona.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 2	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362106,176 N	
Muestras N°: 5, 6, 7, 8	Profundidad: 0-1.50 m	839409,524 E	


Muestra 5 (Sondeo 2 Nivel 0.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
33	77.7	210.7	133.0	200.4	122.7	8.39
35	74.4	196.8	122.4	190.0	115.6	5.88
36	77.7	197.4	119.7	190.1	112.4	6.49
Humedad promedio (%)						6.92

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
37	78.1	226.5	148.4	214.9	136.8	8.48
38	75.7	204.8	129.1	195.2	119.5	8.03
52	80.2	211.1	130.9	201.3	121.1	8.09
Humedad promedio (%)						8.20

Muestra 7 (Sondeo 2 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
41	75.7	213.3	137.6	204.1	128.4	7.17
48	80.5	227.3	146.8	216.9	136.4	7.62
50	80.3	229.6	149.3	218.8	138.5	7.80
Humedad promedio (%)						7.53

Muestra 8 (Sondeo 2 Nivel -1.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
16	75.2	236.5	161.3	225.2	150.0	7.53
23	76.8	218.7	141.9	207.9	131.1	8.24
51	80.7	224.4	143.7	213.5	132.8	8.21
Humedad promedio (%)						7.99

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 8 de abril del año 2019, ese día el cielo se encontraba despejado y en el sector se presentó una condición soleada, días previos a la fecha no se registró ninguna lluvia en la zona.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 3	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362103,092 N	
Muestras N°: 9,10,11,12	Profundidad: 0-1.50 m	839412,577 E	


Muestra 9 (Sondeo 3 Nivel 0.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
26	76.9	205.4	128.5	196.6	119.7	7.35
27	77.3	204.3	127.0	195.7	118.4	7.26
40	74.3	207.6	133.3	198.5	124.2	7.33
Humedad promedio (%)						7.31

Muestra 10 (Sondeo 3 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
4	72.5	205.1	132.6	194.9	122.4	8.33
14	75.9	211.0	135.1	200.2	124.3	8.69
21	82.3	222.8	140.5	211.6	129.3	8.66
Humedad promedio (%)						8.56

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
10	80.8	218.4	137.6	206.0	125.2	9.90
24	78.1	215.2	137.1	206.6	128.5	6.69
25	78.4	209.9	131.5	197.0	118.6	10.88
Humedad promedio (%)						9.16

Muestra 12 (Sondeo 3 Nivel -1.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	81.7	221.5	139.8	208.1	126.4	10.60
6	73.6	206.1	132.5	191.4	117.8	12.48
15	73.9	201.4	127.5	189.6	115.7	10.20
Humedad promedio (%)						11.09

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 9 de abril del año 2019, ese día el cielo se encontraba despejado y en el sector se presentó una condición soleada, días previos a la fecha no se registró ninguna lluvia en la zona.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 4	Sector: Las Delicias	Coodenadas 1362093,863 N	
Muestras N°: 13,14,15,16	Profundidad: 0-1.50 m	839415,610 E	


Muestra 13 (Sondeo 4 Nivel 0.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
2	76.1	219.3	143.2	209.1	133.0	7.67
3	76.1	225.1	149.0	216.6	140.5	6.05
22	80.0	210.6	130.6	200.7	120.7	8.20
Humedad promedio (%)						7.31

Muestra 14 (Sondeo 4 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
7	75.6	210.0	134.4	199.2	123.6	8.74
9	74.0	213.8	139.8	202.9	128.9	8.46
30	76.7	208.4	131.7	197.4	120.7	9.11
Humedad promedio (%)						8.77

Muestra 15 (Sondeo 4 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
12	73.9	207.3	133.4	195.2	121.3	9.98
17	75.7	209.6	133.9	196.4	120.7	10.94
18	76.8	204.5	127.7	192.2	115.4	10.66
Humedad promedio (%)						10.52

Muestra 16 (Sondeo 4 Nivel -1.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
5	73.6	218.6	145.0	203.6	130.0	11.54
19	77.9	217.1	139.2	205.9	128.0	8.75
20	76.9	199.4	122.5	187.8	110.9	10.46
Humedad promedio (%)						10.25


OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 9 de abril del año 2019, ese día el cielo se encontraba despejado y en el sector se presentó una condición soleada, días previos a la fecha no se registró ninguna lluvia en la zona.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 5 & 6	Muestras N°: 17 & 18	Sector: Las Delicias Profundidad: 0.50 m	Coodenadas Las indicadas

Muestra 17 (Sondeo 5 Nivel -0.50 m) 1362109,345 N 839381,956 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
8	71.0	209.2	138.2	196.1	125.1	10.47
28	79.5	212.7	133.2	201.0	121.5	9.63
29	77.0	206.2	129.2	194.8	117.8	9.68
						9.93

Muestra 18 (Sondeo 6 Nivel -0.50 m) 1362109,351 N 839380,424 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
11	75.7	205.6	129.9	196.0	120.3	7.98
13	81.0	205.1	124.1	195.9	114.9	8.01
37	78.1	206.0	127.9	196.5	118.4	8.02
Humedad promedio (%)						8.00

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 9 de abril del año 2019, ese día el cielo se encontraba despejado y en el sector se presentó una condición soleada, días previos a la fecha no se registró ninguna lluvia en la zona.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 7,8,9,10	Sector: Los Cerezos	Coodenadas Las indicadas	
Muestras N°: 19,20,21,22	Profundidad: 0.50 m		


Muestra 19 (Sondeo 7 Nivel -0.50 m) 1372194,376 N 840501,773 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
33	77.7	198.8	121.1	184.5	106.8	13.39
38	75.7	180.3	104.6	168.0	92.3	13.33
41	75.7	206.2	130.5	192.1	116.4	12.11
Humedad promedio (%)						12.94

Muestra 20 (Sondeo 8 Nivel -0.50 m) 1372191,282 N 840507,890 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
7	75.6	193.4	117.8	180.6	105.0	12.19
17	75.7	192.9	117.2	180.8	105.1	11.51
47	80.9	206.7	125.8	194.1	113.2	11.13
Humedad promedio (%)						11.61

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel -0.50 m) 1372197,436 N 840505,460 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
25	78.4	215.8	137.4	203.6	125.2	9.74
26	76.9	208.5	131.6	196.5	119.6	10.03
27	77.3	195.6	118.3	185.1	107.8	9.74
Humedad promedio (%)						9.84

Muestra 22 (Sondeo 10 Nivel -0.50 m) 1372203,585 N 840504,869 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
10	80.8	214.4	133.6	202.0	121.2	10.23
18	76.8	201.2	124.4	190.4	113.6	9.51
22	80.0	208.3	128.3	195.6	115.6	10.99
Humedad promedio (%)						10.24

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 11 de abril del año 2019, ese día el cielo se encontraba despejado y en el sector se presentó una condición soleada, días previos a la fecha no se registró ninguna lluvia en la zona.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 11,12,13,14	Sector: Los Cerezos	Coodenadas Las indicadas	
Muestras N°: 23,24,25,26	Profundidad: 0.50 m		


Muestra 23 (Sondeo 11 Nivel -0.50 m) 1372213,132 N 840498,775 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
3	76.1	201.8	125.7	190.3	114.2	10.07
5	73.6	200.7	127.1	188.9	115.3	10.23
13	81.0	209.0	128.0	195.7	114.7	11.60
Humedad promedio (%)						10.63

Muestra 24 (Sondeo 12 Nivel -0.50 m) 1372228,190 N 840498,828 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
16	75.2	213.6	138.4	201.7	126.5	9.41
37	78.1	217.6	139.5	205.4	127.3	9.58
48	80.5	210.0	129.5	196.7	116.2	11.45
Humedad promedio (%)						10.15

Muestra 25 (Sondeo 13 Nivel -0.50 m) 1372231,274 N 840495,775 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
31	73.9	208.5	134.6	194.0	120.1	12.07
34	74.2	197.7	123.5	184.4	110.2	12.07
45	80.8	195.3	114.5	183.2	102.4	11.82
Humedad promedio (%)						11.99

Muestra 26 (Sondeo 14 Nivel -0.50 m) 1372228,222 N 840489,637 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
29	77.0	201.0	124.0	186.9	109.9	12.83
36	77.7	217.8	140.1	202.5	124.8	12.26
50	80.3	211.6	131.3	197.0	116.7	12.51
Humedad promedio (%)						12.53

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 11 de abril del año 2019, ese día el cielo se encontraba despejado y en el sector se presentó una condición soleada, días previos a la fecha no se registró ninguna lluvia en la zona.

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 15,16,17,18	Sector: Los Cerezos	Coodenadas Las indicadas	
Muestras N°: 27,28,29,30	Profundidad: 0.50 m		

Muestra 27 (Sondeo 15 Nivel -0.50 m) 1372231,317 N 840483,521 E

Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
32	74.0	200.9	126.9	188.3	114.3	11.02
51	80.7	206.0	125.3	194.1	113.4	10.49
53	80.2	215.8	135.6	202.3	122.1	11.06
Humedad promedio (%)						10.86

Muestra 28 (Sondeo 16 Nivel -0.50 m) 1372237,463 N 840483,542 E

Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
35	74.4	204.8	130.4	191.2	116.8	11.64
44	74.4	191.9	117.5	180.0	105.6	11.27
49	80.0	195.5	115.5	183.6	103.6	11.49
Humedad promedio (%)						11.47


Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel -0.50 m) 1372237,495 N 840474,352 E

Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
9	74.0	194.0	120.0	182.0	108.0	11.11
21	82.3	209.7	127.4	197.0	114.7	11.07
42	81.0	210.4	129.4	197.6	116.6	10.98
Humedad promedio (%)						11.05

Muestra 30 (Sondeo 18 Nivel -0.50 m) 1372240,558 N 840477,426 E

Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
2	76.1	213.7	137.6	201.6	125.5	9.64
19	77.9	204.8	126.9	193.0	115.1	10.25
28	79.5	214.3	134.8	202.5	123.0	9.59
Humedad promedio (%)						9.83

OBSERVACIONES: Las muestras 27 y 28 fueron extraídas el día 11 de abril, las muestras 29 y 30 fueron extraídas el día 12 de abril, en esos días el cielo se encontró despejado y se presentó una condición soleada, días previos a el muestreo no se registró lluvia en la zona.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 19,20,21,22	Sector: Los Cerezos	Coodenadas Las indicadas	
Muestras N°: 31,32,33,34	Profundidad: 0.50 m		


Muestra 31 (Sondeo 19 Nivel -0.50 m) 1372243,652 N 840471,310 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
12	73.9	215.1	141.2	200.8	126.9	11.27
24	78.1	217.0	138.9	202.7	124.6	11.48
46	79.8	218.6	138.8	204.2	124.4	11.58
Humedad promedio (%)						11.44

Muestra 32 (Sondeo 20 Nivel -0.50 m) 1372240,590 N 840468,235 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
11	75.7	201.7	126.0	188.4	112.7	11.80
23	76.8	223.5	146.7	209.5	132.7	10.55
43	73.3	219.0	145.7	205.0	131.7	10.63
Humedad promedio (%)						10.99

Muestra 33 (Sondeo 21 Nivel -0.50 m) 1372249,809 N 840468,268 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
20	76.9	213.6	136.7	200.9	124.0	10.24
54	74.3	209.4	135.1	195.6	121.3	11.38
55	74.2	202.4	128.2	190.4	116.2	10.33
Humedad promedio (%)						10.65

Muestra 34 (Sondeo 22 Nivel -0.50 m) 1372249,820 N 840465,204 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
8	71.0	212.4	141.4	198.4	127.4	10.99
15	73.9	208.7	134.8	195.2	121.3	11.13
30	76.7	200.4	123.7	188.7	112.0	10.45
Humedad promedio (%)						10.85


OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 12 de abril, ese día el cielo se encontró despejado y se presentó una condición soleada, días previos a el muestreo no se registró lluvia en la zona.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 23 & 24 Muestras N°: 35 & 36	Sector: Las Delicias Profundidad: 0.50 m	Coodenadas	Las indicadas

Muestra 35 (Sondeo 23 Nivel -0.50 m) 1372251,410 N 840449,892 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	81.7	205.0	123.3	192.4	110.7	11.38
6	73.6	191.0	117.4	179.0	105.4	11.39
14	75.9	195.9	120.0	182.5	106.6	12.57
Humedad promedio (%)						11.78

Muestra 36 (Sondeo 24 Nivel -0.50 m) 1372265,12 N 840483,639 E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
4	72.5	210.9	138.4	197.7	125.2	10.54
40	74.3	223.5	149.2	210.3	136.0	9.71
52	80.2	228.9	148.7	216.5	136.3	9.10
Humedad promedio (%)						9.78


OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 12 de abril, ese día el cielo se encontró despejado y se presentó una condición soleada, días previos a el muestreo no se registró lluvia en la zona.

				UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander			Normatividad de referencia		INVIAS E-(122-13)		
Sondeo N°: 25	Sector: Barrio Bellavista		Coodenadas		1361287,957 N		
Muestras N°: 37 & 38	Profundidad: 0.50-1.00 m				844122,652 E		

Muestra 37 (Sondeo 25 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
2	76.1	179.3	103.2	162.9	86.8	18.89
18	76.8	179.5	102.7	162.1	85.3	20.40
30	76.7	193.8	117.1	175.1	98.4	19.00
Humedad promedio (%)						19.43

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
11	75.7	178.9	103.2	162.6	86.9	18.76
19	77.9	174.8	96.9	158.5	80.6	20.22
46	79.8	192.5	112.7	173.8	94.0	19.89
Humedad promedio (%)						19.62

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 18 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.


		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 26	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas	1361294,072 N 844131,866 E
Muestras N°: 39, 40, 41		Profundidad: 0.50-1.50 m	

Muestra 39 (Sondeo 26 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
45	80.8	210.4	129.6	191.3	110.5	17.29
48	80.5	208.4	127.9	189.1	108.6	17.77
51	80.7	221.8	141.1	200.0	119.3	18.27
Humedad promedio (%)						17.78

Muestra 40 (Sondeo 26 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
9	74.0	184.1	110.1	163.6	89.6	22.88
24	78.1	196.6	118.5	174.5	96.4	22.93
28	79.5	208.2	128.7	184.1	104.6	23.04
Humedad promedio (%)						22.95

Muestra 41 (Sondeo 26 Nivel -1.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
12	73.9	193.0	119.1	174.2	100.3	18.74
20	76.9	192.0	115.1	173.5	96.6	19.15
23	76.8	197.5	120.7	178.1	101.3	19.15
Humedad promedio (%)						19.02


OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 18 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 27	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas	1361312,479 N 844141,121 E
Muestras N°: 42 & 43	Profundidad: 0.50-1.00 m		

Muestra 42 (Sondeo 27 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
8	71.0	208.0	137.0	192.6	121.6	12.66
14	75.9	189.5	113.6	176.8	100.9	12.59
43	73.3	187.5	114.2	174.5	101.2	12.85
Humedad promedio (%)						12.70

Muestra 43 (Sondeo 27 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
6	73.6	204.1	130.5	189.5	115.9	12.60
40	74.3	213.4	139.1	194.8	120.5	15.44
54	74.3	209.1	134.8	194.9	120.6	11.77
Humedad promedio (%)						13.27


OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 18 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 28	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas	1361318,615 N 844144,206 E
Muestras N°: 44 & 45		Profundidad: 0.50-1.00 m	

Muestra 44 (Sondeo 28 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	81.7	221.0	139.3	205.3	123.6	12.70
42	81.0	203.5	122.5	189.4	108.4	13.01
52	80.2	218.2	138.0	202.5	122.3	12.84
Humedad promedio (%)						12.85

Muestra 45 (Sondeo 28 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
4	72.5	194.6	122.1	178.9	106.4	14.76
21	82.3	200.7	118.4	185.8	103.5	14.40
27	77.3	184.5	107.2	171.0	93.7	14.41
Humedad promedio (%)						14.52


OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 18 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 29	Muestras N°: 46 & 47	Sector: Barrio Bellavista Profundidad: 0.50-1.00 m	Coodenadas 1361321,677 N 844147,280 E

Muestra 46 (Sondeo 29 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
33	77.7	199.2	121.5	178.8	101.1	20.18
10	80.8	215.6	134.8	198.7	117.9	14.33
55	74.2	203.7	129.5	183.3	109.1	18.70
Humedad promedio (%)						17.74

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
3	76.1	194.5	118.4	174.3	98.2	20.57
17	75.7	208.6	132.9	188.4	112.7	17.92
41	75.7	184.4	108.7	167.0	91.3	19.06
Humedad promedio (%)						19.18

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 18 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.


		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 30	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas	1361324,740 N 844150,355 E
Muestras N°: 48, 49, 50		Profundidad: 0.50-1.50 m	

Muestra 48 (Sondeo 30 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
22	80.0	187.2	107.2	171.2	91.2	17.54
25	78.4	187.7	109.3	176.3	97.9	11.64
37	78.1	208.3	130.2	200.1	122.0	6.72
Humedad promedio (%)						11.97

Muestra 49 (Sondeo 30 Nivel -1.00 m) xyz N zyx						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
13	81.0	206.4	125.4	188.9	107.9	16.22
38	75.7	208.6	132.9	186.5	110.8	19.95
50	80.3	196.7	116.4	180.3	100.0	16.40
Humedad promedio (%)						17.52

Muestra 50 (Sondeo 30 Nivel -1.50 m) xyz N zyx E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
29	77.0	192.6	115.6	181.4	104.4	10.73
34	74.2	208.2	134.0	195.6	121.4	10.38
49	80.0	212.2	132.2	200.0	120.0	10.17
Humedad promedio (%)						10.42


OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 20 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 31	Muestras N°: 51 & 52	Sector: Barrio Bellavista Profundidad: 0.50-1.00 m	Coodenadas 1361324,709 N 844159,548 E

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
5	73.6	193.1	119.5	181.0	107.4	11.27
26	76.9	191.9	115.0	173.2	96.3	19.42
35	74.4	190.3	115.9	177.4	103.0	12.52
Humedad promedio (%)						14.40

Muestra 52 (Sondeo 31 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
7	75.6	207.7	132.1	190.1	114.5	15.37
32	74.0	200.0	126.0	185.1	111.1	13.41
39	74.4	198.9	124.5	188.1	113.7	9.50
Humedad promedio (%)						12.76

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 20 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.


		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 32	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas	1361326,256 N 844156,488 E
Muestras N°: 53, 54, 55	Profundidad: 0.50-1.50 m		

Muestra 53 (Sondeo 32 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
22	80.0	197.7	117.7	180.1	100.1	17.58
31	73.9	188.2	114.3	170.5	96.6	18.32
40	74.3	186.3	112.0	169.0	94.7	18.27
Humedad promedio (%)						18.06

Muestra 54 (Sondeo 32 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
30	76.7	188.3	111.6	173.4	96.7	15.41
41	75.7	206.8	131.1	191.0	115.3	13.70
46	79.8	188.1	108.3	172.5	92.7	16.83
Humedad promedio (%)						15.31

Muestra 55 (Sondeo 32 Nivel -1.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
6	73.6	202.2	128.6	187.8	114.2	12.61
15	73.9	215.7	141.8	202.0	128.1	10.69
44	74.4	209.3	134.9	196.4	122.0	10.57
Humedad promedio (%)						11.29

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 20 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.


		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 33	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas	1361315,521 N 844150,324 E
Muestras N°: 56, 57, 58		Profundidad: 0.50-1.50 m	

Muestra 56 (Sondeo 33 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
26	76.9	207.8	130.9	192.9	116.0	12.84
38	75.7	206.1	130.4	189.9	114.2	14.19
43	73.3	197.9	124.6	185.2	111.9	11.35
Humedad promedio (%)						12.79

Muestra 57 (Sondeo 33 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	81.7	205.6	123.9	191.0	109.3	13.36
3	76.1	194.7	118.6	180.9	104.8	13.17
18	76.8	195.1	118.3	181.5	104.7	12.99
Humedad promedio (%)						13.17

Muestra 58 (Sondeo 33 Nivel -1.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
7	75.6	207.3	131.7	195.1	119.5	10.21
17	75.7	207.1	131.4	196.0	120.3	9.23
54	74.3	218.7	144.4	207.1	132.8	8.73
Humedad promedio (%)						9.39


OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 20 de abril, ese día el cielo se encontró algo nublado, días previos a la fecha del muestreo se registraron lluvias leves en la zona del muestreo.

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 34 Muestras N°: 59 & 60	Sector: Barrio Bellavista Profundidad: 0.50-1.00 m	Coodenadas	1361309,385 N 844147,239 E

Muestra 59 (Sondeo 34 Nivel -0.50 m) xyz N zyx E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
13	81.0	206.9	125.9	195.0	114.0	10.44
23	76.8	195.4	118.6	182.7	105.9	11.99
48	80.5	204.4	123.9	192.6	112.1	10.53
Humedad promedio (%)						10.99

Muestra 60 (Sondeo 34 Nivel -1.00 m) xyz N zyx E						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
29	77.0	195.4	118.4	180.6	103.6	14.29
32	74.0	195.2	121.2	180.3	106.3	14.02
45	80.8	211.9	131.1	196.3	115.5	13.51
Humedad promedio (%)						13.94

OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 21 de abril, ese día el cielo se encontró despejado, aunque la noche anterior hubo lluvia en la ciudad.


		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 HUMEDAD NATURAL	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(122-13)
Sondeo N°: 35 Muestras N°: 61 & 62	Sector: Barrio Bellavista Profundidad: 0.50-1.00 m	Coodenadas	1361300,177 N 844144,143 E

Muestra 61 (Sondeo 35 Nivel -0.50 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
2	76.1	209.6	133.5	196.2	120.1	11.16
12	73.9	192.5	118.6	181.0	107.1	10.74
42	81.0	211.5	130.5	198.5	117.5	11.06
Humedad promedio (%)						10.99

Muestra 62 (Sondeo 35 Nivel -1.00 m)						
Número frasco	Frasco (g)	Frasco + Suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Frasco + Suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
8	71.0	200.3	129.3	188.4	117.4	10.14
34	74.2	215.0	140.8	202.1	127.9	10.09
47	80.9	217.4	136.5	205.1	124.2	9.90
Humedad promedio (%)						10.04

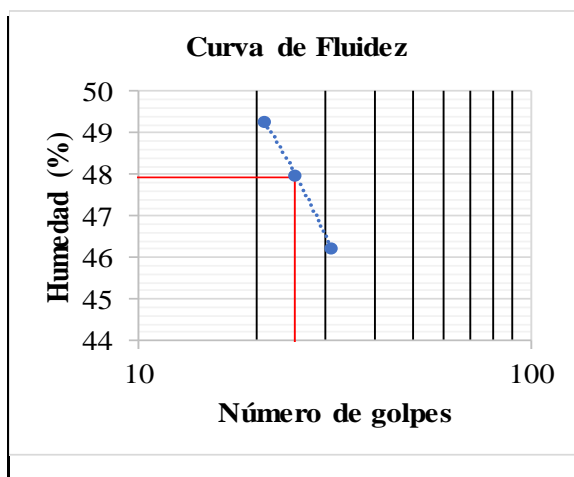
OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas el día 21 de abril, ese día el cielo se encontró despejado, aunque la noche anterior hubo lluvia en la ciudad.

Anexo 4. Límite líquido y Límite plástico

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO		
	Localización: Cúcuta, Norte de Santander	Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 1 Muestra N°: 1	Sector: Las Delicias Profundidad: 0.00 m	Coordenadas 1362121,584 N 839397,320 E	

Muestra 1 (Sondeo 1 Nivel 0.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
7	7.278	20.877	13.599	16.578	9.300	31	46.23
12	7.396	18.018	10.622	14.574	7.178	25	47.98
17	7.336	19.002	11.666	15.152	7.816	21	49.26

Muestra 1 (Sondeo 1 Nivel 0.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
24	7.525	12.0	4.4	11.0	3.5	26.03
32	7.522	11.8	4.3	10.9	3.4	26.23
35	7.644	11.6	3.9	10.8	3.1	25.84
Humedad promedio (%)						26.03




% finos	98.30
Límite líquido	47.93

Límite plástico	26.03
-----------------	-------

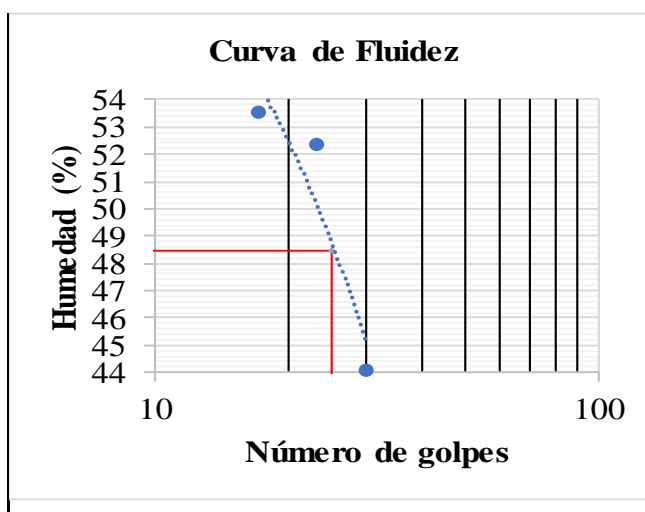
Índice de plasticidad	21.89
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	1	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362121,584 N
Muestra N°:	2	Profundidad: 0.50 m	839397,320 E

Muestra 2 (Sondeo 1 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
37	7.451	18.559	11.108	15.159	7.708	30	44.11
44	7.537	15.602	8.065	12.831	5.294	23	52.34
58	7.267	18.084	10.817	14.312	7.045	17	53.54

Muestra 2 (Sondeo 1 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
86	6.518	12.202	5.684	11.116	4.598	23.62
84	6.600	12.658	6.058	11.501	4.901	23.61
87	6.605	13.058	6.453	11.828	5.223	23.55
Humedad promedio (%)						23.59




% finos	93.56
Límite líquido	48.44

Límite plástico	23.59
-----------------	-------

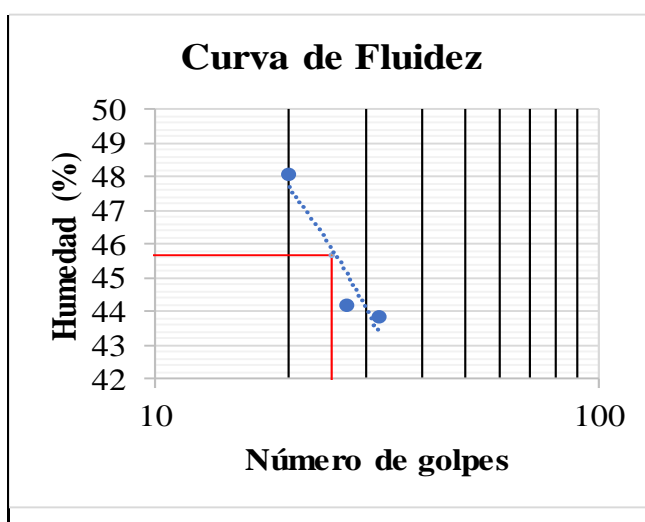
Índice de plasticidad	24.85
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	1	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362121,584 N
Muestra N°:	3	Profundidad: 1.00 m	839397,320 E

Muestra 3 (Sondeo 1 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
76	6.548	17.076	10.528	13.866	7.318	32	43.86
80	6.616	19.140	12.524	15.301	8.685	27	44.20
81	6.771	17.422	10.651	13.965	7.194	20	48.05

Muestra 3 (Sondeo 1 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
83	6.660	11.966	5.306	10.965	4.305	23.25
20	7.391	12.077	4.686	11.183	3.792	23.58
77	6.607	11.785	5.178	10.801	4.194	23.46
Humedad promedio (%)						23.43




% finos	91.48
Límite líquido	45.69

Límite plástico	23.43
-----------------	-------

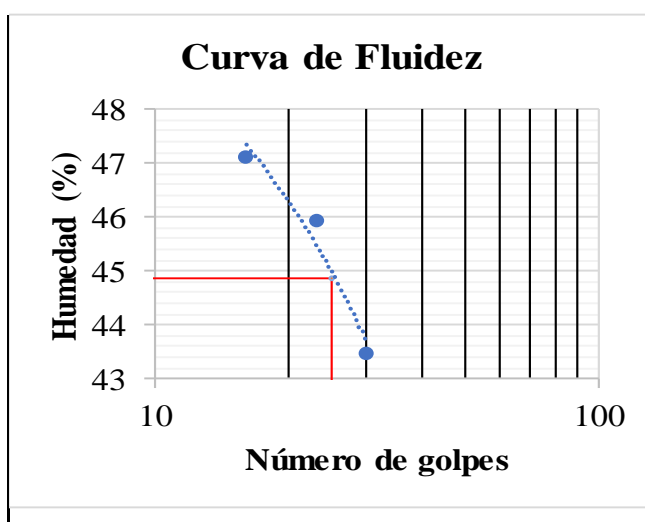
Índice de plasticidad	22.26
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	1	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362121,584 N
Muestra N°:	4	Profundidad: 1.50 m	839397,320 E

Muestra 4 (Sondeo 1 Nivel 1.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
95	6.596	17.778	11.182	14.390	7.794	30	43.47
96	6.474	18.215	11.741	14.520	8.046	23	45.92
102	6.813	18.358	11.545	14.660	7.847	16	47.13

Muestra 4 (Sondeo 1 Nivel 1.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
11	7.102	11.701	4.599	10.916	3.814	20.58
21	7.421	12.577	5.156	11.681	4.260	21.03
98	6.653	11.492	4.839	10.668	4.015	20.52
Humedad promedio (%)						20.71




% finos	97.52
Límite líquido	44.85

Límite plástico	20.71
-----------------	-------

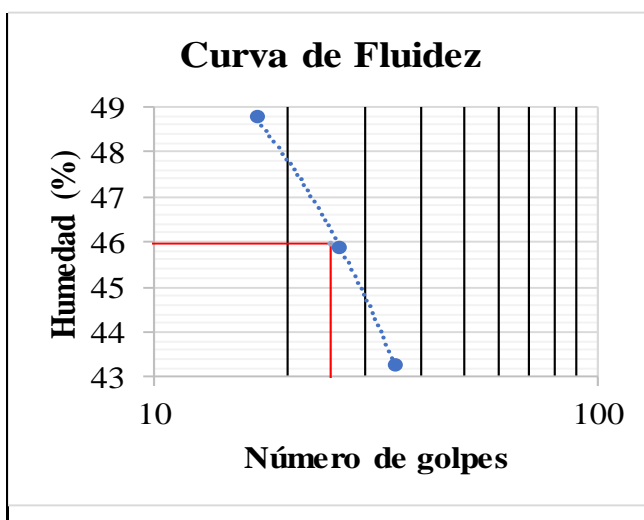
Índice de plasticidad	24.14
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362106,176 N
Muestra N°:	5	Profundidad: 0.00 m	839409,524 E

Muestra 5 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
73	6.419	17.033	10.614	13.828	7.409	35	43.26
89	6.749	16.851	10.102	13.674	6.925	26	45.88
99	6.672	17.031	10.359	13.635	6.963	17	48.77

Muestra 5 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
57	7.232	12.629	5.397	11.675	4.443	21.47
27	7.452	12.699	5.247	11.773	4.321	21.43
30	7.671	12.748	5.077	11.860	4.189	21.20
Humedad promedio (%)						21.37




% finos	97.70
Límite líquido	45.94

Límite plástico	21.37
-----------------	-------

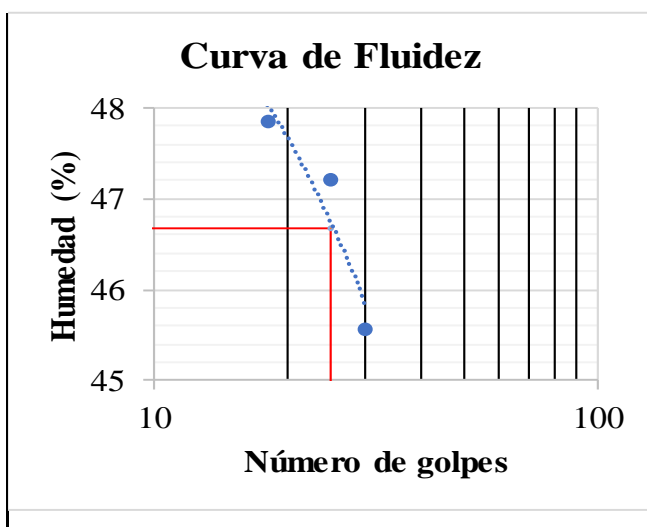
Índice de plasticidad	24.58
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362106,176 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m	839409,524 E

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
103	6.753	18.363	11.610	14.729	7.976	30	45.56
107	6.622	14.515	7.893	11.984	5.362	25	47.20
111	6.709	20.941	14.232	16.335	9.626	18	47.85

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
9	7.668	11.914	4.246	11.002	3.334	27.35
78	6.594	11.803	5.209	10.818	4.224	23.32
79	6.739	11.448	4.709	10.530	3.791	24.22
Humedad promedio (%)						24.96




% finos	95.12
Límite líquido	46.67

Límite plástico	24.96
-----------------	-------

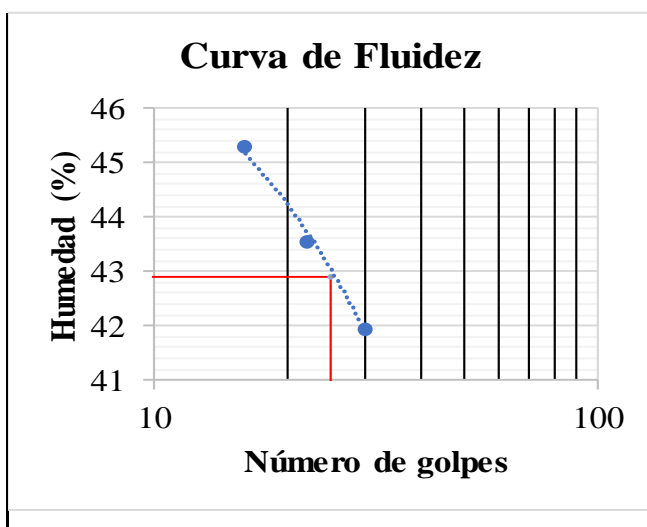
Índice de plasticidad	21.70
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362106,176 N
Muestra N°:	7	Profundidad: 1.00 m	839409,524 E

Muestra 7 (Sondeo 2 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
114	6.637	17.519	10.882	14.303	7.666	30	41.95
45	7.288	19.122	11.834	15.532	8.244	22	43.55
67	6.462	15.453	8.991	12.650	6.188	16	45.30

Muestra 7 (Sondeo 2 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
13	7.378	12.884	5.506	11.935	4.557	20.83
14	7.397	13.643	6.246	12.552	5.155	21.16
85	6.632	11.410	4.778	10.567	3.935	21.42
Humedad promedio (%)						21.14




% finos	91.57
Límite líquido	42.90

Límite plástico	21.14
-----------------	-------

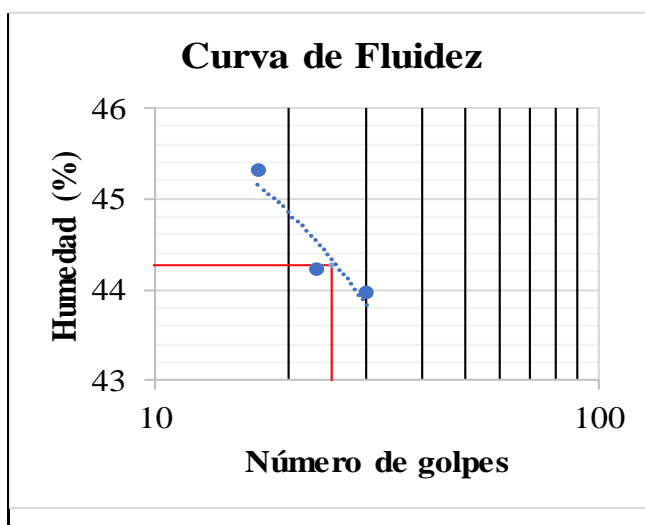
Índice de plasticidad	21.77
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362106,176 N
Muestra N°:	8	Profundidad: 1.50 m	839409,524 E

Muestra 8 (Sondeo 2 Nivel 1.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
60	7.620	17.977	10.357	14.814	7.194	30	43.97
68	7.335	18.017	10.682	14.742	7.407	23	44.21
75	6.627	17.217	10.590	13.914	7.287	17	45.33

Muestra 8 (Sondeo 2 Nivel 1.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
112	6.539	12.285	5.746	11.273	4.734	21.38
110	6.474	12.009	5.535	11.044	4.570	21.12
1	7.308	12.461	5.153	11.556	4.248	21.30
Humedad promedio (%)						21.27




% finos	87.81
Límite líquido	44.27

Límite plástico	21.27
-----------------	-------

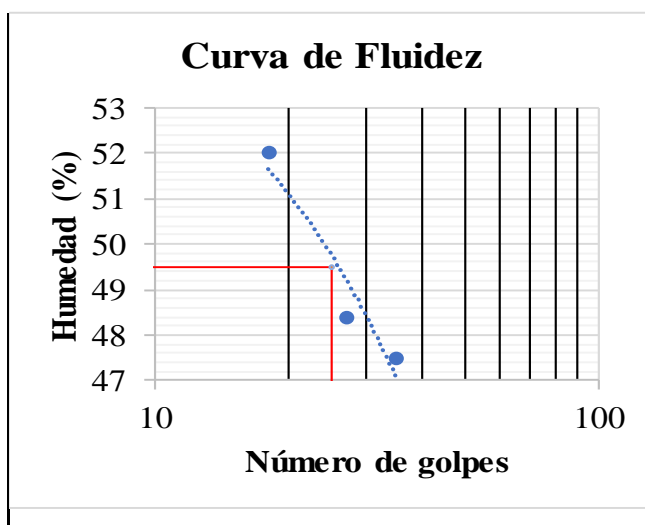
Índice de plasticidad	23.01
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362103,092 N
Muestra N°:	9	Profundidad: 0.00 m	839412,577 E

Muestra 9 (Sondeo 3 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
93	6.586	15.866	9.280	12.879	6.293	35	47.47
18	7.154	15.573	8.419	12.828	5.674	27	48.38
48	7.249	19.768	12.519	15.483	8.234	18	52.04

Muestra 9 (Sondeo 3 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
69	6.722	11.860	5.138	10.915	4.193	22.54
64	7.285	11.769	4.484	10.940	3.655	22.68
116	6.644	11.572	4.928	10.645	4.001	23.17
Humedad promedio (%)						22.80




% finos	94.32
Límite líquido	49.49

Límite plástico	22.80
-----------------	-------

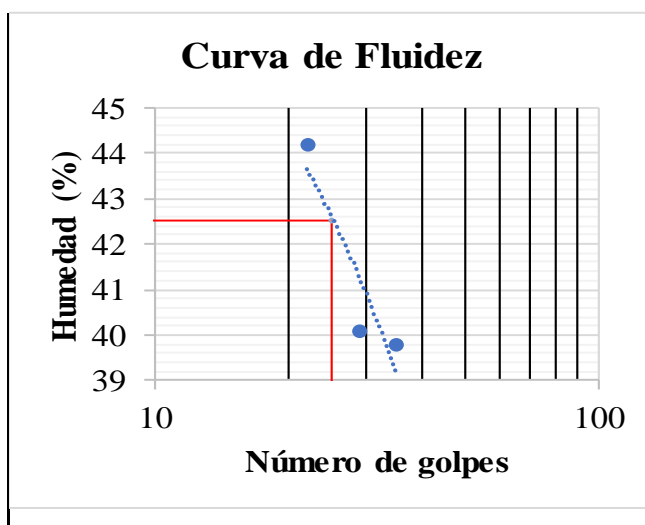
Índice de plasticidad	26.70
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362103,092 N
Muestra N°:	10	Profundidad: 0.50 m	839412,577 E

Muestra 10 (Sondeo 3 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
75	6.627	17.660	11.033	14.521	7.894	35	39.76
11	7.100	17.365	10.265	14.429	7.329	29	40.06
20	7.386	18.886	11.500	15.362	7.976	22	44.18

Muestra 10 (Sondeo 3 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	7.306	12.896	5.590	11.912	4.606	21.36
9	7.067	12.409	5.342	11.467	4.400	21.41
13	7.371	13.081	5.710	12.062	4.691	21.72
Humedad promedio (%)						21.50




% finos	95.34
Límite líquido	42.52

Límite plástico	21.50
-----------------	-------

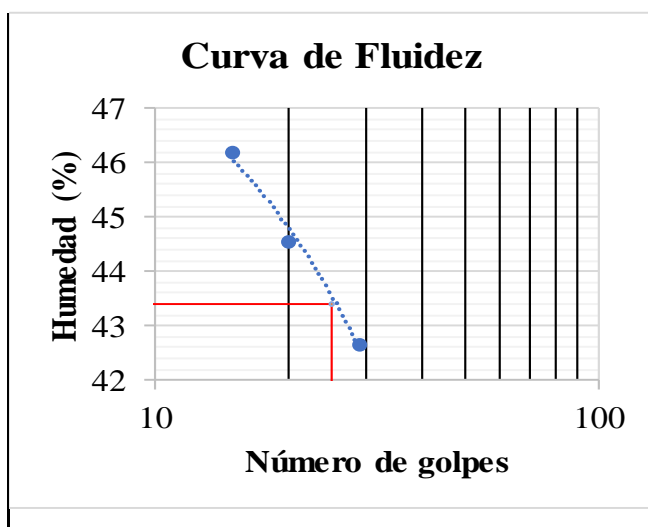
Índice de plasticidad	21.02
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	839412,577 E

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
87	6.606	17.541	10.935	14.272	7.666	29	42.64
116	6.642	17.119	10.477	13.890	7.248	20	44.55
112	6.538	15.665	9.127	12.781	6.243	15	46.20

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
21	7.415	13.210	5.795	12.132	4.717	22.85
27	7.448	12.500	5.052	11.589	4.141	22.00
24	7.517	12.812	5.295	11.820	4.303	23.05
Humedad promedio (%)						22.64




% finos	93.63
Límite líquido	43.41

Límite plástico	22.64
-----------------	-------

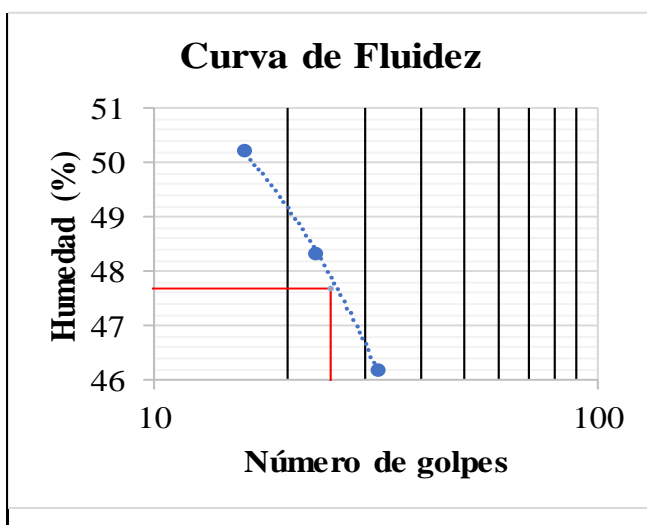
Índice de plasticidad	20.78
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362103,092 N
Muestra N°:	12	Profundidad: 1.50 m	839412,577 E

Muestra 12 (Sondeo 3 Nivel 1.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
86	6.518	16.478	9.960	13.331	6.813	32	46.19
110	6.473	16.570	10.097	13.281	6.808	23	48.31
14	7.390	18.474	11.084	14.768	7.378	16	50.23

Muestra 12 (Sondeo 3 Nivel 1.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
30	7.667	13.595	5.928	12.458	4.791	23.73
32	7.517	12.852	5.335	11.825	4.308	23.84
26	7.328	12.814	5.486	11.782	4.454	23.17
Humedad promedio (%)						23.58




% finos	90.84
Límite líquido	47.70

Límite plástico	23.58
-----------------	-------

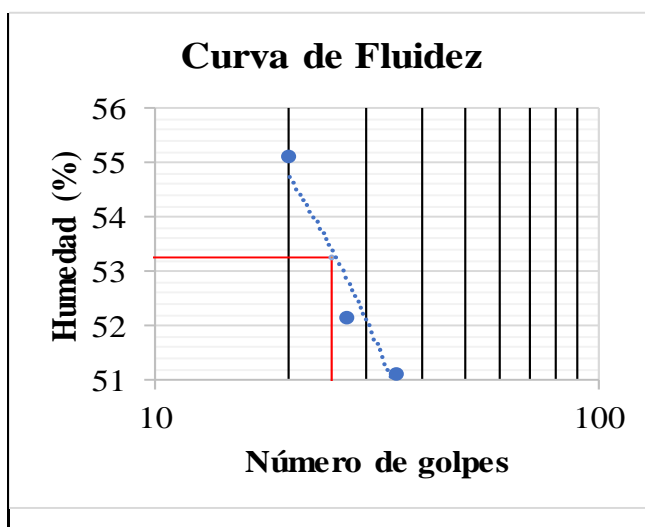
Índice de plasticidad	24.12
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	4	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362093,863 N
Muestra N°:	13	Profundidad: 0.00 m	839415,610 E

Muestra 13 (Sondeo 4 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
72	6.643	15.990	9.347	12.829	6.186	35	51.10
78	6.590	16.894	10.304	13.362	6.772	27	52.16
69	6.722	16.696	9.974	13.152	6.430	20	55.12

Muestra 13 (Sondeo 4 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
56	7.454	14.321	6.867	12.854	5.400	27.17
35	7.637	13.825	6.188	12.496	4.859	27.35
64	7.280	13.600	6.320	12.259	4.979	26.93
Humedad promedio (%)						27.15




% finos	95.51
Límite líquido	53.25

Límite plástico	27.15
-----------------	-------

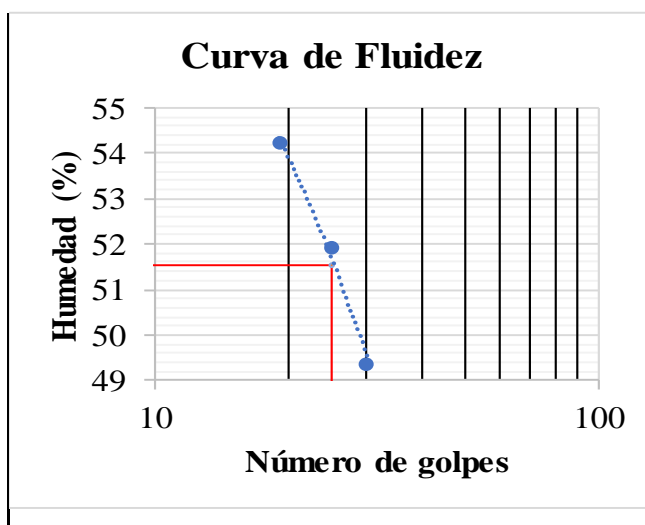
Índice de plasticidad	26.10
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	4	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362093,863 N
Muestra N°:	14	Profundidad: 0.50 m	839415,610 E

Muestra 14 (Sondeo 4 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
103	6.749	17.341	10.592	13.840	7.091	30	49.37
77	6.606	15.123	8.517	12.212	5.606	25	51.93
111	6.698	15.453	8.755	12.375	5.677	19	54.22

Muestra 14 (Sondeo 4 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
76	6.550	10.725	4.175	9.864	3.314	25.98
96	6.475	11.158	4.683	10.166	3.691	26.88
67	6.478	10.688	4.210	9.820	3.342	25.97
Humedad promedio (%)						26.28




% finos	96.14
Límite líquido	51.52

Límite plástico	26.28
-----------------	-------

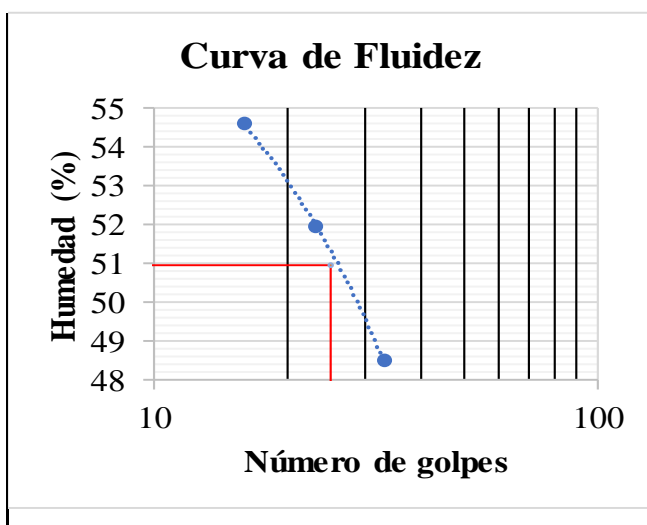
Índice de plasticidad	25.24
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	4	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362093,863 N
Muestra N°:	15	Profundidad: 1.00 m	839415,610 E

Muestra 15 (Sondeo 4 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
93	6.572	16.066	9.494	12.965	6.393	33	48.51
37	7.438	17.601	10.163	14.127	6.689	23	51.94
60	7.608	14.845	7.237	12.289	4.681	16	54.60

Muestra 15 (Sondeo 4 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
99	6.665	12.248	5.583	11.085	4.420	26.31
80	6.620	11.789	5.169	10.703	4.083	26.60
48	7.237	11.971	4.734	10.969	3.732	26.85
Humedad promedio (%)						26.59




% finos	97.25
Límite líquido	50.97

Límite plástico	26.59
-----------------	-------

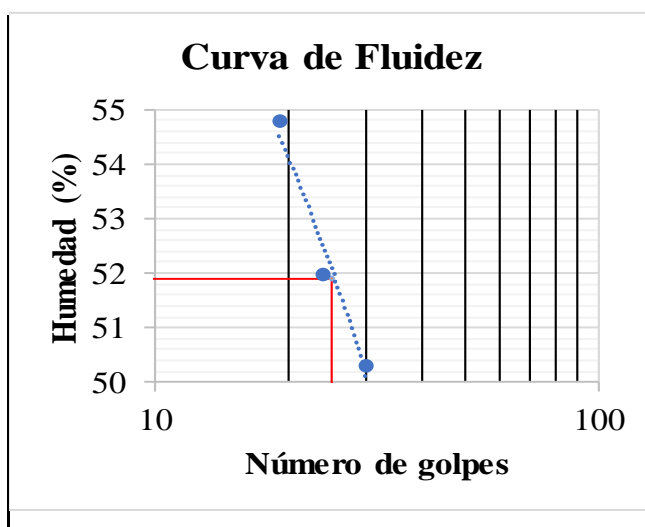
Índice de plasticidad	24.39
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 4	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362093,863 N	
Muestra N°: 16	Profundidad: 1.50 m	839415,610 E	

Muestra 16 (Sondeo 4 Nivel 1.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
114	6.641	15.432	8.791	12.490	5.849	30	50.30
44	7.535	17.347	9.812	13.992	6.457	24	51.96
58	7.262	16.588	9.326	13.287	6.025	19	54.79

Muestra 16 (Sondeo 4 Nivel 1.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
73	6.416	11.369	4.953	10.344	3.928	26.09
83	6.656	11.039	4.383	10.153	3.497	25.34
95	6.594	11.401	4.807	10.409	3.815	26.00
Humedad promedio (%)						25.81




% finos	96.78
Límite líquido	51.91

Límite plástico	25.81
-----------------	-------

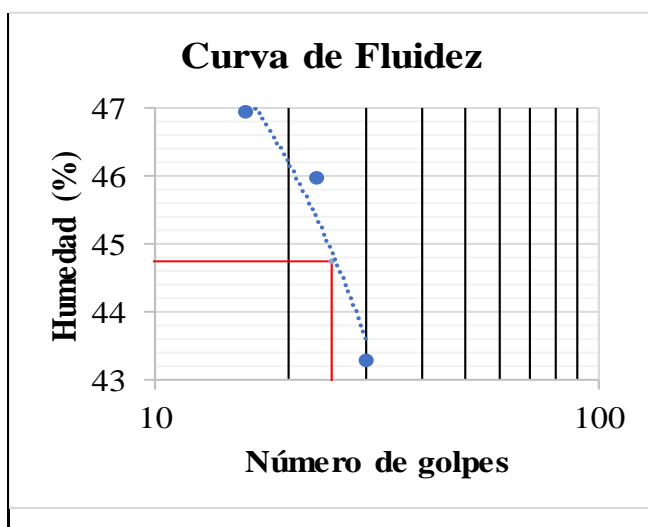
Índice de plasticidad	26.10
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	5	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362109,345 N
Muestra N°:	17	Profundidad: 0.50 m	839381,956 E

Muestra 17 (Sondeo 5 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
102	6.817	19.551	12.734	15.703	8.886	30	43.30
98	6.650	15.929	9.279	13.007	6.357	23	45.97
7	7.275	16.655	9.380	13.658	6.383	16	46.95

Muestra 17 (Sondeo 5 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
79	6.735	11.089	4.354	10.282	3.547	22.75
85	6.526	11.074	4.548	10.222	3.696	23.05
84	6.600	10.980	4.380	10.166	3.566	22.83
Humedad promedio (%)						22.88




% finos	96.07
Límite líquido	44.76

Límite plástico	22.88
-----------------	-------

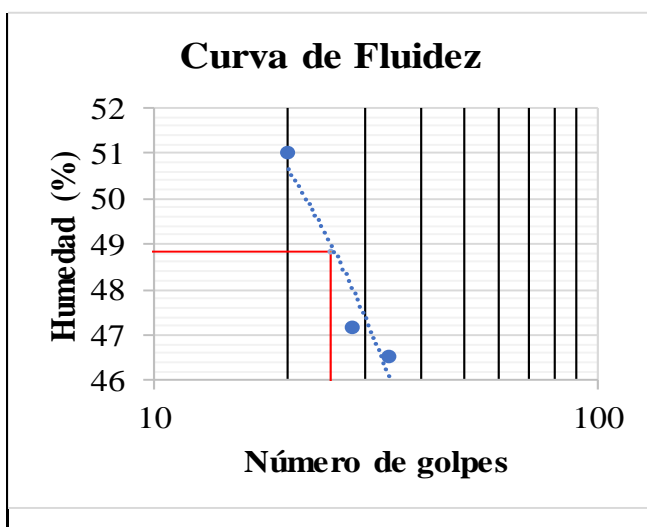
Índice de plasticidad	21.88
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	6	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362109,351 N
Muestra N°:	18	Profundidad: 0.50 m	839380,424 E

Muestra 18 (Sondeo 6 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
18	7.145	16.395	9.250	13.458	6.313	34	46.52
81	6.769	18.085	11.316	14.459	7.690	28	47.15
17	7.340	18.954	11.614	15.030	7.690	20	51.03

Muestra 18 (Sondeo 6 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
45	7.275	12.084	4.809	11.178	3.903	23.21
89	6.744	11.176	4.432	10.358	3.614	22.63
107	6.614	10.846	4.232	10.065	3.451	22.63
Humedad promedio (%)						22.83




% finos	92.98
Límite líquido	48.82

Límite plástico	22.83
-----------------	-------

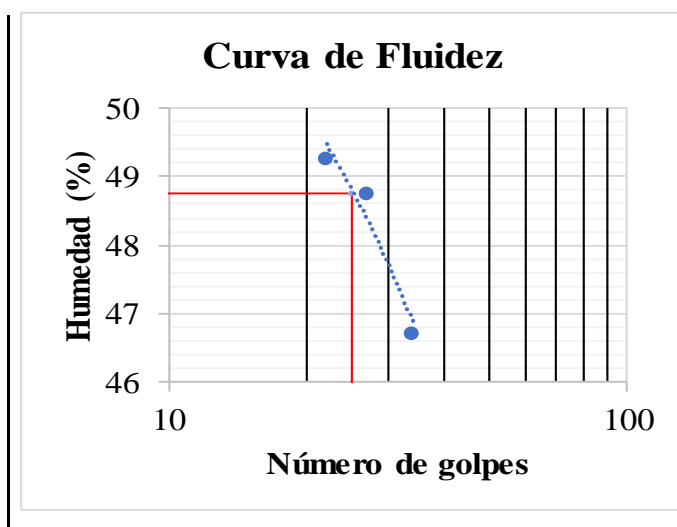
Índice de plasticidad	25.99
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 7	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372194,376 N	
Muestra N°: 19	Profundidad: 0.50 m	840501,773 E	

Muestra 19 (Sondeo 7 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
17	4.913	17.385	12.472	13.414	8.501	34	46.71
50	4.872	16.702	11.830	12.825	7.953	27	48.75
23	4.907	18.463	13.556	13.989	9.082	22	49.26

Muestra 19 (Sondeo 7 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
75	6.626	9.197	2.571	8.720	2.094	22.78
17	7.371	10.515	3.144	9.924	2.553	23.15
107	6.616	9.541	2.925	8.989	2.373	23.26
Humedad promedio (%)						23.06




% finos	93.26
Límite líquido	48.75

Límite plástico	23.06
-----------------	-------

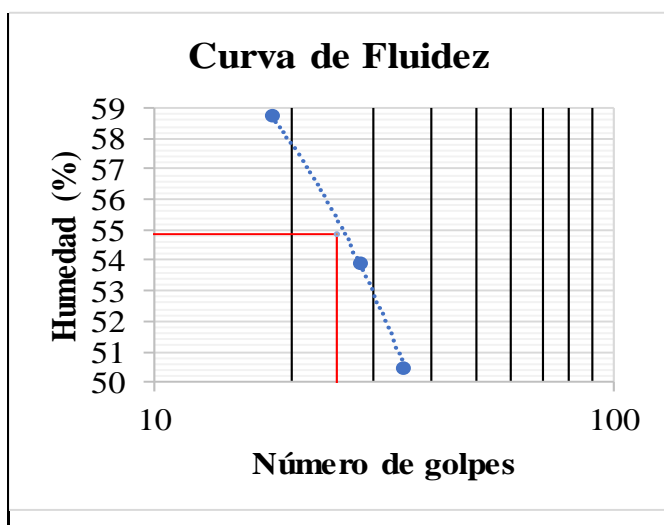
Índice de plasticidad	25.68
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	8	Sector: Los Cerezos	Coordenadas
Muestra N°:	20	Profundidad: 0.50 m	1372191,282 N 840507,890 E

Muestra 20 (Sondeo 8 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
55	5.008	13.348	8.340	10.550	5.542	35	50.49
6	5.204	13.446	8.242	10.560	5.356	28	53.88
15	4.886	14.852	9.966	11.164	6.278	18	58.74

Muestra 20 (Sondeo 8 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
13	5.034	8.806	3.772	8.121	3.087	22.19
34	5.103	9.399	4.296	8.610	3.507	22.50
46	5.209	9.279	4.070	8.540	3.331	22.19
Humedad promedio (%)						22.29




% finos	94.18
Límite líquido	54.87

Límite plástico	22.29
-----------------	-------

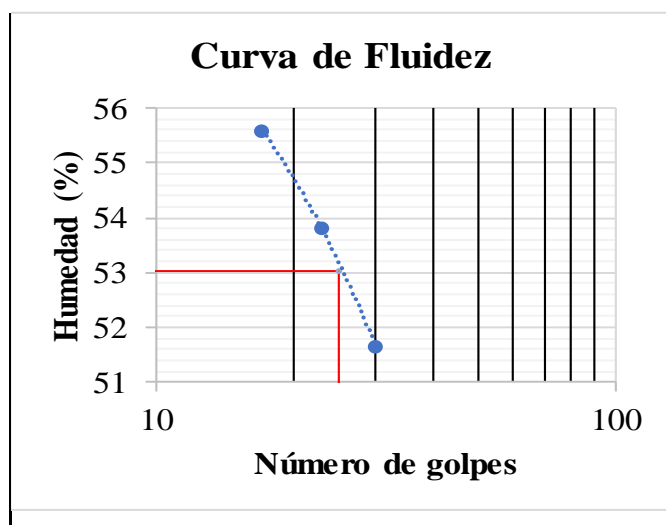
Índice de plasticidad	32.57
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	1372197,436 N 840505,460 E

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
3	5.261	13.149	7.888	10.463	5.202	30	51.63
1	5.125	13.942	8.817	10.857	5.732	23	53.82
7	5.250	15.012	9.762	11.525	6.275	17	55.57

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
9	5.033	8.007	2.974	7.490	2.457	21.04
25	4.859	7.510	2.651	7.059	2.200	20.50
38	5.019	7.901	2.882	7.421	2.402	19.98
Humedad promedio (%)						20.51




% finos	92.88
Límite líquido	53.02

Límite plástico	20.51
-----------------	-------

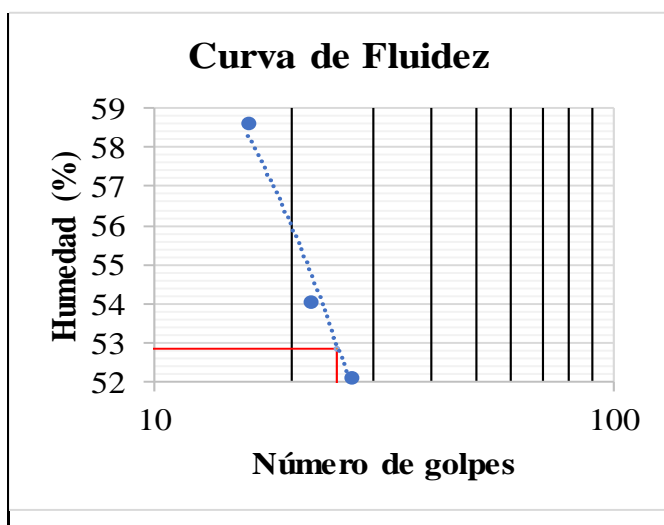
Índice de plasticidad	32.51
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	10	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372203.585
Muestra N°:	22	Profundidad: 0.50 m	840504,869 E

Muestra 22 (Sondeo 10 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
56	5.122	14.817	9.695	11.495	6.373	27	52.13
12	5.064	14.408	9.344	11.130	6.066	22	54.04
61	5.070	13.015	7.945	10.079	5.009	16	58.61

Muestra 22 (Sondeo 10 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
37	5.076	8.708	3.632	8.070	2.994	21.31
28	4.880	7.841	2.961	7.312	2.432	21.75
62	5.085	8.511	3.426	7.901	2.816	21.66
Humedad promedio (%)						21.57




% finos	93.16
Límite líquido	52.84

Límite plástico	21.57
-----------------	-------

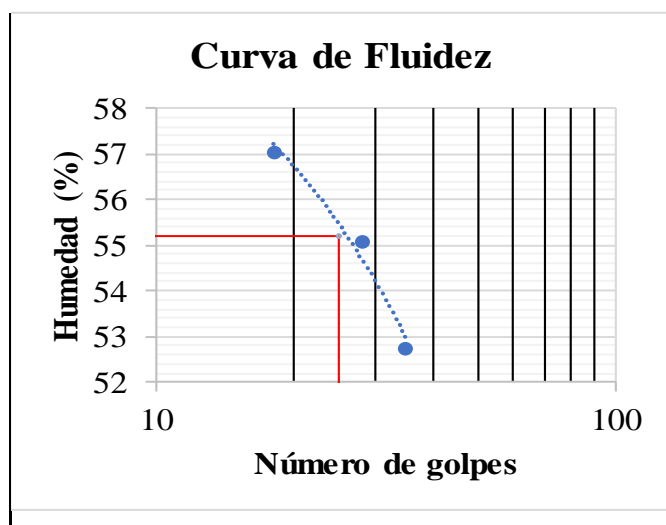
Índice de plasticidad	31.27
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	11	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372213,132 N		
Muestra N°:	23	Profundidad: 0.50 m	840498,775 E		

Muestra 23 (Sondeo 11 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
60	5.028	13.491	8.463	10.569	5.541	35	52.73
44	5.090	15.290	10.200	11.667	6.577	28	55.09
49	5.115	15.610	10.495	11.798	6.683	18	57.04

Muestra 23 (Sondeo 11 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
47	5.089	8.011	2.922	7.566	2.477	17.97
2	5.030	8.354	3.324	7.773	2.743	21.18
53	5.148	8.414	3.266	7.862	2.714	20.34
Humedad promedio (%)						19.83




% finos	90.99
Límite líquido	55.20

Límite plástico	19.83
-----------------	-------

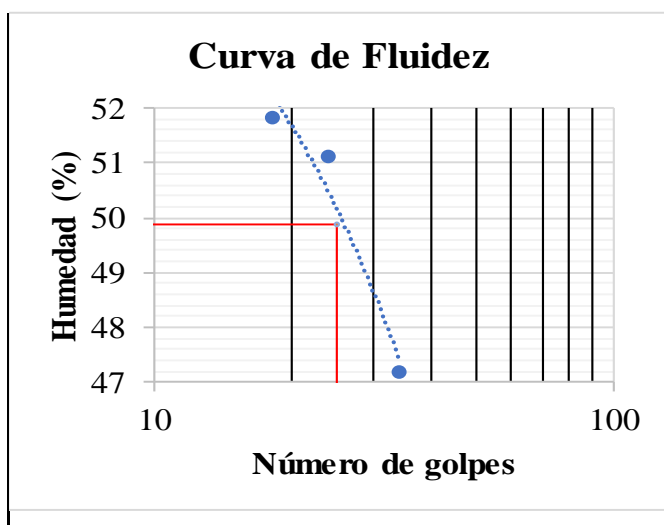
Índice de plasticidad	35.38
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	12	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372228,190 N
Muestra N°:	24	Profundidad: 0.50 m	840498,828 E

Muestra 24 (Sondeo 12 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
31	5.099	15.961	10.862	12.478	7.379	34	47.20
52	5.255	15.044	9.789	11.733	6.478	24	51.11
40	5.065	17.656	12.591	13.358	8.293	18	51.83

Muestra 24 (Sondeo 12 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
59	5.005	8.293	3.288	7.739	2.734	20.26
36	5.019	8.462	3.443	7.867	2.848	20.89
39	5.171	9.066	3.895	8.369	3.198	21.79
Humedad promedio (%)						20.98




% finos	92.74
Límite líquido	49.89

Límite plástico	20.98
-----------------	-------

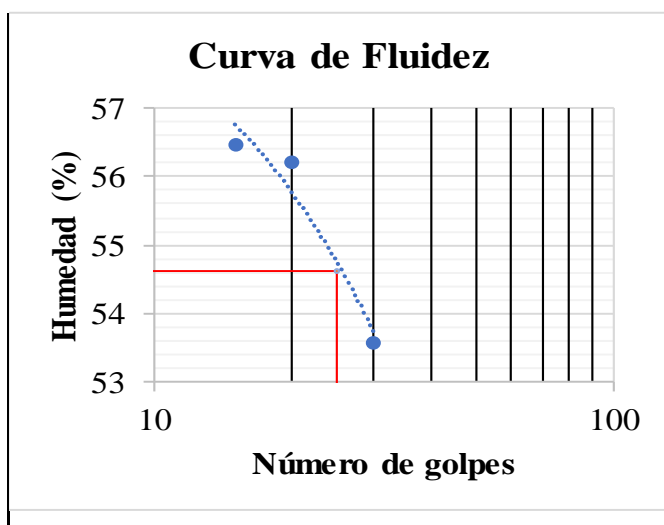
Índice de plasticidad	28.91
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	13	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372231,274 N
Muestra N°:	25	Profundidad: 0.50 m	840495,775 E

Muestra 25 (Sondeo 13 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
58	5.153	14.294	9.141	11.105	5.952	30	53.58
42	4.992	12.029	7.037	9.497	4.505	20	56.20
33	5.033	13.203	8.170	10.255	5.222	15	56.45

Muestra 25 (Sondeo 13 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
41	4.984	7.452	2.468	7.097	2.113	16.80
29	5.093	7.739	2.646	7.307	2.214	19.51
32	5.034	7.599	2.565	7.174	2.140	19.86
Humedad promedio (%)						18.72




% finos	90.95
Límite líquido	54.62

Límite plástico	18.72
-----------------	-------

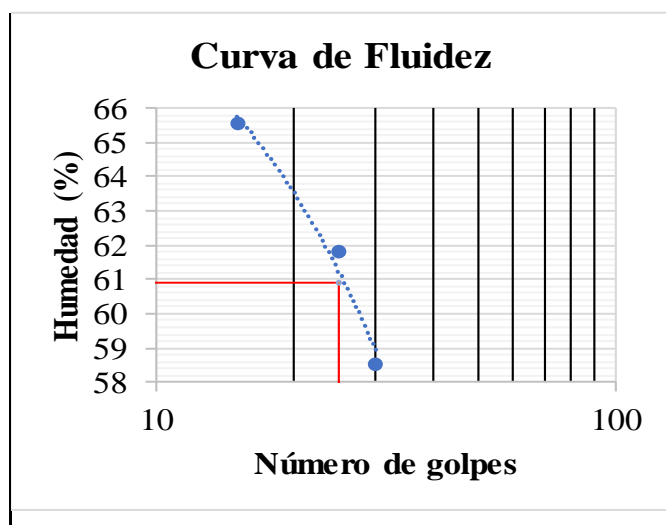
Índice de plasticidad	35.90
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	14	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372228,222 N
Muestra N°:	26	Profundidad: 0.50 m	840489,637 E

Muestra 26 (Sondeo 14 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
49	5.206	15.157	9.951	11.483	6.277	30	58.53
8	5.111	15.346	10.235	11.436	6.325	25	61.82
4	5.075	16.362	11.287	11.893	6.818	15	65.55

Muestra 26 (Sondeo 14 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
43	5.024	7.976	2.952	7.455	2.431	21.43
5	5.168	8.383	3.215	7.807	2.639	21.83
57	5.117	7.883	2.766	7.387	2.270	21.85
Humedad promedio (%)						21.70




% finos	89.08
Límite líquido	60.92

Límite plástico	21.70
-----------------	-------

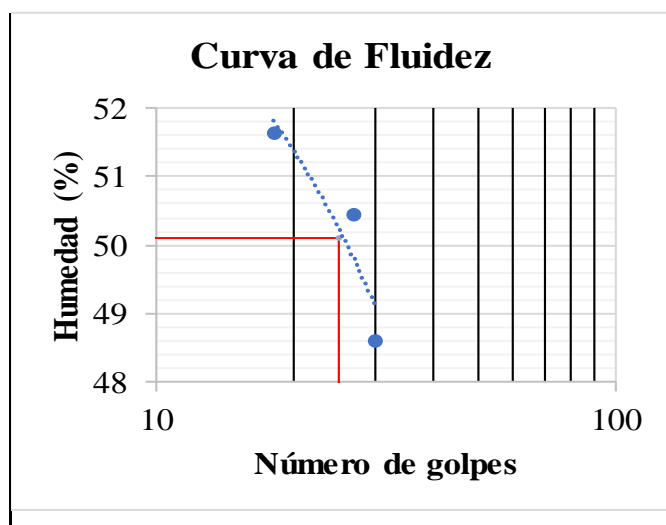
Índice de plasticidad	39.22
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	15	Sector: Los Cerezos	Coordenadas
Muestra N°:	27	Profundidad: 0.50 m	1372231,317 N 840483,521 E

Muestra 27 (Sondeo 15 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
21	4.903	19.098	14.195	14.456	9.553	30	48.59
30	5.113	17.437	12.324	13.305	8.192	27	50.44
10	5.106	17.812	12.706	13.485	8.379	18	51.64

Muestra 27 (Sondeo 15 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
16	4.859	8.189	3.330	7.603	2.744	21.36
95	6.597	10.557	3.960	9.804	3.207	23.48
76	6.551	10.089	3.538	9.435	2.884	22.68
Humedad promedio (%)						22.50




% finos	94.91
Límite líquido	50.11

Límite plástico	22.50
-----------------	-------

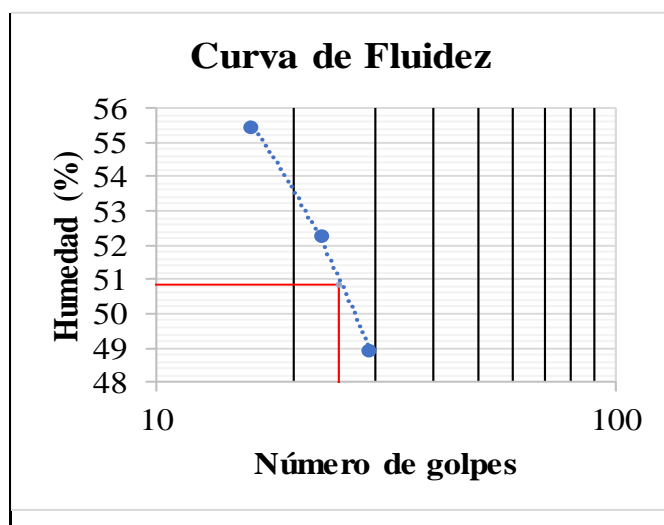
Índice de plasticidad	27.60
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 16	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372237,463 N	
Muestra N°: 28	Profundidad: 0.50 m	840483,542 E	

Muestra 28 (Sondeo 16 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
54	4.990	18.075	13.085	13.777	8.787	29	48.91
27	4.916	15.838	10.922	12.090	7.174	23	52.24
48	4.799	13.945	9.146	10.682	5.883	16	55.46

Muestra 28 (Sondeo 16 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
114	6.637	9.711	3.074	9.145	2.508	22.57
80	6.616	10.064	3.448	9.458	2.842	21.32
81	6.774	10.536	3.762	9.838	3.064	22.78
Humedad promedio (%)						22.22




% finos	89.72
Límite líquido	50.83

Límite plástico	22.22
-----------------	-------

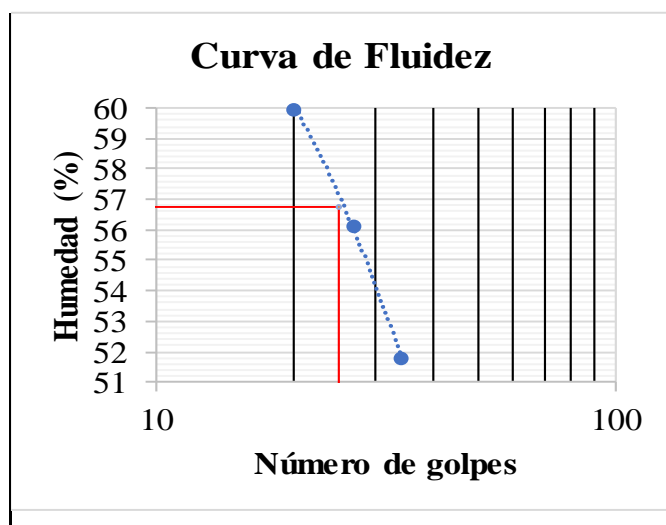
Índice de plasticidad	28.61
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372237,495 N	
Muestra N°: 29	Profundidad: 0.50 m	840474,352 E	

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	4.871	15.395	10.524	11.804	6.933	34	51.80
24	4.906	15.052	10.146	11.404	6.498	27	56.14
22	4.912	18.118	13.206	13.168	8.256	20	59.96

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
32	7.520	10.270	2.750	9.752	2.232	23.21
102	6.816	10.176	3.360	9.540	2.724	23.35
87	6.604	9.827	3.223	9.210	2.606	23.68
Humedad promedio (%)						23.41




% finos	94.39
Límite líquido	56.78

Límite plástico	23.41
-----------------	-------

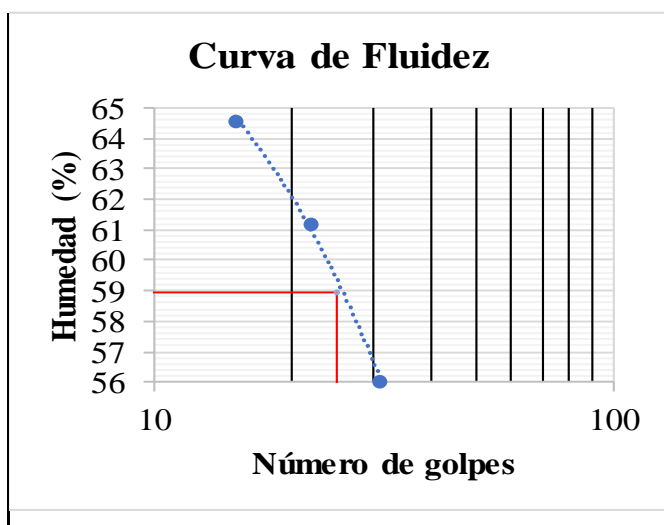
Índice de plasticidad	33.37
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	18	Sector: Los Cerezos	Coordenadas
Muestra N°:	30	Profundidad: 0.50 m	1372240,558 N 840477,426 E

Muestra 30 (Sondeo 18 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
37	7.446	17.192	9.746	13.692	6.246	31	56.04
60	7.609	16.807	9.198	13.316	5.707	22	61.17
103	6.753	14.722	7.969	11.595	4.842	15	64.58

Muestra 30 (Sondeo 18 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
68	7.339	11.396	4.057	10.628	3.289	23.35
35	7.645	11.834	4.189	11.033	3.388	23.64
96	6.480	10.315	3.835	9.597	3.117	23.03
Humedad promedio (%)						23.34




% finos	91.42
Límite líquido	58.94

Límite plástico	23.34
-----------------	-------

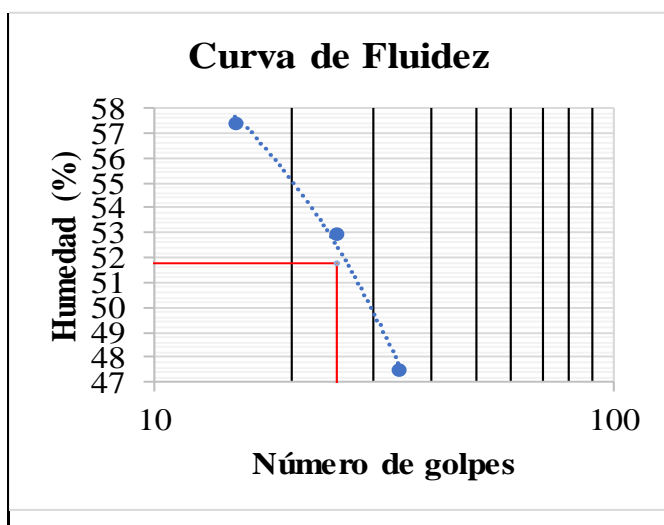
Índice de plasticidad	35.60
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	19	Sector: Los Cerezos	Coordenadas
Muestra N°:	31	Profundidad: 0.50 m	1372243,652 N 840471,310 E

Muestra 31 (Sondeo 19 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
12	7.407	20.210	12.803	16.090	8.683	34	47.45
24	7.521	16.764	9.243	13.566	6.045	25	52.90
58	7.267	17.353	10.086	13.674	6.407	15	57.42

Muestra 31 (Sondeo 19 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
84	6.603	10.270	3.667	9.579	2.976	23.22
44	7.537	11.524	3.987	10.758	3.221	23.78
111	6.705	10.054	3.349	9.427	2.722	23.03
Humedad promedio (%)						23.35




% finos	91.06
Límite líquido	51.79

Límite plástico	23.35
-----------------	-------

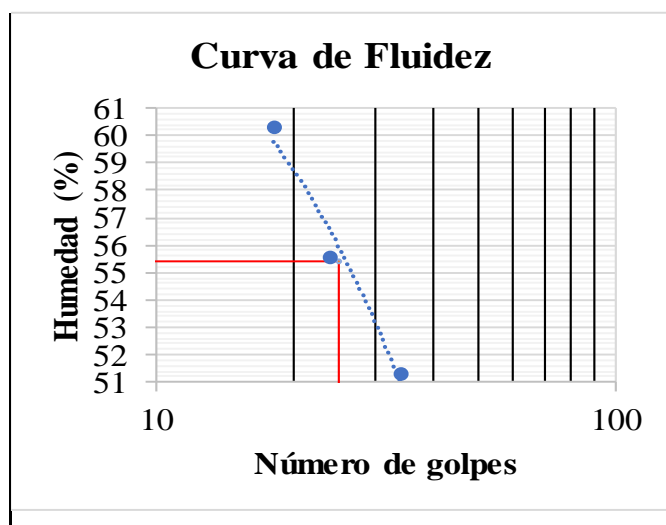
Índice de plasticidad	28.44
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	20	Sector: Los Cerezos	Coordenadas
Muestra N°:	32	Profundidad: 0.50 m	1372240,590 N 840468,235 E

Muestra 32 (Sondeo 20 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
9	5.083	13.394	8.311	10.577	5.494	34	51.27
5	5.233	13.761	8.528	10.715	5.482	24	55.56
2	5.099	14.517	9.418	10.973	5.874	18	60.33

Muestra 32 (Sondeo 20 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
57	5.160	8.421	3.261	7.817	2.657	22.73
59	5.004	8.070	3.066	7.510	2.506	22.35
62	5.117	8.811	3.694	8.136	3.019	22.36
Humedad promedio (%)						22.48




% finos	93.47
Límite líquido	55.43

Límite plástico	22.48
-----------------	-------

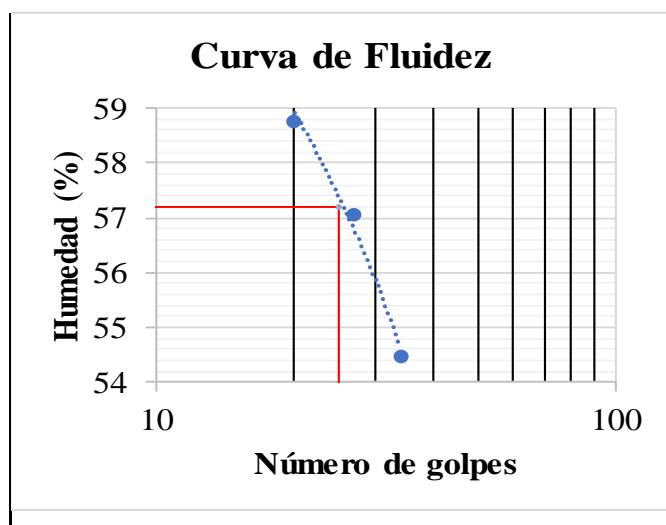
Índice de plasticidad	32.95
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	21	Sector: Los Cerezos	Coordenadas		1372249,809 N
Muestra N°:	33	Profundidad: 0.50 m			840468,268 E

Muestra 33 (Sondeo 21 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
16	4.904	14.865	9.961	11.352	6.448	34	54.48
13	5.096	15.127	10.031	11.483	6.387	27	57.05
11	5.115	13.550	8.435	10.428	5.313	20	58.76

Muestra 33 (Sondeo 21 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
36	5.036	9.848	4.812	8.912	3.876	24.15
37	5.113	9.486	4.373	8.624	3.511	24.55
38	5.038	9.100	4.062	8.313	3.275	24.03
Humedad promedio (%)						24.24




% finos	93.81
Límite líquido	57.19

Límite plástico	24.24
-----------------	-------

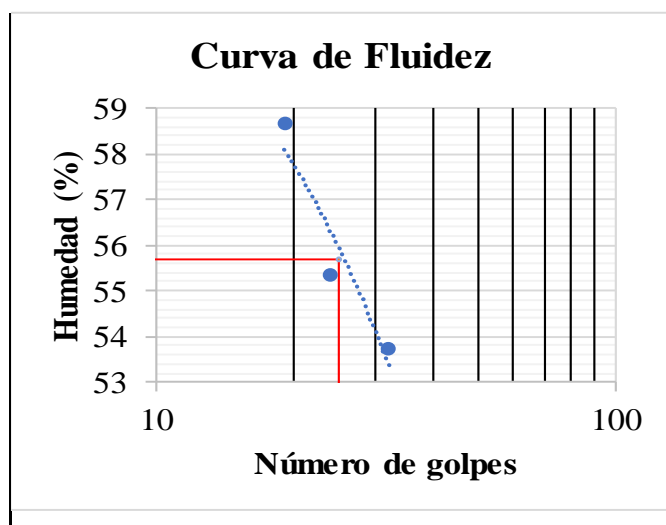
Índice de plasticidad	32.95
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	22	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372249,820 N		
Muestra N°:	34	Profundidad: 0.50 m	840465,204 E		

Muestra 34 (Sondeo 22 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
35	5.126	16.142	11.016	12.291	7.165	32	53.75
34	5.161	15.477	10.316	11.802	6.641	24	55.34
32	5.054	16.024	10.970	11.968	6.914	19	58.66

Muestra 34 (Sondeo 22 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
10	5.152	9.636	4.484	8.839	3.687	21.62
7	5.256	9.201	3.945	8.501	3.245	21.57
6	5.213	9.372	4.159	8.629	3.416	21.75
Humedad promedio (%)						21.65




% finos	91.28
Límite líquido	55.70

Límite plástico	21.65
-----------------	-------

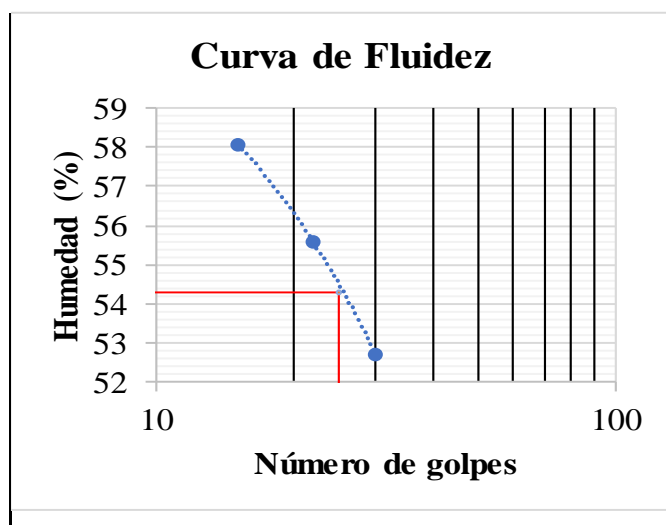
Índice de plasticidad	34.06
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 23	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372251,410 N	
Muestra N°: 35	Profundidad: 0.50 m	840449,892 E	

Muestra 35 (Sondeo 23 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
41	5.044	15.350	10.306	11.793	6.749	30	52.70
43	5.027	15.977	10.950	12.066	7.039	22	55.56
51	4.840	16.231	11.391	12.046	7.206	15	58.08

Muestra 35 (Sondeo 23 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
4	5.134	8.757	3.623	8.138	3.004	20.61
3	5.273	9.155	3.882	8.503	3.230	20.19
1	5.136	8.547	3.411	8.015	2.879	18.48
Humedad promedio (%)						19.76




% finos	89.51
Límite líquido	54.28

Límite plástico	19.76
-----------------	-------

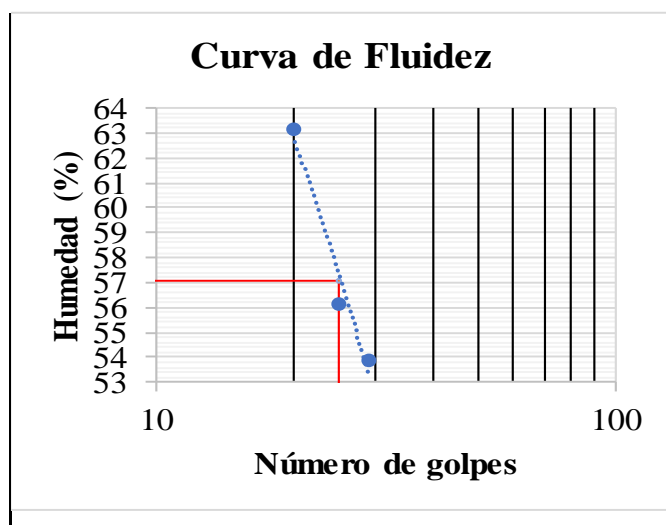
Índice de plasticidad	34.52
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	24	Sector: Los Cerezos	Coordenadas
Muestra N°:	36	Profundidad: 0.50 m	1372265,120 N 840483,639 E

Muestra 36 (Sondeo 24 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
29	5.160	17.451	12.291	13.146	7.986	29	53.91
39	5.223	17.192	11.969	12.888	7.665	25	56.15
42	5.047	14.390	9.343	10.773	5.726	20	63.17

Muestra 36 (Sondeo 24 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
12	5.136	9.033	3.897	8.351	3.215	21.21
30	5.155	8.852	3.697	8.223	3.068	20.50
31	5.112	8.668	3.556	8.077	2.965	19.93
Humedad promedio (%)						20.55




% finos	93.08
Límite líquido	57.11

Límite plástico	20.55
-----------------	-------

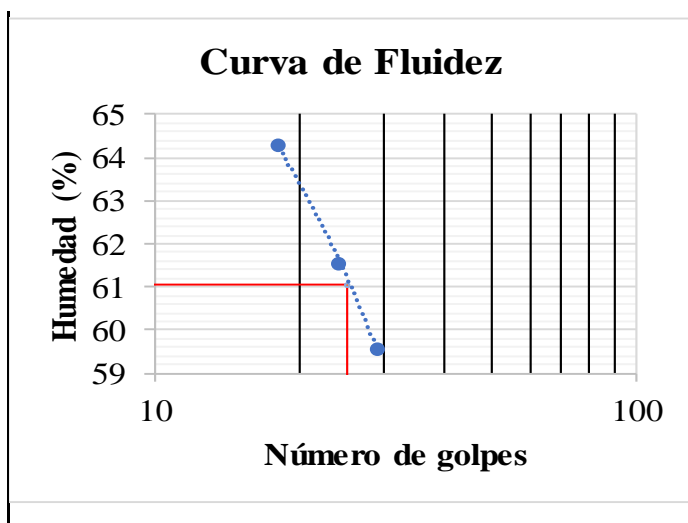
Índice de plasticidad	36.56
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	37	Profundidad: 0.50 m	1361286,749 N 844116,520 E

Muestra 37 (Sondeo 25 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
7	7.276	14.327	7.051	11.695	4.419	29	59.56
1	7.306	15.871	8.565	12.608	5.302	24	61.54
9	7.069	15.463	8.394	12.178	5.109	18	64.30

Muestra 37 (Sondeo 25 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
81	6.766	10.697	3.931	9.952	3.186	23.38
64	7.280	11.432	4.152	10.638	3.358	23.65
60	7.605	11.535	3.930	10.794	3.189	23.24
Humedad promedio (%)						23.42




% finos	92.35
Límite líquido	61.07

Límite plástico	23.42
-----------------	-------

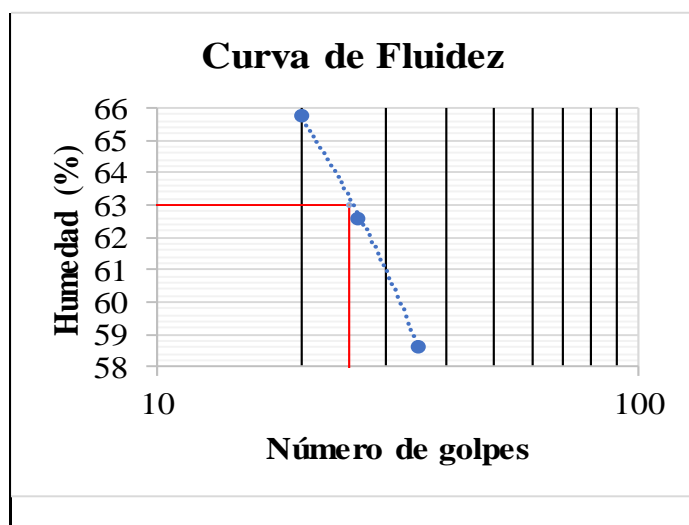
Índice de plasticidad	37.65
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	38	Profundidad: 0.50 m	1361286,749 N 844116,520 E

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	7.446	16.792	9.346	13.337	5.891	35	58.65
37	7.471	15.297	7.826	12.284	4.813	26	62.60
21	7.394	16.464	9.070	12.865	5.471	20	65.78

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
72	6.639	10.572	3.933	9.810	3.171	24.03
76	6.546	10.288	3.742	9.585	3.039	23.13
110	6.472	10.041	3.569	9.364	2.892	23.41
Humedad promedio (%)						23.52




% finos	94.86
Límite líquido	62.99

Límite plástico	23.52
-----------------	-------

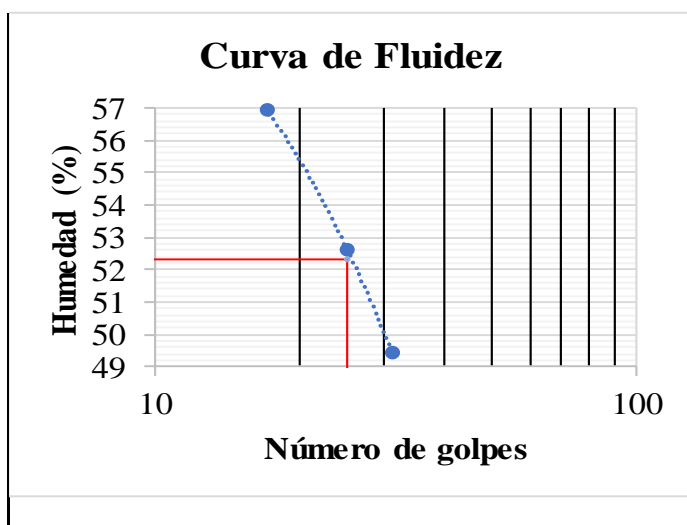
Índice de plasticidad	39.47
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	26	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	39	Profundidad: 0.50 m	1361297,478 N 844124,216 E

Muestra 39 (Sondeo 26 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
26	7.321	15.522	8.201	12.808	5.487	31	49.46
14	7.390	17.751	10.361	14.178	6.788	25	52.64
24	7.520	17.293	9.773	13.746	6.226	17	56.97

Muestra 39 (Sondeo 26 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
98	6.653	11.414	4.761	10.455	3.802	25.22
73	6.416	11.530	5.114	10.494	4.078	25.40
103	6.744	11.337	4.593	10.405	3.661	25.46
Humedad promedio (%)						25.36




% finos	89.61
Límite líquido	52.32

Límite plástico	25.36
-----------------	-------

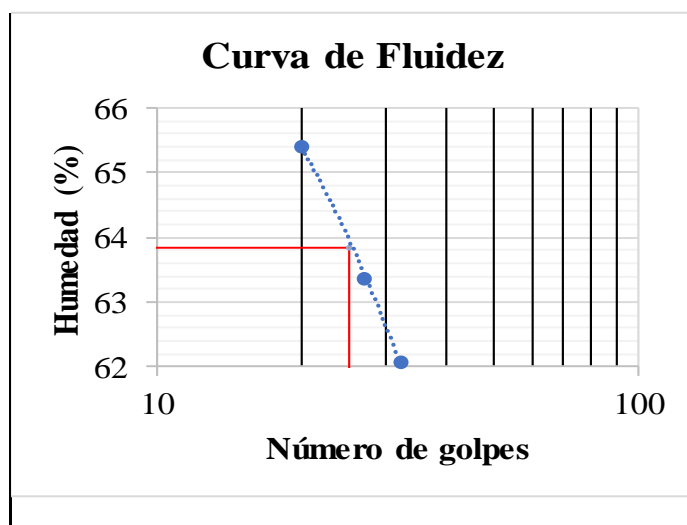
Índice de plasticidad	26.96
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	26	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	40	Profundidad: 0.50 m	1361297,478 N 844124,216 E

Muestra 40 (Sondeo 26 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
13	7.379	14.387	7.008	11.703	4.324	32	62.07
44	7.530	14.091	6.561	11.546	4.016	27	63.37
11	7.073	16.580	9.507	12.821	5.748	20	65.40

Muestra 40 (Sondeo 26 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
96	6.473	10.341	3.868	9.556	3.083	25.46
77	6.608	10.368	3.760	9.685	3.077	22.20
95	6.594	10.486	3.892	9.694	3.100	25.55
Humedad promedio (%)						24.40




% finos	94.41
Límite líquido	63.85

Límite plástico	24.40
-----------------	-------

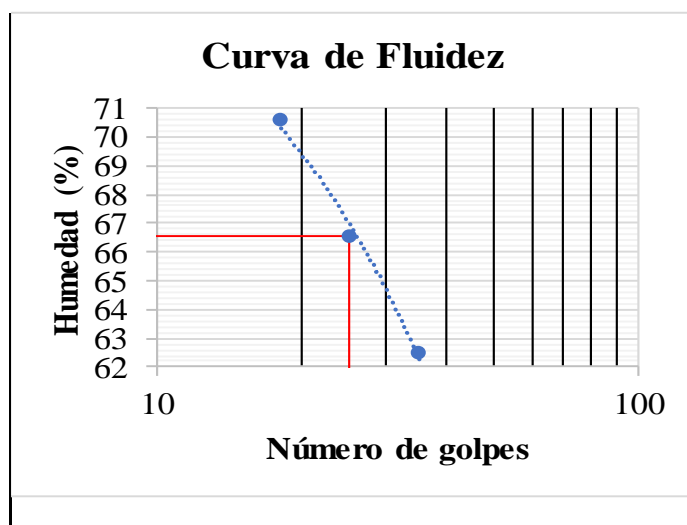
Índice de plasticidad	39.45
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	26	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas		
Muestra N°:	41	Profundidad: 0.50 m	1361297,478 N 844124,216 E		

Muestra 41 (Sondeo 26 Nivel 1.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
27	7.459	15.433	7.974	12.367	4.908	35	62.47
32	7.515	15.245	7.730	12.156	4.641	25	66.56
35	7.637	15.346	7.709	12.156	4.519	18	70.59

Muestra 41 (Sondeo 26 Nivel 1.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
67	6.464	10.394	3.930	9.594	3.130	25.56
75	6.626	10.310	3.684	9.572	2.946	25.05
107	6.613	10.206	3.593	9.507	2.894	24.15
Humedad promedio (%)						24.92




% finos	96.57
Límite líquido	66.57

Límite plástico	24.92
-----------------	-------

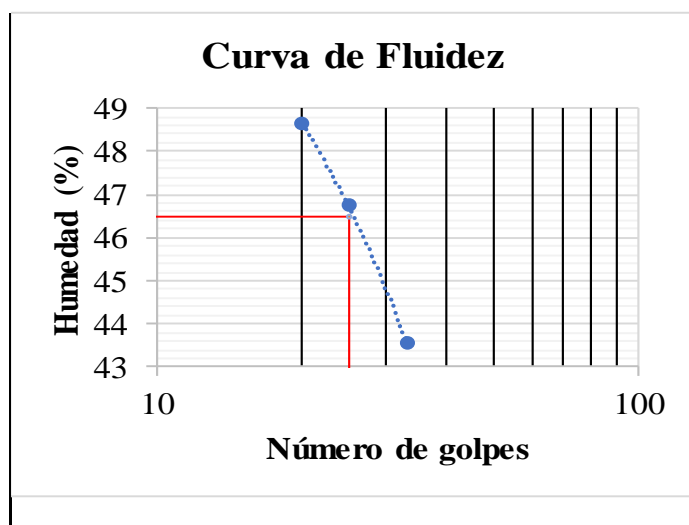
Índice de plasticidad	41.65
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO		
Localización: Cúcuta, Norte de Santander	Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 27	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361308,513 N
Muestra N°: 42	Profundidad: 0.50 m	844137,454 E

Muestra 42 (Sondeo 27 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
12	7.389	15.440	8.051	12.997	5.608	33	43.56
18	7.165	15.456	8.291	12.815	5.650	25	46.74
17	7.338	15.745	8.407	12.994	5.656	20	48.64

Muestra 42 (Sondeo 27 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
78	6.611	11.462	4.851	10.552	3.941	23.09
83	6.656	11.469	4.813	10.577	3.921	22.75
102	6.841	11.298	4.457	10.469	3.628	22.85
Humedad promedio (%)						22.90




% finos	92.17
Límite líquido	46.50

Límite plástico	22.90
-----------------	-------

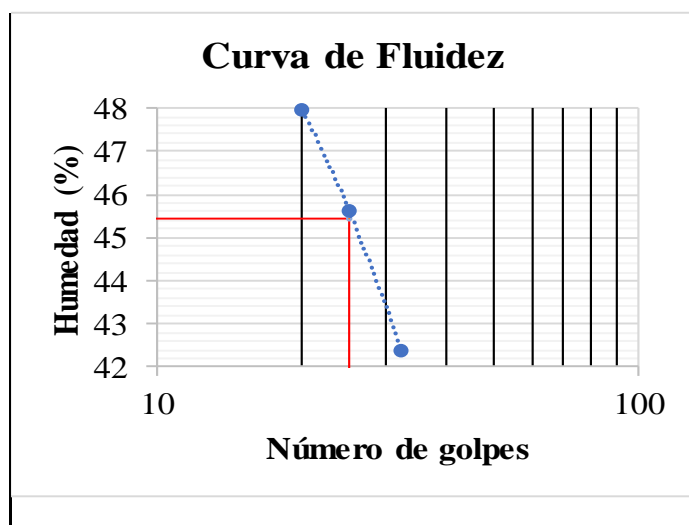
Índice de plasticidad	23.60
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	27	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	43	Profundidad: 0.50 m	1361308,513 N 844137,454 E

Muestra 43 (Sondeo 27 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
30	7.667	16.661	8.994	13.983	6.316	32	42.40
57	7.232	17.703	10.471	14.422	7.190	25	45.63
56	7.448	16.877	9.429	13.821	6.373	20	47.95

Muestra 43 (Sondeo 27 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
86	6.518	11.808	5.290	10.771	4.253	24.38
79	6.737	12.091	5.354	11.041	4.304	24.40
84	6.599	11.089	4.490	10.214	3.615	24.20
Humedad promedio (%)						24.33




% finos	95.49
Límite líquido	45.42

Límite plástico	24.33
-----------------	-------

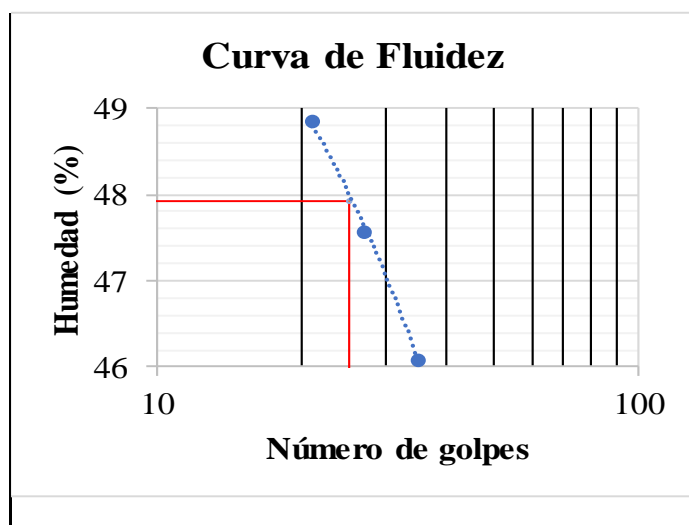
Índice de plasticidad	21.09
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 28	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361315,564 N	
Muestra N°: 44	Profundidad: 0.50 m	844137,454 E	

Muestra 44 (Sondeo 28 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
58	7.257	18.078	10.821	14.665	7.408	35	46.07
116	6.635	16.701	10.066	13.457	6.822	27	47.55
69	6.714	16.369	9.655	13.201	6.487	21	48.84

Muestra 44 (Sondeo 28 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
85	6.515	11.518	5.003	10.624	4.109	21.76
80	6.611	11.799	5.188	10.861	4.250	22.07
87	6.608	12.080	5.472	11.090	4.482	22.09
Humedad promedio (%)						21.97




% finos	88.29
Límite líquido	47.92

Límite plástico	21.97
-----------------	-------

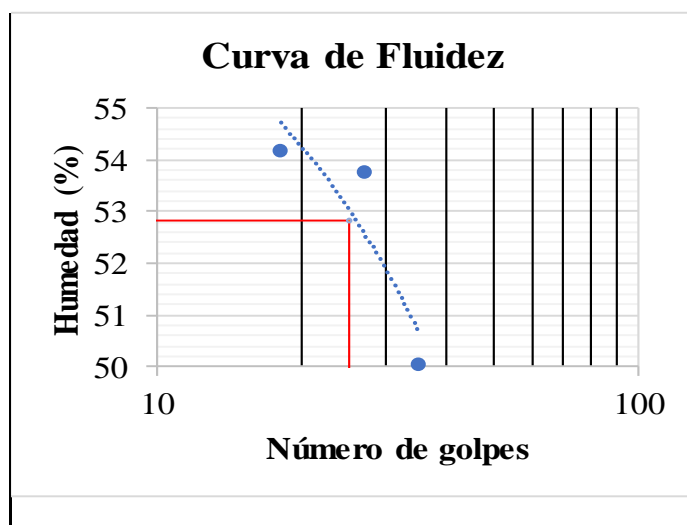
Índice de plasticidad	25.95
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°: 28	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas		1361315,564 N	
Muestra N°: 45	Profundidad: 0.50 m			844137,454 E	

Muestra 45 (Sondeo 28 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
68	7.333	17.192	9.859	13.904	6.571	35	50.04
93	6.769	13.534	6.765	11.169	4.400	27	53.75
111	6.698	15.763	9.065	12.578	5.880	18	54.17

Muestra 45 (Sondeo 28 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
114	6.637	11.609	4.972	10.668	4.031	23.34
112	6.536	11.424	4.888	10.492	3.956	23.56
99	6.666	11.773	5.107	10.817	4.151	23.03
Humedad promedio (%)						23.31




% finos	92.46
Límite líquido	52.81

Límite plástico	23.31
-----------------	-------

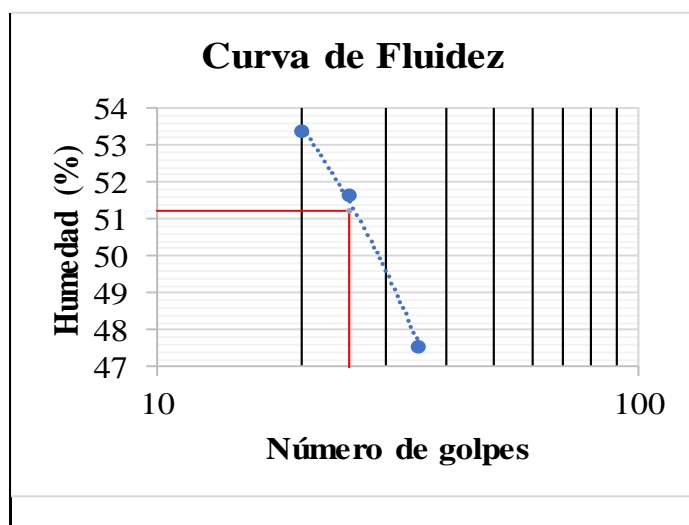
Índice de plasticidad	29.50
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361322,923 N	
Muestra N°: 46	Profundidad: 0.50 m	844142,382 E	

Muestra 46 (Sondeo 29 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
63	7.314	14.820	7.506	12.402	5.088	35	47.52
62	7.413	16.564	9.151	13.447	6.034	25	51.66
54	7.500	16.726	9.226	13.516	6.016	20	53.36

Muestra 46 (Sondeo 29 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
45	7.274	11.990	4.716	11.092	3.818	23.52
89	6.742	11.706	4.964	10.763	4.021	23.45
48	7.241	11.384	4.143	10.599	3.358	23.38
Humedad promedio (%)						23.45




% finos	90.35
Límite líquido	51.25

Límite plástico	23.45
-----------------	-------

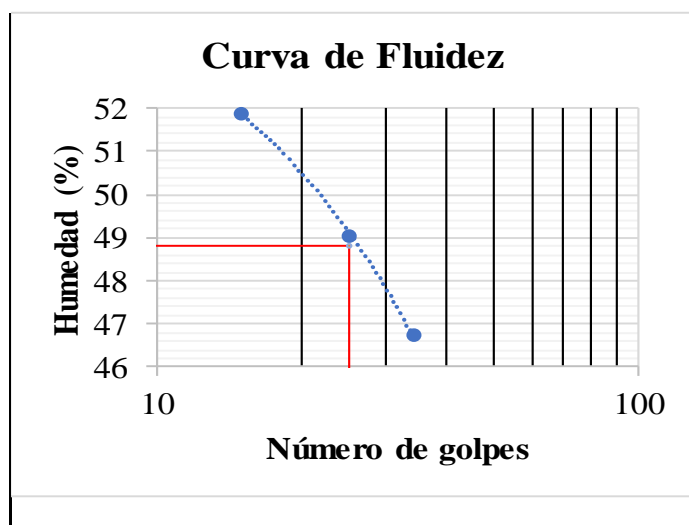
Índice de plasticidad	27.80
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361322,923 N	
Muestra N°: 47	Profundidad: 0.50 m	844142,382 E	

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
8	7.273	17.417	10.144	14.185	6.912	34	46.76
117	6.454	15.773	9.319	12.707	6.253	25	49.03
108	7.419	16.981	9.562	13.715	6.296	15	51.87

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
94	6.487	11.735	5.248	10.731	4.244	23.66
90	6.498	12.067	5.569	10.994	4.496	23.87
91	6.641	12.115	5.474	11.065	4.424	23.73
Humedad promedio (%)						23.75




% finos	90.40
Límite líquido	48.80

Límite plástico	23.75
-----------------	-------

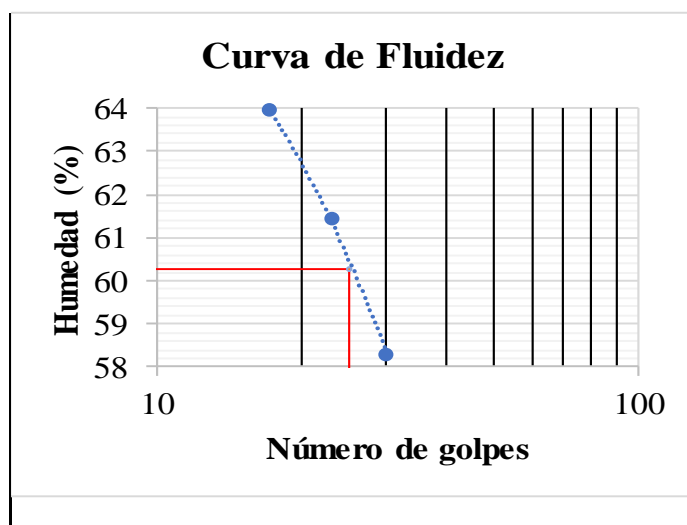
Índice de plasticidad	25.05
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 30	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361328,133 N	
Muestra N°: 48	Profundidad: 0.50 m	844146,689 E	

Muestra 48 (Sondeo 30 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
43	7.348	14.801	7.453	12.057	4.709	30	58.27
15	7.705	15.707	8.002	12.662	4.957	23	61.43
49	7.066	15.409	8.343	12.154	5.088	17	63.97

Muestra 48 (Sondeo 30 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
74	6.516	11.217	4.701	10.248	3.732	25.96
42	7.046	11.659	4.613	10.697	3.651	26.35
66	7.226	11.666	4.440	10.742	3.516	26.28
Humedad promedio (%)						26.20




% finos	86.89
Límite líquido	60.27

Límite plástico	26.20
-----------------	-------

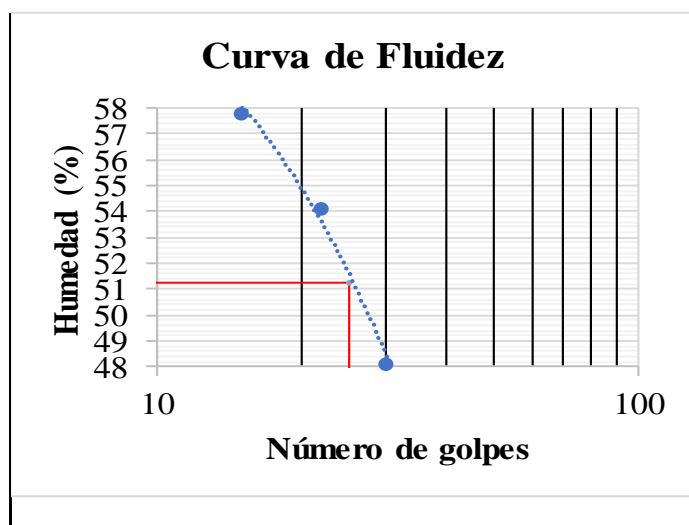
Índice de plasticidad	34.07
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	30	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361328,133 N
Muestra N°:	49	Profundidad: 0.50 m	844146,689 E

Muestra 49 (Sondeo 30 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
16	7.384	17.159	9.775	13.983	6.599	30	48.13
33	7.421	18.335	10.914	14.503	7.082	22	54.11
31	7.285	16.990	9.705	13.435	6.150	15	57.80

Muestra 49 (Sondeo 30 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
41	7.410	12.368	4.958	11.411	4.001	23.92
51	7.356	12.923	5.567	11.849	4.493	23.90
40	7.698	12.765	5.067	11.790	4.092	23.83
Humedad promedio (%)						23.88




% finos	91.14
Límite líquido	51.25

Límite plástico	23.88
-----------------	-------

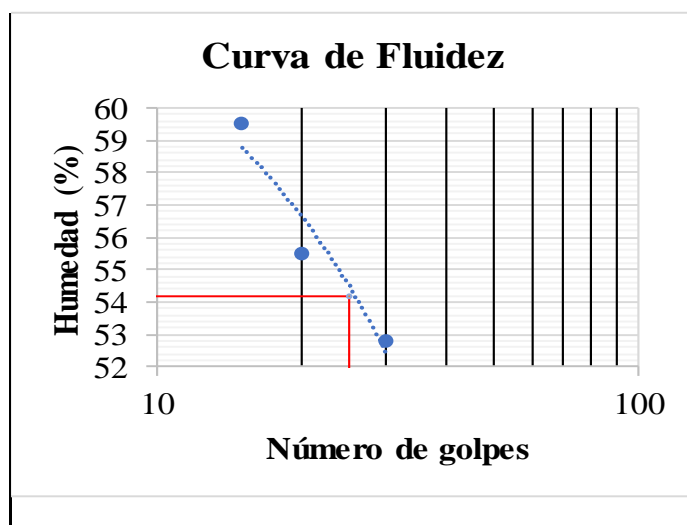
Índice de plasticidad	27.37
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	30	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361328,133 N
Muestra N°:	50	Profundidad: 0.50 m	844146,689 E

Muestra 50 (Sondeo 30 Nivel 1.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
23	7.253	17.871	10.618	14.203	6.950	30	52.78
22	7.475	15.796	8.321	12.826	5.351	20	55.50
28	7.196	16.853	9.657	13.250	6.054	15	59.51

Muestra 50 (Sondeo 30 Nivel 1.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
105	6.5	10.548	4.038	9.758	3.248	24.32
115	6.7	10.406	3.697	9.690	2.981	24.02
97	6.7	10.701	3.990	9.926	3.215	24.11
Humedad promedio (%)						24.15




% finos	88.09
Límite líquido	54.18

Límite plástico	24.15
-----------------	-------

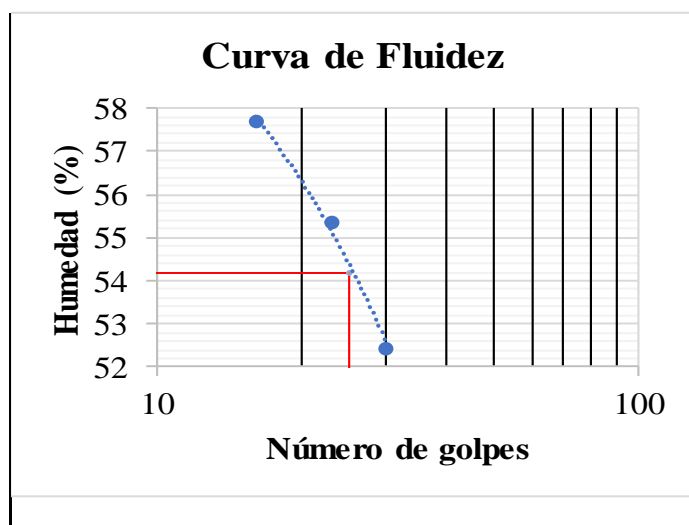
Índice de plasticidad	30.03
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
1	7.309	13.775	6.466	11.551	4.242	30	52.43
7	7.265	15.110	7.845	12.315	5.050	23	55.35
8	7.268	16.020	8.752	12.818	5.550	16	57.69

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
16	7.375	13.389	6.014	12.297	4.922	22.19
15	7.693	13.588	5.895	12.505	4.812	22.51
17	7.332	13.251	5.919	12.169	4.837	22.37
Humedad promedio (%)						22.35




% finos	91.52
Límite líquido	54.20

Límite plástico	22.35
-----------------	-------

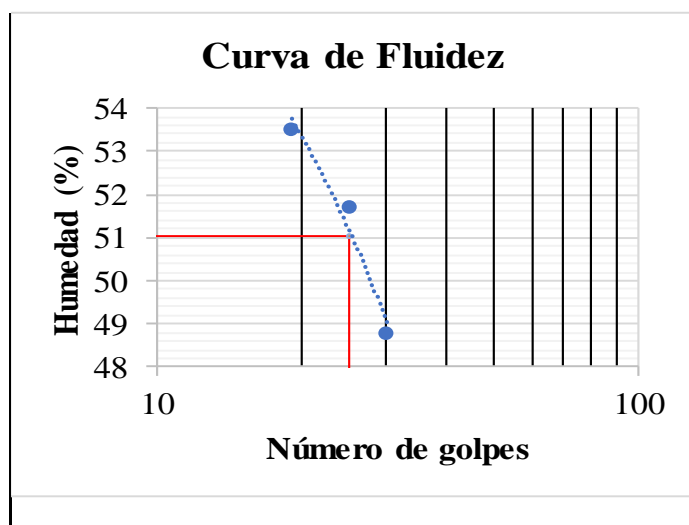
Índice de plasticidad	31.85
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	52	Profundidad: 0.50 m	1361326,566 N 844155,570 E

Muestra 52 (Sondeo 31 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	7.388	14.563	7.175	12.211	4.823	30	48.77
42	7.040	14.574	7.534	12.006	4.966	25	51.71
32	7.515	18.205	10.690	14.479	6.964	19	53.50

Muestra 52 (Sondeo 31 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
93	6.567	12.703	6.136	11.570	5.003	22.65
60	7.600	13.912	6.312	12.736	5.136	22.90
30	7.656	14.009	6.353	12.840	5.184	22.55
Humedad promedio (%)						22.70




% finos	94.30
Límite líquido	51.02

Límite plástico	22.70
-----------------	-------

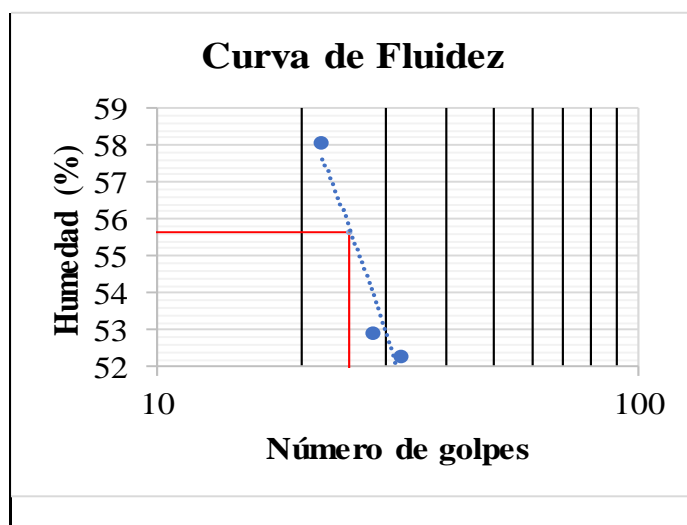
Índice de plasticidad	28.32
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	32	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361320,743 N
Muestra N°:	53	Profundidad: 0.50 m	844150,954 E

Muestra 53 (Sondeo 32 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
91	6.633	14.503	7.870	11.801	5.168	32	52.28
84	6.599	13.571	6.972	11.159	4.560	28	52.89
21	7.383	14.294	6.911	11.755	4.372	22	58.07

Muestra 53 (Sondeo 32 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
90	6.493	12.068	5.575	11.069	4.576	21.83
97	6.701	12.158	5.457	11.176	4.475	21.94
56	7.447	12.620	5.173	11.715	4.268	21.20
Humedad promedio (%)						21.66




% finos	94.62
Límite líquido	55.67

Límite plástico	21.66
-----------------	-------

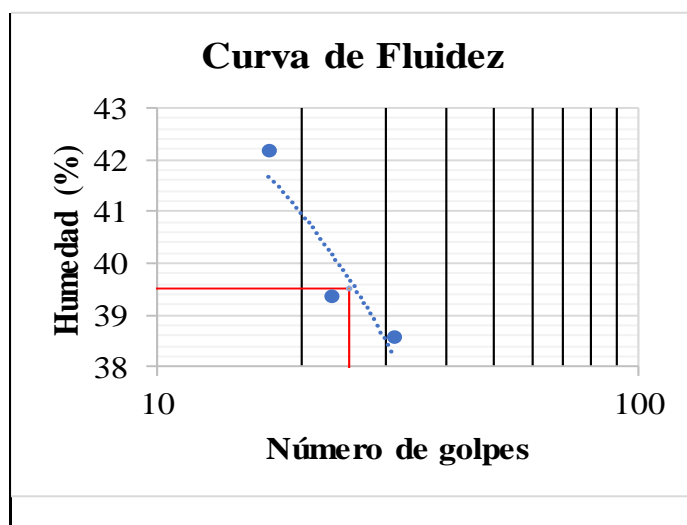
Índice de plasticidad	34.01
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	32	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	54	Profundidad: 0.50 m	1361320,743 N 844150,954 E

Muestra 54 (Sondeo 32 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
48	7.239	16.206	8.967	13.710	6.471	31	38.57
79	6.735	16.304	9.569	13.601	6.866	23	39.37
27	7.445	16.070	8.625	13.512	6.067	17	42.16

Muestra 54 (Sondeo 32 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
96	6.473	12.138	5.665	11.227	4.754	19.16
68	7.328	12.973	5.645	12.060	4.732	19.29
69	6.723	12.431	5.708	11.497	4.774	19.56
Humedad promedio (%)						19.34




% finos	95.99
Límite líquido	39.53

Límite plástico	19.34
-----------------	-------

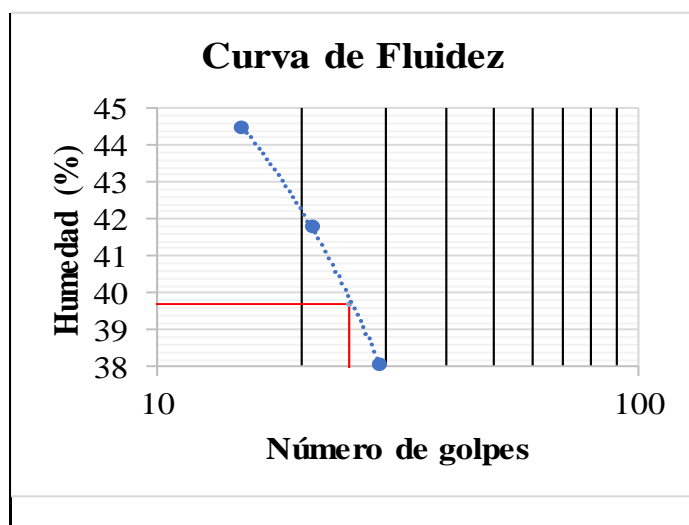
Índice de plasticidad	20.19
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	12

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	32	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361320,743 N
Muestra N°:	55	Profundidad: 0.50 m	844150,954 E

Muestra 55 (Sondeo 32 Nivel 1.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
77	6.606	16.259	9.653	13.598	6.992	29	38.06
43	7.341	15.669	8.328	13.215	5.874	21	41.78
24	7.514	14.532	7.018	12.372	4.858	15	44.46

Muestra 55 (Sondeo 32 Nivel 1.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
57	7.227	12.886	5.659	11.984	4.757	18.96
49	7.053	12.699	5.646	11.791	4.738	19.16
74	6.506	12.377	5.871	11.443	4.937	18.92
Humedad promedio (%)						19.01




% finos	93.60
Límite líquido	39.70

Límite plástico	19.01
-----------------	-------

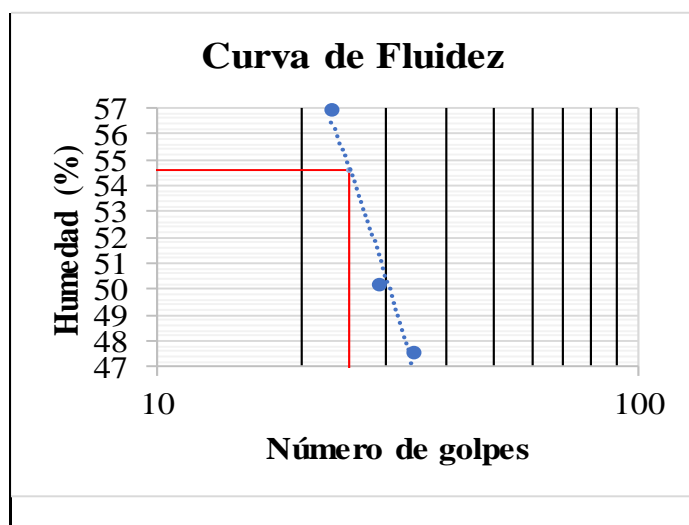
Índice de plasticidad	20.68
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	12

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	33	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	56	Profundidad: 0.50 m	1361317,610 N 844146,950 E

Muestra 56 (Sondeo 33 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
37	7.436	14.793	7.357	12.423	4.987	34	47.52
28	7.179	14.427	7.248	12.004	4.825	29	50.22
73	6.409	13.177	6.768	10.721	4.312	23	56.96

Muestra 56 (Sondeo 33 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
14	7.375	13.304	5.929	12.266	4.891	21.22
40	7.694	14.104	6.410	13.004	5.310	20.72
85	6.517	12.148	5.631	11.190	4.673	20.50
Humedad promedio (%)						20.81




% finos	93.48
Límite líquido	54.61

Límite plástico	20.81
-----------------	-------

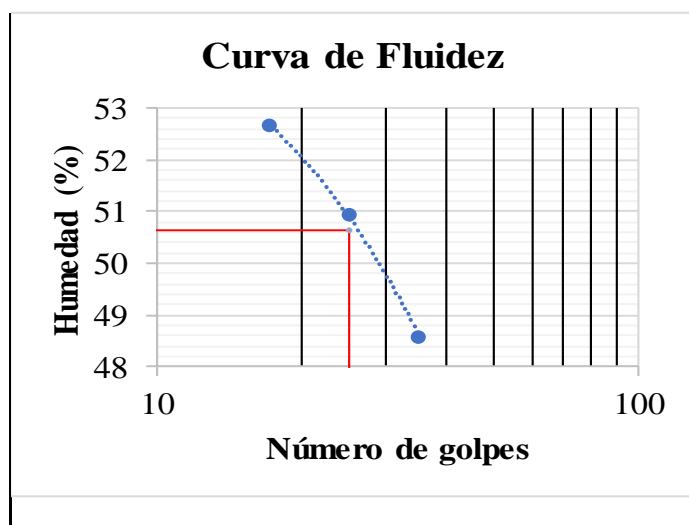
Índice de plasticidad	33.79
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	33	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	57	Profundidad: 0.50 m	1361317,610 N 844146,950 E

Muestra 57 (Sondeo 33 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
11	7.052	13.942	6.890	11.689	4.637	35	48.59
33	7.417	15.777	8.360	12.955	5.538	25	50.96
89	6.735	15.222	8.487	12.294	5.559	17	52.67

Muestra 57 (Sondeo 33 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
13	7.373	13.458	6.085	12.369	4.996	21.80
95	6.598	11.814	5.216	10.898	4.300	21.30
94	6.481	11.875	5.394	10.953	4.472	20.62
Humedad promedio (%)						21.24




% finos	89.64
Límite líquido	50.65

Límite plástico	21.24
-----------------	-------

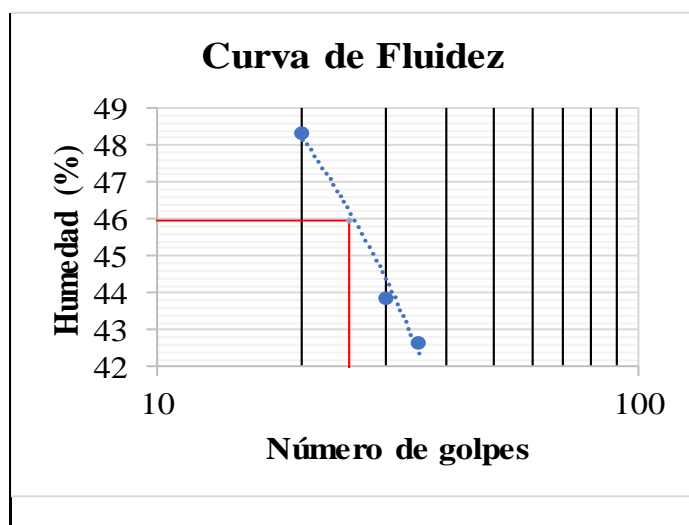
Índice de plasticidad	29.41
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	33	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	58	Profundidad: 0.50 m	1361317,610 N 844146,950 E

Muestra 58 (Sondeo 33 Nivel 1.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
64	7.276	15.534	8.258	13.064	5.788	35	42.67
99	6.669	15.210	8.541	12.605	5.936	30	43.88
12	7.388	13.826	6.438	11.729	4.341	20	48.31

Muestra 58 (Sondeo 33 Nivel 1.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
67	6.462	12.026	5.564	11.169	4.707	18.21
86	6.514	12.042	5.528	11.206	4.692	17.82
75	6.622	12.800	6.178	11.823	5.201	18.78
Humedad promedio (%)						18.27




% finos	86.00
Límite líquido	45.96

Límite plástico	18.27
-----------------	-------

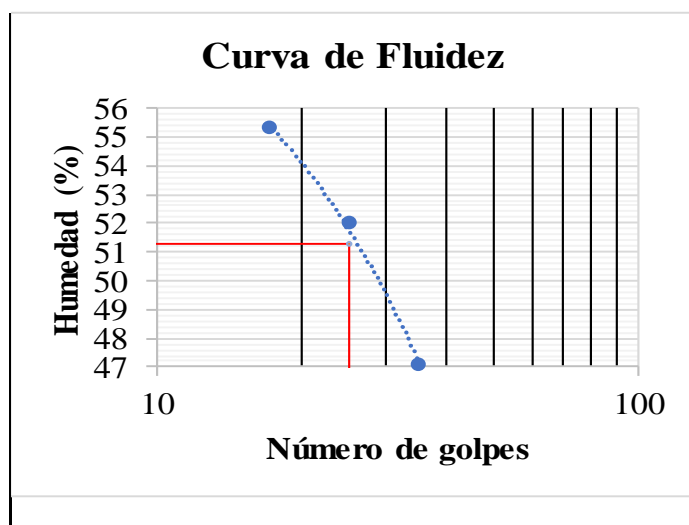
Índice de plasticidad	27.69
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	34	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	59	Profundidad: 0.50 m	1361308,174 N 844142,025 E

Muestra 59 (Sondeo 34 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
76	6.547	15.018	8.471	12.306	5.759	35	47.09
78	6.590	14.956	8.366	12.094	5.504	25	52.00
87	6.602	12.672	6.070	10.510	3.908	17	55.32

Muestra 59 (Sondeo 34 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
102	6.811	13.779	6.968	12.523	5.712	21.99
66	7.214	13.675	6.461	12.480	5.266	22.69
62	7.405	14.195	6.790	12.972	5.567	21.97
Humedad promedio (%)						22.22




% finos	89.74
Límite líquido	51.29

Límite plástico	22.22
-----------------	-------

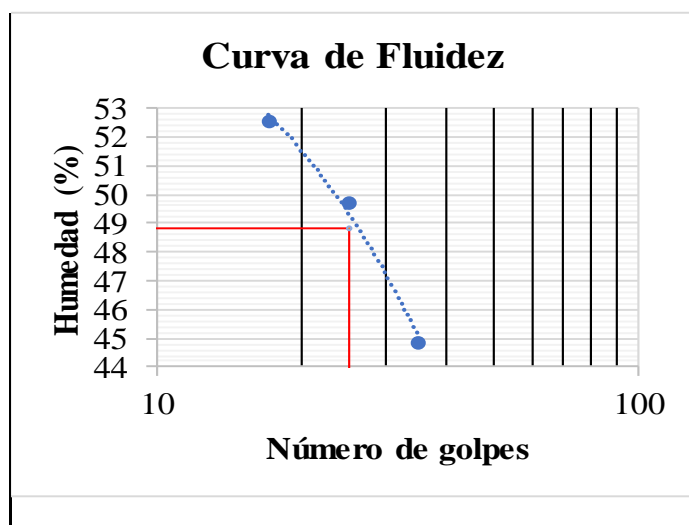
Índice de plasticidad	29.07
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	11

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	34	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361308,174 N
Muestra N°:	60	Profundidad: 0.50 m	844142,025 E

Muestra 60 (Sondeo 34 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
18	7.130	16.722	9.592	13.753	6.623	35	44.83
83	6.651	15.899	9.248	12.829	6.178	25	49.69
98	6.652	14.918	8.266	12.070	5.418	17	52.57

Muestra 60 (Sondeo 34 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
22	7.456	12.515	5.059	11.702	4.246	19.15
35	7.632	13.208	5.576	12.299	4.667	19.48
9	7.059	12.180	5.121	11.331	4.272	19.87
Humedad promedio (%)						19.50




% finos	83.09
Límite líquido	48.85

Límite plástico	19.50
-----------------	-------

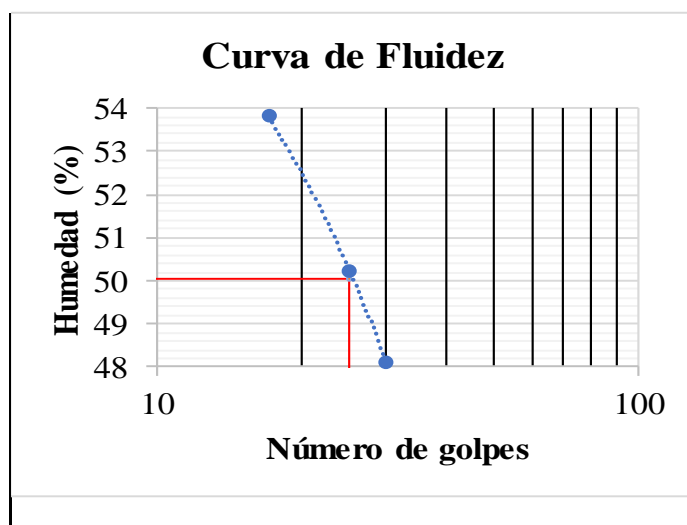
Índice de plasticidad	29.36
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	10

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	35	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas
Muestra N°:	61	Profundidad: 0.50 m	1361300,816 N 844136,791 E

Muestra 61 (Sondeo 35 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
31	7.275	17.681	10.406	14.300	7.025	30	48.13
44	7.524	15.937	8.413	13.125	5.601	25	50.21
26	7.304	14.790	7.486	12.171	4.867	17	53.81

Muestra 61 (Sondeo 35 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
45	7.266	13.309	6.043	12.226	4.960	21.83
23	7.240	13.307	6.067	12.222	4.982	21.78
51	7.348	13.181	5.833	12.126	4.778	22.08
Humedad promedio (%)						21.90




% finos	88.89
Límite líquido	50.04

Límite plástico	21.90
-----------------	-------

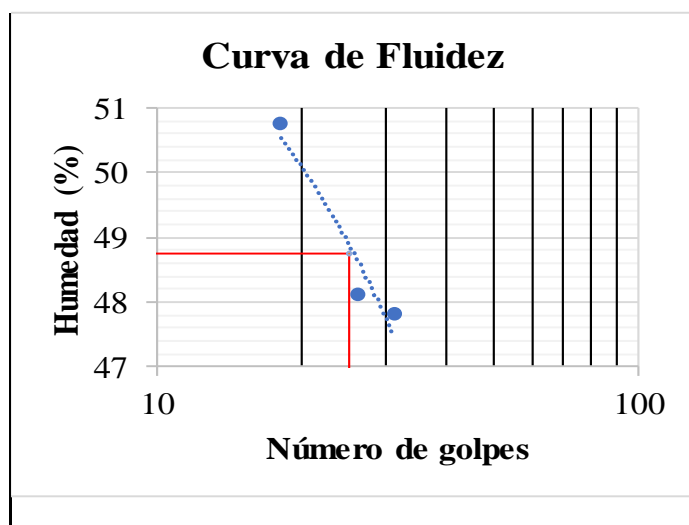
Índice de plasticidad	28.15
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	10

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO	
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	35	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361300,816 N
Muestra N°:	62	Profundidad: 0.50 m	844136,791 E

Muestra 62 (Sondeo 35 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
80	6.607	17.960	11.353	14.287	7.680	31	47.83
54	7.489	17.937	10.448	14.543	7.054	26	48.11
81	6.762	16.275	9.513	13.072	6.310	18	50.76

Muestra 62 (Sondeo 35 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
41	7.405	13.268	5.863	12.232	4.827	21.46
72	6.635	12.383	5.748	11.360	4.725	21.65
63	7.311	12.859	5.548	11.888	4.577	21.21
Humedad promedio (%)						21.44




% finos	87.52
Límite líquido	48.76

Límite plástico	21.44
-----------------	-------

Índice de plasticidad	27.32
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	9

Anexo 5. Granulometría - Hidrómetro

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada MinEducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
--	--

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	1	MUESTRA No. :	1
PROFUNDIDAD :	0.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.							TABLA			
Oct.04-19	9:09am	0.5	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	16.20000	0.0126	0.050714022
		1	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	8.30000	0.0126	0.036300248
		2	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	4.15000	0.0126	0.025668151
		4	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	2.10000	0.0126	0.018259135
		8	30	46.2	3.80	47.00	95.88	48	8.40	1.05000	0.0126	0.012911158
		15	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	0.56000	0.0126	0.009428977
		30	30	45.2	3.80	46.00	93.84	47	8.60	0.28667	0.0126	0.006746199
		45	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.19111	0.0126	0.005508248
		60	30	43.5	3.80	44.30	90.37	45	8.90	0.14833	0.0126	0.004852772
		90	30	41.5	3.80	42.30	86.29	43	9.20	0.10222	0.0126	0.004028498
		120	30	39.5	3.80	40.30	82.21	41	9.60	0.08000	0.0126	0.003563818
Oct.05-19	8:05am	1376	30	29.0	3.80	29.80	60.79	31	11.20	0.00814	0.0126	0.001136764
Oct.05-19	2:34pm	1765	30	27.0	3.80	27.80	56.71	29	11.50	0.00652	0.0126	0.001017061
											% particulas < 2μ	68,411

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
--	--

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	1	MUESTRA No. :	2
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		


HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.04-19	9:46am	0.5	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	15.60000	0.0126	0.049766012
		1	30	49.8	3.80	50.60	103.22	52	7.80	7.80000	0.0126	0.035189885
		2	30	49.8	3.80	50.60	103.22	52	7.80	3.90000	0.0126	0.024883006
		4	30	49.0	3.80	49.80	101.59	51	7.90	1.97500	0.0126	0.017707371
		8	30	48.5	3.80	49.30	100.57	50	8.10	1.01250	0.0126	0.012678505
		15	30	48.5	3.80	49.30	100.57	50	8.10	0.54000	0.0126	0.009259071
		30	30	45.2	3.80	46.00	93.84	47	8.60	0.28667	0.0126	0.006746199
		45	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.19111	0.0126	0.005508248
		60	30	43.5	3.80	44.30	90.37	45	8.90	0.14833	0.0126	0.004852772
		90	30	41.5	3.80	42.30	86.29	43	9.20	0.10222	0.0126	0.004028498
		120	30	39.5	3.80	40.30	82.21	41	9.60	0.08000	0.0126	0.003563818
Oct.05-19	8:07am	1341	30	29.0	3.80	29.80	60.79	31	11.20	0.00835	0.0126	0.001151503
Oct.05-19	2:36pm	1730	30	27.0	3.80	27.80	56.71	29	11.50	0.00665	0.0126	0.001027298

% particulas < 2μ

68.326

RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	1	MUESTRA No. :	3
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L	L/T	K	D mm
									TABLA		TABLA	
Oct.04-19	10:42am	0.5	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	16.20000	0.0126	0.050714022
		1	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	8.30000	0.0126	0.036300248
		2	30	47.2	3.80	48.00	97.92	49	8.30	4.15000	0.0126	0.025668151
		4	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	2.07500	0.0126	0.018150124
		8	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	1.03750	0.0126	0.012834076
		15	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	0.55333	0.0126	0.009372684
		30	30	46.2	3.80	47.00	95.88	48	8.40	0.28000	0.0126	0.006667293
		45	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.19111	0.0126	0.005508248
		60	30	43.2	3.80	44.00	89.76	45	8.90	0.14833	0.0126	0.004852772
		90	30	41.0	3.80	41.80	85.27	43	9.20	0.10222	0.0126	0.004028498
		120	30	39.5	3.80	40.30	82.21	41	9.60	0.08000	0.0126	0.003563818
Oct.05-19	8:10am	1288	30	30.0	3.80	30.80	62.83	32	11.10	0.00862	0.0126	0.001169699
Oct.05-19	2:38pm	1676	30	27.5	3.80	28.30	57.73	29	11.50	0.00686	0.0126	0.001043716
										% particulas < 2µ		69.553
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
--	--

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	1	MUESTRA No. :	4
PROFUNDIDAD :	1.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.04-19	11:02am	0.5	30	49.0	3.80	49.80	101.59	51	7.90	15.80000	0.0126	0.050084009
		1	30	48.5	3.80	49.30	100.57	50	8.10	8.10000	0.0126	0.035860229
		2	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	4.05000	0.0126	0.025357011
		4	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	2.02500	0.0126	0.017930114
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	1.01250	0.0126	0.012678505
		15	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	0.54000	0.0126	0.009259071
		30	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	0.27667	0.0126	0.006627488
		45	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.19111	0.0126	0.005508248
		60	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.14667	0.0126	0.004825433
		90	30	42.0	3.80	42.80	87.31	44	9.10	0.10111	0.0126	0.004006545
		120	30	40.5	3.80	41.30	84.25	42	9.40	0.07833	0.0126	0.003526500
Oct.05-19	8:12am	1210	30	31.0	3.80	31.80	64.87	33	10.90	0.00901	0.0126	0.001195890
Oct.05-19	2:40pm	1658	30	29.0	3.80	29.80	60.79	31	11.20	0.00676	0.0126	0.001035589

										% particulas < 2μ		71.559
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T					



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias			
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	2	MUESTRA No. : 5
PROFUNDIDAD :	0.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León	


HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm	
									TABLA				
Oct.04-19	11:22am	0.5	30	51.5	3.80	52.30	106.69	53	7.60	15.20000	0.0126	0.049123843	
		1	30	51.2	3.80	52.00	106.08	53	7.60	7.60000	0.0126	0.034735803	
		2	30	51.2	3.80	52.00	106.08	53	7.60	3.80000	0.0126	0.024561922	
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	1.95000	0.0126	0.017594942	
		8	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	0.97500	0.0126	0.012441503	
		15	30	50.0	3.80	50.80	103.63	52	7.80	0.52000	0.0126	0.009085989	
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	0.27667	0.0126	0.006627488	
		45	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	0.18667	0.0126	0.005443822	
		60	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.14333	0.0126	0.004770283	
		90	30	43.0	3.80	43.80	89.35	45	8.90	0.09889	0.0126	0.003962272	
		120	30	41.0	3.80	41.80	85.27	43	9.20	0.07667	0.0126	0.003488782	
Oct.05-19	8:14am	1252	30	32.0	3.80	32.80	66.91	34	10.70	0.00855	0.0126	0.001164824	
Oct.05-19	2:40pm	1638	30	30.0	3.80	30.80	62.83	32	11.10	0.00678	0.0126	0.001037230	
											% particulas < 2μ		73.510

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	2	MUESTRA No. :	6
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D mm
									TABLA		TABLA	
Oct.04-19	9:21am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.95000	0.0128	0.012475897
		15	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.50667	0.0128	0.009111107
		30	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.26000	0.0128	0.006526745
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.13500	0.0128	0.004703020
		90	30	46.0	3.80	46.80	97.34	48	8.40	0.09333	0.0128	0.003910465
		120	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.07167	0.0128	0.003426641
Oct.05-19	7:55pm	806	30	37.0	3.80	37.80	78.62	39	9.90	0.01228	0.0128	0.001418600
Oct.05-19	9:50am	1641	30	35.0	3.80	35.80	74.46	37	10.20	0.00622	0.0128	0.001009150
											% particulas < 2μ	83.442

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias			
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	2	MUESTRA No. : 8
PROFUNDIDAD :	1.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm	
		MIN.							TABLA				
Oct.04-19	12:04pm	0.5	30	51.5	3.80	52.30	106.69	53	7.60	15.20000	0.0126	0.049123843	
		1	30	51.2	3.80	52.00	106.08	53	7.60	7.60000	0.0126	0.034735803	
		2	30	51.2	3.80	52.00	106.08	53	7.60	3.80000	0.0126	0.024561922	
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	1.95000	0.0126	0.017594942	
		8	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	0.97500	0.0126	0.012441503	
		15	30	50.0	3.80	50.80	103.63	52	7.80	0.52000	0.0126	0.009085989	
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	0.27667	0.0126	0.006627488	
		45	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	0.18667	0.0126	0.005443822	
		60	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.14333	0.0126	0.004770283	
		90	30	43.0	3.80	43.80	89.35	45	8.90	0.09889	0.0126	0.003962272	
		120	30	41.0	3.80	41.80	85.27	43	9.20	0.07667	0.0126	0.003488782	
Oct.05-19	8:16am	1212	30	32.0	3.80	32.80	66.91	34	10.70	0.00883	0.0126	0.001183889	
Oct.05-19	2:44pm	1600	30	30.0	3.80	30.80	62.83	32	11.10	0.00694	0.0126	0.001049475	
											% particulas < 2μ		73.413
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T						



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUEN°	3	MUESTRA No. :	9
PROFUNDIDAD :	0.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		


HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D mm
									TABLA		TABLA	
Oct.04-19	1:57pm	0.5	30	51.5	3.80	52.30	106.69	53	7.60	15.20000	0.0126	0.049123843
		1	30	51.2	3.80	52.00	106.08	53	7.60	7.60000	0.0126	0.034735803
		2	30	51.2	3.80	52.00	106.08	53	7.60	3.80000	0.0126	0.024561922
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	1.95000	0.0126	0.017594942
		8	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	0.97500	0.0126	0.012441503
		15	30	50.0	3.80	50.80	103.63	52	7.80	0.52000	0.0126	0.009085989
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	0.27667	0.0126	0.006627488
		45	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	0.18667	0.0126	0.005443822
		60	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.14333	0.0126	0.004770283
		90	30	43.0	3.80	43.80	89.35	45	8.90	0.09889	0.0126	0.003962272
		120	30	41.0	3.80	41.80	85.27	43	9.20	0.07667	0.0126	0.003488782
Oct.05-19	8:24am	1107	30	32.0	3.80	32.80	66.91	34	10.70	0.00967	0.0126	0.001238764
Oct.05-19	2:45pm	1488	30	30.0	3.80	30.80	62.83	32	11.10	0.00746	0.0126	0.001088255
									% particulas < 2μ			73.124

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
---	---

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO
--

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	3	MUESTRA No. :	10
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
									TABLA			
Oct.04-19	2:05pm	0.5	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	16.20000	0.0126	0.050714022
		1	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	8.30000	0.0126	0.036300248
		2	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	4.15000	0.0126	0.025668151
		4	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	2.10000	0.0126	0.018259135
		8	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	1.05000	0.0126	0.012911158
		15	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	0.56000	0.0126	0.009428977
		30	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.29333	0.0126	0.006824192
		45	30	43.5	3.80	44.30	90.37	45	8.90	0.19778	0.0126	0.005603499
		60	30	41.0	3.80	41.80	85.27	43	9.20	0.15333	0.0126	0.004933883
		90	30	39.0	3.80	39.80	81.19	41	9.60	0.10667	0.0126	0.004115143
		120	30	35.0	3.80	35.80	73.03	37	10.20	0.08500	0.0126	0.003673500
Oct.05-19	8:26am	1101	30	32.0	3.80	32.80	66.91	34	10.70	0.00972	0.0126	0.001242135
Oct.05-19	2:47pm	1482	30	30.0	3.80	30.80	62.83	32	11.10	0.00749	0.0126	0.001090455
										% particulas < 2µ		68.820

RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias			
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	3	MUESTRA No. : 11
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D mm
									TABLA		TABLA	
Oct.07-19	2:10pm	0.5	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	16.20000	0.0126	0.050714022
		1	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	8.30000	0.0126	0.036300248
		2	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	4.15000	0.0126	0.025668151
		4	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	2.10000	0.0126	0.018259135
		8	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	1.05000	0.0126	0.012911158
		15	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	0.56000	0.0126	0.009428977
		30	30	45.5	3.80	46.30	94.45	47	8.60	0.28667	0.0126	0.006746199
		45	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.19111	0.0126	0.005508248
		60	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.14667	0.0126	0.004825433
		90	30	40.0	3.80	40.80	83.23	42	9.40	0.10444	0.0126	0.004072051
		120	30	39.5	3.80	40.30	82.21	41	9.60	0.08000	0.0126	0.003563818
Oct.08-19	8:28am	1098	30	39.0	3.80	39.80	81.19	41	9.60	0.00874	0.0126	0.001178162
Oct.08-19	2:50pm	1480	30	37.0	3.80	37.80	77.11	39	9.90	0.00669	0.0126	0.001030522
										% particulas < 2μ		81.543

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias			
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUEN°	3	MUESTRA No. : 12
PROFUNDIDAD :	1.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.							TABLA			
Oct.07-19	2:20pm	0.5	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	15.60000	0.0126	0.049766012
		1	30	50.0	3.80	50.80	103.63	52	7.80	7.80000	0.0126	0.035189885
		2	30	50.0	3.80	50.80	103.63	52	7.80	3.90000	0.0126	0.024883006
		4	30	49.5	3.80	50.30	102.61	51	7.90	1.97500	0.0126	0.017707371
		8	30	49.0	3.80	49.80	101.59	51	7.90	0.98750	0.0126	0.012521002
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.59	51	7.90	0.52667	0.0126	0.009144047
		30	30	48.5	3.80	49.30	100.57	50	8.10	0.27000	0.0126	0.006547152
		45	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	0.18000	0.0126	0.005345727
		60	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	0.13500	0.0126	0.004629536
		90	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	0.09222	0.0126	0.003826382
		120	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.07333	0.0126	0.003412096
Oct.08-19	8:40am	1100	30	40.0	3.80	40.80	83.23	42	9.40	0.00855	0.0126	0.001164765
Oct.08-19	3:12pm	1492	30	37.0	3.80	37.80	77.11	39	9.90	0.00664	0.0126	0.001026369
											% particulas < 2μ	86.265

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	4	MUESTRA No. :	13
PROFUNDIDAD :	0.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.07-19	2:38pm	0.5	30	49.0	3.80	49.80	101.59	51	7.90	15.80000	0.0126	0.050084009
		1	30	48.5	3.80	49.30	100.57	50	8.10	8.10000	0.0126	0.035860229
		2	30	48.5	3.80	49.30	100.57	50	8.10	4.05000	0.0126	0.025357011
		4	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	2.02500	0.0126	0.017930114
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	1.01250	0.0126	0.012678505
		15	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	0.55333	0.0126	0.009372684
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	0.27667	0.0126	0.006627488
		45	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	0.18444	0.0126	0.005411321
		60	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	0.14000	0.0126	0.004714488
		90	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	0.09333	0.0126	0.003849364
		120	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.07167	0.0126	0.003373099
Oct.08-19	8:53am	1095	30	40.0	3.80	40.80	83.23	42	9.40	0.00858	0.0126	0.001167421
Oct.08-19	3:25pm	1487	30	37.0	3.80	37.80	77.11	39	9.90	0.00666	0.0126	0.001028094
											% particulas < 2μ	87.082
$RC = R \text{ real-correccion cero} + ct$ $\% \text{ mas fino} = Rc*(a)/Ws$ $D = K \sqrt{L/T}$												



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	4	MUESTRA No. :	14
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm	
									TABLA				
Oct.07-19	2:42pm	0.5	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	16.20000	0.0126	0.050714022	
		1	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	8.30000	0.0126	0.036300248	
		2	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	4.20000	0.0126	0.025822316	
		4	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	2.10000	0.0126	0.018259135	
		8	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	1.05000	0.0126	0.012911158	
		15	30	45.5	3.80	46.30	94.45	47	8.60	0.57333	0.0126	0.009540566	
		30	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.28667	0.0126	0.006746199	
		45	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.19111	0.0126	0.005508248	
		60	30	44.5	3.80	45.30	92.41	46	8.80	0.14667	0.0126	0.004825433	
		90	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.09778	0.0126	0.003939949	
		120	30	43.5	3.80	44.30	90.37	45	8.90	0.07417	0.0126	0.003431428	
Oct.08-19	9:02am	1100	30	41.0	3.80	41.80	85.27	43	9.20	0.00836	0.0126	0.001152307	
Oct.08-19	3:40pm	1498	30	38.0	3.80	38.80	79.15	40	9.70	0.00648	0.0126	0.001013913	
											% particulas < 2μ		87.169

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T




UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias			
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUEN°	4	MUESTRA No. : 15
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L	L/T	K TABLA	D mm
									TABLA			
Oct.07-19	2:45pm	0.5	30	51.5	3.80	52.30	106.69	53	7.60	15.20000	0.0126	0.049123843
		1	30	50.0	3.80	50.80	103.63	52	7.80	7.80000	0.0126	0.035189885
		2	30	49.5	3.80	50.30	102.61	51	7.90	3.95000	0.0126	0.025042005
		4	30	49.0	3.80	49.80	101.59	51	7.90	1.97500	0.0126	0.017707371
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	1.01250	0.0126	0.012678505
		15	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	0.55333	0.0126	0.009372684
		30	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	0.27667	0.0126	0.006627488
		45	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	0.18667	0.0126	0.005443822
		60	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.14333	0.0126	0.004770283
		90	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.09556	0.0126	0.003894920
		120	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.07333	0.0126	0.003412096
Oct.08-19	9:02am	1097	30	42.0	3.80	42.80	87.31	44	9.10	0.00830	0.0126	0.001147593
Oct.08-19	3:43pm	1498	30	39.0	3.80	39.80	81.19	41	9.60	0.00641	0.0126	0.001008673
									% particulas < 2μ		88.848	
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	4	MUESTRA No. :	16
PROFUNDIDAD :	1.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.							TABLA			
Oct.07-19	2:50pm	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.71	54	7.40	14.80000	0.0126	0.048473168
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.69	53	7.60	7.60000	0.0126	0.034735803
		2	30	50.0	3.80	50.80	103.63	52	7.80	3.90000	0.0126	0.024883006
		4	30	49.0	3.80	49.80	101.59	51	7.90	1.97500	0.0126	0.017707371
		8	30	49.5	3.80	50.30	102.61	51	7.90	0.98750	0.0126	0.012521002
		15	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	0.54000	0.0126	0.009259071
		30	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	0.27667	0.0126	0.006627488
		45	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	0.18667	0.0126	0.005443822
		60	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.14333	0.0126	0.004770283
		90	30	44.5	3.80	45.30	92.41	46	8.80	0.09778	0.0126	0.003939949
		120	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.07333	0.0126	0.003412096
Oct.08-19	9:12am	1102	30	42.0	3.80	42.80	87.31	44	9.10	0.00826	0.0126	0.001144987
Oct.08-19	3:48pm	1498	30	39.0	3.80	39.80	81.19	41	9.60	0.00641	0.0126	0.001008673
											% particulas < 2μ	88.851

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias			
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	5	MUESTRA No. : 17
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.							TABLA			
Oct.07-19	3:07pm	0.5	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	16.20000	0.0126	0.050714022
		1	30	47.5	3.80	48.30	98.53	49	8.30	8.30000	0.0126	0.036300248
		2	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	4.15000	0.0126	0.025668151
		4	30	46.5	3.80	47.30	96.49	48	8.40	2.10000	0.0126	0.018259135
		8	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	1.05000	0.0126	0.012911158
		15	30	45.5	3.80	46.30	94.45	47	8.60	0.57333	0.0126	0.009540566
		30	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.28667	0.0126	0.006746199
		45	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.19111	0.0126	0.005508248
		60	30	45.0	3.80	45.80	93.43	47	8.60	0.14333	0.0126	0.004770283
		90	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.09778	0.0126	0.003939949
		120	30	42.0	3.80	42.80	87.31	44	9.10	0.07583	0.0126	0.003469769
Oct.08-19	9:22am	1095	30	40.0	3.80	40.80	83.23	42	9.40	0.00858	0.0126	0.001167421
Oct.08-19	3:57pm	1490	30	38.0	3.80	38.80	79.15	40	9.70	0.00651	0.0126	0.001016631
											% particulas < 2μ	84.707

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Las Delicias				
LOCALIZACIÓN :	Las Delicias	APIQUE N°	6	MUESTRA No. :	18
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.55	a:	1.02
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D
									TABLA		TABLA	mm
Oct.07-19	3:13pm	0.5	30	50.5	3.80	51.30	104.65	52	7.80	15.60000	0.0126	0.049766012
		1	30	49.8	3.80	50.60	103.22	52	7.80	7.80000	0.0126	0.035189885
		2	30	49.5	3.80	50.30	102.61	51	7.90	3.95000	0.0126	0.025042005
		4	30	49.0	3.80	49.80	101.59	51	7.90	1.97500	0.0126	0.017707371
		8	30	48.5	3.80	49.30	100.57	50	8.10	1.01250	0.0126	0.012678505
		15	30	48.5	3.80	49.30	100.57	50	8.10	0.54000	0.0126	0.009259071
		30	30	48.0	3.80	48.80	99.55	50	8.10	0.27000	0.0126	0.006547152
		45	30	47.0	3.80	47.80	97.51	49	8.30	0.18444	0.0126	0.005411321
		60	30	46.0	3.80	46.80	95.47	48	8.40	0.14000	0.0126	0.004714488
		90	30	44.0	3.80	44.80	91.39	46	8.80	0.09778	0.0126	0.003939949
		120	30	42.0	3.80	42.80	87.31	44	9.10	0.07583	0.0126	0.003469769
Oct.08-19	9:28am	1095	30	42.0	3.80	42.80	87.31	44	9.10	0.00831	0.0126	0.001148641
Oct.08-19	4:07pm	1490	30	39.0	3.80	39.80	81.19	41	9.60	0.00644	0.0126	0.001011377
									% particulas < 2μ		87.312	
RC= R real-correccion cero + ct				% mas fino= Rc*(a)/Ws			D=K √ L/T					



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	7	MUESTRA No. :	19
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.09-19	6:24pm	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	0.97500	0.0128	0.012638987
		15	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	49.5	3.80	50.30	104.62	51	7.90	0.26333	0.0128	0.006568450
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	47.5	3.80	48.30	100.46	49	8.30	0.13833	0.0128	0.004760728
		90	30	46.5	3.80	47.30	98.38	48	8.40	0.09333	0.0128	0.003910465
		120	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.07167	0.0128	0.003426641
Oct.10-19	8:14am	830	30	38.0	3.80	38.80	80.70	40	9.70	0.01169	0.0128	0.001383747
Oct.10-19	7:43pm	1519	30	34.5	3.80	35.30	73.42	36	10.40	0.00685	0.0128	0.001059126
Oct.11-19	9:43am	2359	30	33.5	3.80	34.30	71.34	35	10.50	0.00445	0.0128	0.000853966
									% particulas < 2μ		85.096	

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental			
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	8	MUESTRA No. : 20
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.09-19	6:44pm	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	0.97500	0.0128	0.012638987
		15	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.26000	0.0128	0.006526745
		45	30	48.5	3.80	49.30	102.54	50	8.10	0.18000	0.0128	0.005430580
		60	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.13500	0.0128	0.004703020
		90	30	45.5	3.80	46.30	96.30	47	8.60	0.09556	0.0128	0.003956744
		120	30	44.0	3.80	44.80	93.18	46	8.80	0.07333	0.0128	0.003466256
Oct.10-19	8:16am	812	30	37.0	3.80	37.80	78.62	39	9.90	0.01219	0.0128	0.001413349
Oct.10-19	7:45pm	1501	30	33.0	3.80	33.80	70.30	35	10.50	0.00700	0.0128	0.001070568
Oct.11-19	9:43am	2339	30	32.0	3.80	32.80	68.22	34	10.70	0.00457	0.0128	0.000865739
									% particulas < 2μ		82.785	
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												




UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	9	MUESTRA No. :	21
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.09-19	7:02pm	0.5	30	43.5	3.80	44.30	92.14	45	8.90	17.80000	0.0128	0.054003259
		1	30	43.0	3.80	43.80	91.10	45	8.90	8.90000	0.0128	0.038186071
		2	30	42.5	3.80	43.30	90.06	44	9.10	4.55000	0.0128	0.027303333
		4	30	42.0	3.80	42.80	89.02	44	9.10	2.27500	0.0128	0.019306372
		8	30	42.0	3.80	42.80	89.02	44	9.10	1.13750	0.0128	0.013651667
		15	30	42.0	3.80	42.80	89.02	44	9.10	0.60667	0.0128	0.009969768
		30	30	42.0	3.80	42.80	89.02	44	9.10	0.30333	0.0128	0.007049690
		45	30	40.0	3.80	40.80	84.86	42	9.40	0.20889	0.0128	0.005850159
		60	30	38.5	3.80	39.30	81.74	40	9.70	0.16167	0.0128	0.005146598
		90	30	38.0	3.80	38.80	80.70	40	9.70	0.10778	0.0128	0.004202179
		120	30	37.0	3.80	37.80	78.62	39	9.90	0.08250	0.0128	0.003676520
Oct.10-19	8:17am	795	30	32.0	3.80	32.80	68.22	34	10.70	0.01346	0.0128	0.001484972
Oct.10-19	7:46pm	1484	30	27.5	3.80	28.30	58.86	29	11.50	0.00775	0.0128	0.001126787
Oct.11-19	9:44am	2322	30	27.0	3.80	27.80	57.82	29	11.50	0.00495	0.0128	0.000900799
											% particulas < 2μ	70.668
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	10	MUESTRA No. :	22
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
									TABLA			
Oct.09-19	7:25pm	0.5	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	15.20000	0.0128	0.049903587
		1	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	7.80000	0.0128	0.035748455
		2	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	3.90000	0.0128	0.025277975
		4	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	1.95000	0.0128	0.017874227
		8	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.97500	0.0128	0.012638987
		15	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.52667	0.0128	0.009289191
		30	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.27000	0.0128	0.006651075
		45	30	45.5	3.80	46.30	96.30	47	8.60	0.19111	0.0128	0.005595681
		60	30	43.0	3.80	43.80	91.10	45	8.90	0.14833	0.0128	0.004929801
		90	30	41.5	3.80	42.30	87.98	43	9.20	0.10222	0.0128	0.004092443
		120	30	38.0	3.80	38.80	80.70	40	9.70	0.08083	0.0128	0.003639194
Oct.10-19	8:19am	774	30	33.0	3.80	33.80	70.30	35	10.50	0.01357	0.0128	0.001490851
Oct.10-19	7:48pm	1463	30	28.0	3.80	28.80	59.90	30	11.40	0.00779	0.0128	0.001129901
Oct.11-19	9:46am	2301	30	27.0	3.80	27.80	57.82	29	11.50	0.00500	0.0128	0.000904900

	% particulas < 2μ	72.769
--	-------------------	--------

RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUEN°	11	MUESTRA No. :	23
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		


HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
									TABLA			
Oct.12-19	8:28am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	7.60000	0.0128	0.035287165
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.95000	0.0128	0.012475897
		15	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.26000	0.0128	0.006526745
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	48.5	3.80	49.30	102.54	50	8.10	0.13500	0.0128	0.004703020
		90	30	4.0	3.80	4.80	9.98	6	15.30	0.17000	0.0128	0.005277575
		120	30	46.0	3.80	46.80	97.34	48	8.40	0.07000	0.0128	0.003386562
Oct.12-19	7:50pm	682	30	37.5	3.80	38.30	79.66	39	9.90	0.01452	0.0128	0.001542181
Oct.13-19	9:47am	1519	30	35.0	3.80	35.80	74.46	37	10.20	0.00671	0.0128	0.001048893
											% particulas < 2μ	84.053

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUEN°	12	MUESTRA No. :	24
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		


HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
									TABLA			
Oct.12-19	8:50am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.95000	0.0128	0.012475897
		15	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.50667	0.0128	0.009111107
		30	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.26000	0.0128	0.006526745
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.13500	0.0128	0.004703020
		90	30	46.0	3.80	46.80	97.34	48	8.40	0.09333	0.0128	0.003910465
		120	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.07167	0.0128	0.003426641
Oct.12-19	7:53pm	663	30	37.0	3.80	37.80	78.62	39	9.90	0.01493	0.0128	0.001564123
Oct.13-19	9:48am	1498	30	35.0	3.80	35.80	74.46	37	10.20	0.00681	0.0128	0.001056219
									% particulas < 2μ		82.518	

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws


D=K √ L/T

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	13	MUESTRA No. :	25
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		


FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D mm
		MIN.							TABLA		TABLA	
Oct.12-19	9:21am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.95000	0.0128	0.012475897
		15	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.50667	0.0128	0.009111107
		30	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.26000	0.0128	0.006526745
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.13500	0.0128	0.004703020
		90	30	46.0	3.80	46.80	97.34	48	8.40	0.09333	0.0128	0.003910465
		120	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.07167	0.0128	0.003426641
Oct.12-19	7:55pm	806	30	37.0	3.80	37.80	78.62	39	9.90	0.01228	0.0128	0.001418600
Oct.13-19	9:50am	1641	30	35.0	3.80	35.80	74.46	37	10.20	0.00622	0.0128	0.001009150
										% particulas < 2μ		83.442
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	14	MUESTRA No. :	26
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D mm
		MIN.							TABLA		TABLA	
Oct.12-19	9:28am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	7.60000	0.0128	0.035287165
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	0.97500	0.0128	0.012638987
		15	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.26000	0.0128	0.006526745
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.13500	0.0128	0.004703020
		90	30	46.0	3.80	46.80	97.34	48	8.40	0.09333	0.0128	0.003910465
		120	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.07167	0.0128	0.003426641
Oct.12-19	8:07pm	639	30	38.0	3.80	38.80	80.70	40	9.70	0.01518	0.0128	0.001577050
Oct.13-19	10:02am	1474	30	37.0	3.80	37.80	78.62	39	9.90	0.00672	0.0128	0.001049008
											% particulas < 2μ	84.033
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Anillo Vial Occidental			
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUEN°	15	MUESTRA No. : 27
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolfosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.							TABLA			
Oct.12-19	9:37am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.97500	0.0128	0.012638987
		15	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.26333	0.0128	0.006568450
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	47.5	3.80	48.30	100.46	49	8.30	0.13833	0.0128	0.004760728
		90	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.09556	0.0128	0.003956744
		120	30	44.0	3.80	44.80	93.18	46	8.80	0.07333	0.0128	0.003466256
Oct.12-19	8:18pm	641	30	38.0	3.80	38.80	80.70	40	9.70	0.01513	0.0128	0.001574588
Oct.13-19	10:12am	1475	30	37.0	3.80	37.80	78.62	39	9.90	0.00671	0.0128	0.001048652
											% particulas < 2μ	83.511

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T




UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	17	MUESTRA No. :	29
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.12-19	9:53am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	0.97500	0.0128	0.012638987
		15	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	49.5	3.80	50.30	104.62	51	7.90	0.26333	0.0128	0.006568450
		45	30	49.5	3.80	50.30	104.62	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.13167	0.0128	0.004644595
		90	30	47.5	3.80	48.30	100.46	49	8.30	0.09222	0.0128	0.003887118
		120	30	46.5	3.80	47.30	98.38	48	8.40	0.07000	0.0128	0.003386562
Oct.12-19	8:37pm	644	30	46.0	3.80	46.80	97.34	48	8.40	0.01304	0.0128	0.001461863
Oct.13-19	10:37am	1484	30	40.0	3.80	40.80	84.86	42	9.40	0.00633	0.0128	0.001018725
											% particulas < 2μ	97.635
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

 <p style="margin: 0;">UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082</p>

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO
--

SECTOR :	Anillo Vial Occidental			
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	18	MUESTRA No. : 30
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D mm
		MIN.							TABLA		TABLA	
Oct.12-19	10:07am	0.5	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	15.20000	0.0128	0.049903587
		1	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	7.80000	0.0128	0.035748455
		2	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	3.90000	0.0128	0.025277975
		4	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	1.95000	0.0128	0.017874227
		8	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.97500	0.0128	0.012638987
		15	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.26333	0.0128	0.006568450
		45	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.18000	0.0128	0.005430580
		60	30	45.5	3.80	46.30	96.30	47	8.60	0.14333	0.0128	0.004846002
		90	30	43.0	3.80	43.80	91.10	45	8.90	0.09889	0.0128	0.004025165
		120	30	41.5	3.80	42.30	87.98	43	9.20	0.07667	0.0128	0.003544160
Oct.12-19	8:45pm	638	30	33.0	3.80	33.80	70.30	35	10.50	0.01646	0.0128	0.001642080
Oct.13-19	10:52am	1485	30	28.0	3.80	28.80	59.90	30	11.40	0.00768	0.0128	0.001121500

											% particulas < 2μ	73.631
RC= R real-correccion cero + ct		% mas fino= Rc*(a)/Ws			D=K √L/T							



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental			
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	19	MUESTRA No. : 31
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D mm
		MIN.							TABLA		TABLA	
Oct.12-19	10:13am	0.5	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	15.20000	0.0128	0.049903587
		1	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	7.80000	0.0128	0.035748455
		2	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	3.90000	0.0128	0.025277975
		4	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	1.95000	0.0128	0.017874227
		8	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.97500	0.0128	0.012638987
		15	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.26333	0.0128	0.006568450
		45	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.18000	0.0128	0.005430580
		60	30	45.5	3.80	46.30	96.30	47	8.60	0.14333	0.0128	0.004846002
		90	30	43.0	3.80	43.80	91.10	45	8.90	0.09889	0.0128	0.004025165
		120	30	41.5	3.80	42.30	87.98	43	9.20	0.07667	0.0128	0.003544160
Oct.12-19	8:55pm	642	30	33.0	3.80	33.80	70.30	35	10.50	0.01636	0.0128	0.001636956
Oct.13-19	10:59am	1486	30	28.0	3.80	28.80	59.90	30	11.40	0.00767	0.0128	0.001121122
											% particulas < 2μ	73.669
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUEN°	20	MUESTRA No. :	32
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K	D mm
									TABLA		TABLA	
Oct.14-19	10:17am	0.5	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	15.20000	0.0128	0.049903587
		1	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	7.80000	0.0128	0.035748455
		2	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	3.90000	0.0128	0.025277975
		4	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	1.95000	0.0128	0.017874227
		8	30	49.5	3.80	50.30	104.62	51	7.90	0.98750	0.0128	0.012719748
		15	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.52667	0.0128	0.009289191
		30	30	48.5	3.80	49.30	102.54	50	8.10	0.27000	0.0128	0.006651075
		45	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.18000	0.0128	0.005430580
		60	30	47.5	3.80	48.30	100.46	49	8.30	0.13833	0.0128	0.004760728
		90	30	47.0	3.80	47.80	99.42	49	8.30	0.09222	0.0128	0.003887118
		120	30	46.5	3.80	47.30	98.38	48	8.40	0.07000	0.0128	0.003386562
Oct.15-19	8:00am	1303	30	35.0	3.80	35.80	74.46	37	10.20	0.00783	0.0128	0.001132499
Oct.15-19	12:05pm	1548	30	32.0	3.80	32.80	68.22	34	10.70	0.00691	0.0128	0.001064183
											% particulas < 2μ	83.670
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

 <p style="font-size: small;">Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación</p>	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER</p> <p>LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES</p> <p>PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082</p>
---	--

<p>ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO</p>
--

SECTOR :	Anillo Vial Occidental			
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	21	MUESTRA No. : 33
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla, alta plasticidad	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.							TABLA			
Oct.14-19	10:22am	0.5	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	15.20000	0.0128	0.049903587
		1	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	7.80000	0.0128	0.035748455
		2	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	3.90000	0.0128	0.025277975
		4	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	1.95000	0.0128	0.017874227
		8	30	49.5	3.80	50.30	104.62	51	7.90	0.98750	0.0128	0.012719748
		15	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.52667	0.0128	0.009289191
		30	30	48.5	3.80	49.30	102.54	50	8.10	0.27000	0.0128	0.006651075
		45	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.18000	0.0128	0.005430580
		60	30	47.5	3.80	48.30	100.46	49	8.30	0.13833	0.0128	0.004760728
		90	30	47.0	3.80	47.80	99.42	49	8.30	0.09222	0.0128	0.003887118
		120	30	46.5	3.80	47.30	98.38	48	8.40	0.07000	0.0128	0.003386562
Oct.15-19	8:02am	1300	30	35.0	3.80	35.80	74.46	37	10.20	0.00785	0.0128	0.001133805
Oct.15-19	12:13pm	1551	30	32.0	3.80	32.80	68.22	34	10.70	0.00690	0.0128	0.001063153

% particulas < 2µ	83.661
-------------------	--------

RC= R real-correccion cero + ct	% mas fino= Rc*(a)/Ws	D=K √ L/T
---------------------------------	-----------------------	-----------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental			
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	22	MUESTRA No. : 34
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.14-19	11:59am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.95000	0.0128	0.012475897
		15	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.26000	0.0128	0.006526745
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	47.5	3.80	48.30	100.46	49	8.30	0.13833	0.0128	0.004760728
		90	30	46.5	3.80	47.30	98.38	48	8.40	0.09333	0.0128	0.003910465
		120	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.07167	0.0128	0.003426641
Oct.15-19	10:10am	1351	30	35.5	3.80	36.30	75.50	37	10.20	0.00755	0.0128	0.001112199
Oct.15-19	12:50pm	1491	30	34.0	3.80	34.80	72.38	36	10.40	0.00698	0.0128	0.001069025
											% de partículas < 2 μ	83.08

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental				
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	23	MUESTRA No. :	35
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Oct.14-19	12:08pm	0.5	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	14.80000	0.0128	0.049242583
		1	30	52.0	3.80	52.80	109.82	54	7.40	7.40000	0.0128	0.034819765
		2	30	51.5	3.80	52.30	108.78	53	7.60	3.80000	0.0128	0.024951794
		4	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	1.90000	0.0128	0.017643582
		8	30	51.0	3.80	51.80	107.74	53	7.60	0.95000	0.0128	0.012475897
		15	30	50.5	3.80	51.30	106.70	52	7.80	0.52000	0.0128	0.009230211
		30	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	0.26000	0.0128	0.006526745
		45	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.17556	0.0128	0.005363117
		60	30	47.5	3.80	48.30	100.46	49	8.30	0.13833	0.0128	0.004760728
		90	30	46.5	3.80	47.30	98.38	48	8.40	0.09333	0.0128	0.003910465
		120	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.07167	0.0128	0.003426641
Oct.15-19	10:22am	1320	30	35.5	3.80	36.30	75.50	37	10.20	0.00773	0.0128	0.001125183
Oct.15-19	12:58pm	1490	30	34.0	3.80	34.80	72.38	36	10.40	0.00698	0.0128	0.001069384
										% de partículas < 2 μ		83.02
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T					



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Anillo Vial Occidental			
LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos	APIQUE N°	24	MUESTRA No. : 36
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.5	a:	1.04
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
									TABLA			
Oct.14-19	11:12am	0.5	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	15.60000	0.0128	0.050555949
		1	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	7.80000	0.0128	0.035748455
		2	30	50.0	3.80	50.80	105.66	52	7.80	3.90000	0.0128	0.025277975
		4	30	49.5	3.80	50.30	104.62	51	7.90	1.97500	0.0128	0.017988441
		8	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.98750	0.0128	0.012719748
		15	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.52667	0.0128	0.009289191
		30	30	49.0	3.80	49.80	103.58	51	7.90	0.26333	0.0128	0.006568450
		45	30	48.0	3.80	48.80	101.50	50	8.10	0.18000	0.0128	0.005430580
		60	30	46.0	3.80	46.80	97.34	48	8.40	0.14000	0.0128	0.004789321
		90	30	45.0	3.80	45.80	95.26	47	8.60	0.09556	0.0128	0.003956744
		120	30	44.0	3.80	44.80	93.18	46	8.80	0.07333	0.0128	0.003466256
Oct.15-19	9:58am	1366	30	35.0	3.80	35.80	74.46	37	10.20	0.00747	0.0128	0.001106075
Oct.15-19	12:53pm	1541	30	33.0	3.80	33.80	70.30	35	10.50	0.00681	0.0128	0.001056582
											% de partículas < 2 μ	81.55

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.			
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	25	MUESTRA No. : 37
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.							TABLA			
Nv.08-19	8:00am	0.5	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	15.80000	0.0125	0.049766016
		1	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	7.90000	0.0125	0.035189887
		2	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	48.5	3.80	49.30	100.08	50	8.10	2.02500	0.0125	0.017816272
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.54000	0.0125	0.009200283
		30	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.27000	0.0125	0.006505583
		45	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.18000	0.0125	0.005311786
		60	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.13833	0.0125	0.004656587
		90	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.09333	0.0125	0.003824923
		120	30	45.0	3.80	45.80	92.97	47	8.60	0.07167	0.0125	0.003351683
Nv.09-19	9:30am	1530	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00667	0.0125	0.001022254
Nv.09-19	1:04pm	1744	30	34.0	3.80	34.80	70.64	36	10.40	0.00596	0.0125	0.000966825
											% de particulas < 2 μ	81.19

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	25	MUESTRA No. :	38
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	8:07am	0.5	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	15.80000	0.0125	0.049766016
		1	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	7.90000	0.0125	0.035189887
		2	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	48.5	3.80	49.30	100.08	50	8.10	2.02500	0.0125	0.017816272
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.54000	0.0125	0.009200283
		30	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.27000	0.0125	0.006505583
		45	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.18444	0.0125	0.005376964
		60	30	46.5	3.80	47.30	96.02	48	8.40	0.14000	0.0125	0.004684555
		90	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.09333	0.0125	0.003824923
		120	30	46.5	3.80	47.30	96.02	48	8.40	0.07000	0.0125	0.003312481
Nv.09-19	9:36am	1529	30	34.0	3.80	34.80	70.64	36	10.40	0.00680	0.0125	0.001032565
Nv.09-19	1:14pm	1447	30	33.0	3.80	33.80	68.61	35	10.50	0.00726	0.0125	0.001066509
											% de partículas < 2 μ	81.41

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	26	MUESTRA No. :	39
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	8:13am	0.5	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	15.80000	0.0125	0.049766016
		1	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	7.90000	0.0125	0.035189887
		2	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	48.5	3.80	49.30	100.08	50	8.10	2.02500	0.0125	0.017816272
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.54000	0.0125	0.009200283
		30	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.27000	0.0125	0.006505583
		45	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.18444	0.0125	0.005376964
		60	30	46.5	3.80	47.30	96.02	48	8.40	0.14000	0.0125	0.004684555
		90	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.09333	0.0125	0.003824923
		120	30	46.5	3.80	47.30	96.02	48	8.40	0.07000	0.0125	0.003312481
Nv.09-19	9:43am	1530	30	34.0	3.80	34.80	70.64	36	10.40	0.00680	0.0125	0.001032227
Nv.09-19	1:21pm	1748	30	33.0	3.80	33.80	68.61	35	10.50	0.00601	0.0125	0.000970350
											% de partículas < 2 μ	81.41
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	26	MUESTRA No. :	40
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		


HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	8:36	0.5	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	15.80000	0.0125	0.049766016
		1	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	7.90000	0.0125	0.035189887
		2	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	48.5	3.80	49.30	100.08	50	8.10	2.02500	0.0125	0.017816272
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.54000	0.0125	0.009200283
		30	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.27000	0.0125	0.006505583
		45	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.18000	0.0125	0.005311786
		60	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.13833	0.0125	0.004656587
		90	30	45.0	3.80	45.80	92.97	47	8.60	0.09556	0.0125	0.003870190
		120	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.07333	0.0125	0.003390432
Nv.09-19	9:45	1509	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00676	0.0125	0.001029342
Nv.09-19	13:04	1708	30	33.5	3.80	34.30	69.63	35	10.50	0.00615	0.0125	0.000981646
												80.18

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	26	MUESTRA No. :	41
PROFUNDIDAD :	1.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL	CORRECCION	LECTURA	%	HID. CORR.	L.	L/T	K	D
	LECTURA	MIN.		HIDRO.	TEMP.	RC.CORR.	MAS FINO	MENISCO	TABLA		TABLA	mm
Nv.08-19	10:18	0.5	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	15.20000	0.0125	0.048811946
		1	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258
		2	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229
		8	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	0.97500	0.0125	0.012362509
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275
		60	30	42.5	3.80	43.30	87.90	44	9.10	0.15167	0.0125	0.004875839
		90	30	39.5	3.80	40.30	81.81	41	9.60	0.10667	0.0125	0.004089015
		120	30	36.5	3.80	37.30	75.72	38	10.10	0.08417	0.0125	0.003632239
Nv.09-19	9:55	1417	30	34.0	3.80	34.80	70.64	36	10.40	0.00734	0.0125	0.001072596
Nv.09-19	12:56	1598	30	33.5	3.80	34.30	69.63	35	10.50	0.00657	0.0125	0.001014870
											% de partículas < 2 μ	72.48

RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	27	MUESTRA No. :	42
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL	CORRECCION	LECTURA	%	HID. CORR.	L.	L/T	K	D
	LECTURA	MIN.		HIDRO.	TEMP.	RC.CORR.	MAS FINO	MENISCO	TABLA		TABLA	mm
Nv.08-19	10:23am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258
		2	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229
		8	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	0.97500	0.0125	0.012362509
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275
		60	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.14667	0.0125	0.004794795
		90	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.10111	0.0125	0.003981106
		120	30	39.0	3.80	39.80	80.79	41	9.60	0.08000	0.0125	0.003541191
Nv.09-19	10:08am	1425	30	34.0	3.80	34.80	70.64	36	10.40	0.00730	0.0125	0.001069581
Nv.09-19	1:23pm	1620	30	33.0	3.80	33.80	68.61	35	10.50	0.00648	0.0125	0.001007956

% de partículas < 2 μ

74.46

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	27	MUESTRA No. :	43
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	10:35am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258
		2	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229
		8	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	0.97500	0.0125	0.012362509
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275
		60	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.14667	0.0125	0.004794795
		90	30	41.0	3.80	41.80	84.85	43	9.20	0.10222	0.0125	0.004002921
		120	30	38.5	3.80	39.30	79.78	40	9.70	0.08083	0.0125	0.003559587
Nv.09-19	10:16am	1421	30	34.0	3.80	34.80	70.64	36	10.40	0.00732	0.0125	0.001071085
Nv.09-19	1:29pm	1614	30	33.0	3.80	33.80	68.61	35	10.50	0.00651	0.0125	0.001009828
											% de partículas < 2 μ	74.05

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T




UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	28	MUESTRA No. :	44
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco			1

FECHA	HORA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL	CORRECCION	LECTURA	%	HID. CORR.	L.	L/T	K	D
	LECTURA	MIN.		HIDRO.	TEMP.	RC.CORR.	MAS FINO	MENISCO	TABLA		TABLA	mm
Nv.08-19	10:48am	0.5	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	15.20000	0.0125	0.048811946
		1	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258
		2	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229
		8	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	0.97500	0.0125	0.012362509
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275
		60	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.14667	0.0125	0.004794795
		90	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.10111	0.0125	0.003981106
		120	30	39.0	3.80	39.80	80.79	41	9.60	0.08000	0.0125	0.003541191
Nv.09-19	10:23am	1415	30	37.0	3.80	37.80	76.73	39	9.90	0.00700	0.0125	0.001047234
Nv.09-19	1:33pm	1610	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00634	0.0125	0.000996533
										% de partículas < 2 μ		78.29
$RC = R \text{ real-correccion cero} + ct$ $\% \text{ mas fino} = Rc*(a)/Ws$ $D = K \sqrt{L/T}$												

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO	

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	28	MUESTRA No. :	45
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm	
													% de partículas < 2 μ
Nv.08-19	11:06am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402	
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258	
		2	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973	
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229	
		8	30	48.5	3.80	49.30	100.08	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007	
		15	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.55333	0.0125	0.009313175	
		30	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409	
		45	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.18667	0.0125	0.005409258	
		60	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.14333	0.0125	0.004739995	
		90	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.10111	0.0125	0.003981106	
		120	30	38.5	3.80	39.30	79.78	40	9.70	0.08083	0.0125	0.003559587	
Nv.09-19	10:37am	1411	30	37.0	3.80	37.80	76.73	39	9.90	0.00702	0.0125	0.001048717	
Nv.09-19	1:48pm	1602	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00637	0.0125	0.000999018	
											% de partículas < 2 μ		77.89
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T						



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	29	MUESTRA No. :	46
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	11:23am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258
		2	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229
		8	30	48.5	3.80	49.30	100.08	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.55333	0.0125	0.009313175
		30	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409
		45	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.18667	0.0125	0.005409258
		60	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.14333	0.0125	0.004739995
		90	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.10111	0.0125	0.003981106
		120	30	39.0	3.80	39.80	80.79	41	9.60	0.08000	0.0125	0.003541191
Nv.09-19	10:42am	1399	30	37.5	3.80	38.30	77.75	39	9.90	0.00708	0.0125	0.001053205
Nv.09-19	1:57pm	1594	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00640	0.0125	0.001001521
											% de partículas < 2 μ	78.91
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.			
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	29	MUESTRA No. : 47
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.	

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco		1	

FECHA	HORA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL	CORRECCION.	LECTURA	%	HID. CORR.	L.	L/T	K	D
	LECTURA	MIN.		HIDRO.	TEMP.	RC.CORR.	MAS FINO	MENISCO	TABLA		TABLA	mm
Nv.08-19	9:12am	0.5	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	15.20000	0.0125	0.048811946
		1	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258
		2	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229
		8	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	0.97500	0.0125	0.012362509
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275
		60	30	42.5	3.80	43.30	87.90	44	9.10	0.15167	0.0125	0.004875839
		90	30	39.5	3.80	40.30	81.81	41	9.60	0.10667	0.0125	0.004089015
		120	30	36.5	3.80	37.30	75.72	38	10.10	0.08417	0.0125	0.003632239
Nv.09-19	9:49am	1477	30	34.0	3.80	34.80	70.64	36	10.40	0.00704	0.0125	0.001050584
Nv.09-19	1:06pm	1674	30	33.5	3.80	34.30	69.63	35	10.50	0.00627	0.0125	0.000991565
											% de partículas < 2 μ	72.51
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	30	MUESTRA No. :	48
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm	
													% de partículas < 2 μ
Nv.08-19	9:19am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402	
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258	
		2	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	3.90000	0.0125	0.024725019	
		4	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229	
		8	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	0.98750	0.0125	0.012441504	
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990	
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409	
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275	
		60	30	42.5	3.80	43.30	87.90	44	9.10	0.15167	0.0125	0.004875839	
		90	30	39.5	3.80	40.30	81.81	41	9.60	0.10667	0.0125	0.004089015	
		120	30	36.5	3.80	37.30	75.72	38	10.10	0.08417	0.0125	0.003632239	
Nv.09-19	10:07am	1488	30	34.5	3.80	35.30	71.66	36	10.40	0.00699	0.0125	0.001046694	
Nv.09-19	1:15pm	1676	30	33.5	3.80	34.30	69.63	35	10.50	0.00626	0.0125	0.000990973	
											% de partículas < 2 μ		73.16

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	30	MUESTRA No. :	49
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm	
		MIN.											
Nv.08-19	9:27am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402	
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258	
		2	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	3.90000	0.0125	0.024725019	
		4	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229	
		8	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	0.97500	0.0125	0.012362509	
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990	
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409	
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275	
		60	30	42.5	3.80	43.30	87.90	44	9.10	0.15167	0.0125	0.004875839	
		90	30	39.5	3.80	40.30	81.81	41	9.60	0.10667	0.0125	0.004089015	
		120	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.08500	0.0125	0.003650176	
Nv.09-19	10:17am	1490	30	33.5	3.80	34.30	69.63	35	10.50	0.00705	0.0125	0.001051008	
Nv.09-19	1:28pm	1680	30	33.0	3.80	33.80	68.61	35	10.50	0.00625	0.0125	0.000989793	
											% de partículas < 2 μ		70.74

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	30	MUESTRA No. :	50
PROFUNDIDAD :	1.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm	
		MIN.							TABLA				
Nv.08-19	9:33am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402	
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258	
		2	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	3.90000	0.0125	0.024725019	
		4	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	1.97500	0.0125	0.017594944	
		8	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.98750	0.0125	0.012441504	
		15	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.54000	0.0125	0.009200283	
		30	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.27667	0.0125	0.006585409	
		45	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.18667	0.0125	0.005409258	
		60	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.14667	0.0125	0.004794795	
		90	30	40.0	3.80	40.80	82.82	42	9.40	0.10444	0.0125	0.004046197	
		120	30	39.5	3.80	40.30	81.81	41	9.60	0.08000	0.0125	0.003541191	
Nv.09-19	10:28am	1495	30	33.5	3.80	34.30	69.63	35	10.50	0.00702	0.0125	0.001049249	
Nv.09-19	1:53pm	1700	30	33.0	3.80	33.80	68.61	35	10.50	0.00618	0.0125	0.000983953	
											% de partículas < 2 μ		74.28

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	31	MUESTRA No. :	51
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	9:58am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402
		1	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	7.40000	0.0125	0.034058082
		2	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973
		4	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	1.90000	0.0125	0.017257629
		8	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	0.95000	0.0125	0.012202987
		15	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	0.50667	0.0125	0.008911801
		30	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	0.25333	0.0125	0.006301595
		45	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	0.16889	0.0125	0.005145231
		60	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	0.12667	0.0125	0.004455901
		90	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	0.08667	0.0125	0.003685788
		120	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	0.06500	0.0125	0.003191986
Nv.09-19	9:53am	1435	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.00613	0.0125	0.000980437
Nv.09-19	12:58pm	1620	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.00562	0.0125	0.000938356
											% de partículas < 2 μ	96.56

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= $Re*(a)/Ws$

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



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	31	MUESTRA No. :	51
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	10:05am	0.5	30	52.0	3.80	52.80	107.18	54	7.40	14.80000	0.0125	0.048165402
		1	30	51.5	3.80	52.30	106.17	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258
		2	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	3.80000	0.0125	0.024405973
		4	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	1.95000	0.0125	0.017483229
		8	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	0.98750	0.0125	0.012441504
		15	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990
		30	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.27000	0.0125	0.006505583
		45	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.18000	0.0125	0.005311786
		60	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.13833	0.0125	0.004656587
		90	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.10111	0.0125	0.003981106
		120	30	39.5	3.80	40.30	81.81	41	9.60	0.08000	0.0125	0.003541191
Nv.09-19	9:58am	1433	30	39.0	3.80	39.80	80.79	41	9.60	0.00670	0.0125	0.001024747
Nv.09-19	1:03pm	1618	30	37.0	3.80	37.80	76.73	39	9.90	0.00612	0.0125	0.000979338
											% de partículas < 2 μ	81.19

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	32	MUESTRA No. :	53
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.										
Nv.08-19	8:03	0.5	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	15.20000	0.0125	0.048811946
		1	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	7.60000	0.0125	0.034515258
		2	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	3.90000	0.0125	0.024725019
		4	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	1.97500	0.0125	0.017594944
		8	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.98750	0.0125	0.012441504
		15	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.54000	0.0125	0.009200283
		30	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.27000	0.0125	0.006505583
		45	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.18000	0.0125	0.005311786
		60	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.13833	0.0125	0.004656587
		90	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.09222	0.0125	0.003802088
		120	30	46.5	3.80	47.30	96.02	48	8.40	0.07000	0.0125	0.003312481
Nv.09-19	9:42	1539	30	37.0	3.80	37.80	76.73	39	9.90	0.00643	0.0125	0.001004159
Nv.09-19	13:02	1739	30	36.0	3.80	36.80	74.70	38	10.10	0.00581	0.0125	0.000954147
											% de partículas < 2 μ	85.05

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	32	MUESTRA No. :	54
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.							TABLA			
Nv.08-19	11:26	0.5	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	15.60000	0.0125	0.049450038
		1	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	7.80000	0.0125	0.034966457
		2	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	3.90000	0.0125	0.024725019
		4	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	1.97500	0.0125	0.017594944
		8	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	0.98750	0.0125	0.012441504
		15	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	0.52667	0.0125	0.009085990
		30	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	0.26333	0.0125	0.006424765
		45	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	0.18000	0.0125	0.005311786
		60	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.13833	0.0125	0.004656587
		90	30	46.5	3.80	47.30	96.02	48	8.40	0.09333	0.0125	0.003824923
		120	30	45.0	3.80	45.80	92.97	47	8.60	0.07167	0.0125	0.003351683
Nv.09-19	10:00	1356	30	34.0	3.80	34.80	70.64	36	10.40	0.00767	0.0125	0.001096456
Nv.09-19	12:51	1525	30	32.5	3.80	33.30	67.60	34	10.70	0.00702	0.0125	0.001048724
											% de partículas < 2 μ	79.59
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T					



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	32	MUESTRA No. :	55
PROFUNDIDAD :	1.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
		MIN.										
Nv.08-19	9:31	0.5	30	19.0	3.80	19.80	40.19	21	12.90	25.80000	0.0125	0.063593713
		1	30	19.0	3.80	19.80	40.19	21	12.90	12.90000	0.0125	0.044967546
		2	30	18.5	3.80	19.30	39.18	20	13.00	6.50000	0.0125	0.031919862
		4	30	18.5	3.80	19.30	39.18	20	13.00	3.25000	0.0125	0.022570751
		8	30	18.5	3.80	19.30	39.18	20	13.00	1.62500	0.0125	0.015959931
		15	30	18.5	3.80	19.30	39.18	20	13.00	0.86667	0.0125	0.011655486
		30	30	18.5	3.80	19.30	39.18	20	13.00	0.43333	0.0125	0.008241673
		45	30	18.0	3.80	18.80	38.16	20	13.00	0.28889	0.0125	0.006729298
		60	30	18.0	3.80	18.80	38.16	20	13.00	0.21667	0.0125	0.005827743
		90	30	17.5	3.80	18.30	37.15	19	13.20	0.14667	0.0125	0.004794795
		120	30	17.0	3.80	17.80	36.13	19	13.20	0.11000	0.0125	0.004152414
Nv.09-19	9:51	1460	30	13.0	3.80	13.80	28.01	15	13.80	0.00945	0.0125	0.001217215
Nv.09-19	13:07	1656	30	12.0	3.80	12.80	25.98	14	14.00	0.00845	0.0125	0.001151167
											% de partículas < 2 μ	30.18

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	33	MUESTRA No. :	56
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	10:40	0.5	30	19.5	3.80	20.30	41.21	21	12.90	25.80000	0.0125	0.063593713
		1	30	19.5	3.80	20.30	41.21	21	12.90	12.90000	0.0125	0.044967546
		2	30	18.0	3.80	18.80	38.16	20	13.00	6.50000	0.0125	0.031919862
		4	30	18.0	3.80	18.80	38.16	20	13.00	3.25000	0.0125	0.022570751
		8	30	18.0	3.80	18.80	38.16	20	13.00	1.62500	0.0125	0.015959931
		15	30	18.0	3.80	18.80	38.16	20	13.00	0.86667	0.0125	0.011655486
		30	30	18.0	3.80	18.80	38.16	20	13.00	0.43333	0.0125	0.008241673
		45	30	17.5	3.80	18.30	37.15	19	13.20	0.29333	0.0125	0.006780864
		60	30	17.0	3.80	17.80	36.13	19	13.20	0.22000	0.0125	0.005872401
		90	30	16.0	3.80	16.80	34.10	18	13.30	0.14778	0.0125	0.004812923
		120	30	16.0	3.80	16.80	34.10	18	13.30	0.11083	0.0125	0.004168113
Nv.09-19	9:56	1396	30	13.0	3.80	13.80	28.01	15	13.80	0.00989	0.0125	0.001244805
Nv.09-19	12:54	1574	30	12.0	3.80	12.80	25.98	14	14.00	0.00889	0.0125	0.001180772
											% de partículas < 2 μ	29.59

RC= R real-correccion cero + ct

% mas fino= Rc*(a)/Ws

D=K √ L/T



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	33	MUESTRA No. :	57
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco			1

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	8:55	0.5	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	15.60000	0.0125	0.049450038
		1	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	7.90000	0.0125	0.035189887
		2	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	2.02500	0.0125	0.017816272
		8	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	1.03750	0.0125	0.012752590
		15	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.55333	0.0125	0.009313175
		30	30	46.5	3.80	47.30	96.02	48	8.40	0.28000	0.0125	0.006624961
		45	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.18667	0.0125	0.005409258
		60	30	45.0	3.80	45.80	92.97	47	8.60	0.14333	0.0125	0.004739995
		90	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.09778	0.0125	0.003914934
		120	30	43.5	3.80	44.30	89.93	45	8.90	0.07417	0.0125	0.003409641
Nv.09-19	9:47	1492	30	33.5	3.80	34.30	69.63	35	10.50	0.00704	0.0125	0.001050303
Nv.09-19	13:05	1690	30	32.0	3.80	32.80	66.58	34	10.70	0.00633	0.0125	0.000996215
										% de particulas < 2 μ		77.80
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T					



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	33	MUESTRA No. :	58
PROFUNDIDAD :	1.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	9:02am	0.5	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	15.60000	0.0125	0.049450038
		1	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	7.90000	0.0125	0.035189887
		2	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	2.02500	0.0125	0.017816272
		8	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	1.03750	0.0125	0.012752590
		15	30	46.5	3.80	47.30	96.02	48	8.40	0.56000	0.0125	0.009369110
		30	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.28000	0.0125	0.006624961
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275
		60	30	45.0	3.80	45.80	92.97	47	8.60	0.14333	0.0125	0.004739995
		90	30	44.5	3.80	45.30	91.96	46	8.80	0.09778	0.0125	0.003914934
		120	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.07333	0.0125	0.003390432
Nv.09-19	9:47am	1485	30	38.0	3.80	38.80	78.76	40	9.70	0.00653	0.0125	0.001011875
Nv.09-19	1:05pm	1683	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00606	0.0125	0.000974681
											% de partículas < 2 μ	83.82
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T					



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	34	MUESTRA No. :	59
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	9:17am	0.5	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	15.60000	0.0125	0.049450038
		1	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	7.80000	0.0125	0.034966457
		2	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	1.97500	0.0125	0.017594944
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.55333	0.0125	0.009313175
		30	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.28000	0.0125	0.006624961
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275
		60	30	45.0	3.80	45.80	92.97	47	8.60	0.14333	0.0125	0.004739995
		90	30	44.5	3.80	45.30	91.96	46	8.80	0.09778	0.0125	0.003914934
		120	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.07583	0.0125	0.003447739
Nv.09-19	9:57am	1480	30	39.0	3.80	39.80	80.79	41	9.60	0.00649	0.0125	0.001008345
Nv.09-19	1:19pm	1682	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00606	0.0125	0.000974970
											% de partículas < 2 μ	83.27
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T					




UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	34	MUESTRA No. :	60
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	9:28am	0.5	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	15.20000	0.0125	0.048811946
		1	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	7.80000	0.0125	0.034966457
		2	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	1.97500	0.0125	0.017594944
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.55333	0.0125	0.009313175
		30	30	46.0	3.80	46.80	95.00	48	8.40	0.28000	0.0125	0.006624961
		45	30	45.5	3.80	46.30	93.99	47	8.60	0.19111	0.0125	0.005473275
		60	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.14667	0.0125	0.004794795
		90	30	43.0	3.80	43.80	88.91	45	8.90	0.09889	0.0125	0.003937115
		120	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.07583	0.0125	0.003447739
Nv.09-19	10:15am	1487	30	40.0	3.80	40.80	82.82	42	9.40	0.00632	0.0125	0.000995435
Nv.09-19	1:35pm	1687	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00605	0.0125	0.000973524
											% de partículas < 2 μ	84.49
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T					

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
---	---

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO
--

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	35	MUESTRA No. :	61
PROFUNDIDAD :	0.50 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L.	L/T	K TABLA	D mm
									TABLA			
Nv.08-19	9:37am	0.5	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	15.60000	0.0125	0.049450038
		1	30	50.0	3.80	50.80	103.12	52	7.80	7.80000	0.0125	0.034966457
		2	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	1.97500	0.0125	0.017594944
		8	30	48.5	3.80	49.30	100.08	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	47.5	3.80	48.30	98.05	49	8.30	0.55333	0.0125	0.009313175
		30	30	45.0	3.80	45.80	92.97	47	8.60	0.28667	0.0125	0.006703366
		45	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.19556	0.0125	0.005536552
		60	30	43.0	3.80	43.80	88.91	45	8.90	0.14833	0.0125	0.004821961
		90	30	42.5	3.80	43.30	87.90	44	9.10	0.10111	0.0125	0.003981106
		120	30	40.0	3.80	40.80	82.82	42	9.40	0.07833	0.0125	0.003504109
Nv.09-19	10:24am	1487	30	39.5	3.80	40.30	81.81	41	9.60	0.00646	0.0125	0.001005969
Nv.09-19	1:42pm	1685	30	35.0	3.80	35.80	72.67	37	10.20	0.00605	0.0125	0.000974102
											% de partículas < 2 μ	82.21
RC= R real-correccion cero + ct			% mas fino= Rc*(a)/Ws				D=K √ L/T					



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082


ENSA YO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO

SECTOR :	Los Patios, Norte de Santander.				
LOCALIZACIÓN :	Barrio Bellavista	APIQUE N°	35	MUESTRA No. :	62
PROFUNDIDAD :	1.00 metros	DESCRIPCIÓN :	Arcilla de la Formación León.		

HIDROMETRO	152.H	Gs de los solidos	2.57	a:	1.015
AGENTE DISPERSANTE	Tripolifosfato de sodio	Cantidad:	125.ml	Ws.:	50
CORRECCION DE CERO	3	Correccion de menisco	1		

FECHA	HORA LECTURA	TIEMPO MIN.	TEMP. °C	LECT. REAL HIDRO.	CORRECCION. TEMP.	LECTURA RC.CORR.	% MAS FINO	HID. CORR. MENISCO	L. TABLA	L/T	K TABLA	D mm
Nv.08-19	9:48am	0.5	30	51.0	3.80	51.80	105.15	53	7.60	15.20000	0.0125	0.048811946
		1	30	50.5	3.80	51.30	104.14	52	7.80	7.80000	0.0125	0.034966457
		2	30	49.5	3.80	50.30	102.11	51	7.90	3.95000	0.0125	0.024883008
		4	30	49.0	3.80	49.80	101.09	51	7.90	1.97500	0.0125	0.017594944
		8	30	48.0	3.80	48.80	99.06	50	8.10	1.01250	0.0125	0.012598007
		15	30	47.0	3.80	47.80	97.03	49	8.30	0.55333	0.0125	0.009313175
		30	30	44.0	3.80	44.80	90.94	46	8.80	0.29333	0.0125	0.006780864
		45	30	43.5	3.80	44.30	89.93	45	8.90	0.19778	0.0125	0.005567921
		60	30	42.0	3.80	42.80	86.88	44	9.10	0.15167	0.0125	0.004875839
		90	30	41.0	3.80	41.80	84.85	43	9.20	0.10222	0.0125	0.004002921
		120	30	39.5	3.80	40.30	81.81	41	9.60	0.08000	0.0125	0.003541191
Nv.09-19	10:29am	1481	30	37.0	3.80	37.80	76.73	39	9.90	0.00668	0.0125	0.001023633
Nv.09-19	1:49pm	1681	30	33.0	3.80	33.80	68.61	35	10.50	0.00625	0.0125	0.000989498
											% de partículas < 2 μ	78.70
RC= R real-correccion cero + ct % mas fino= Rc*(a)/Ws D=K √ L/T												

Anexo 6. Gravedad Especifica

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
	LABORATORIO DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

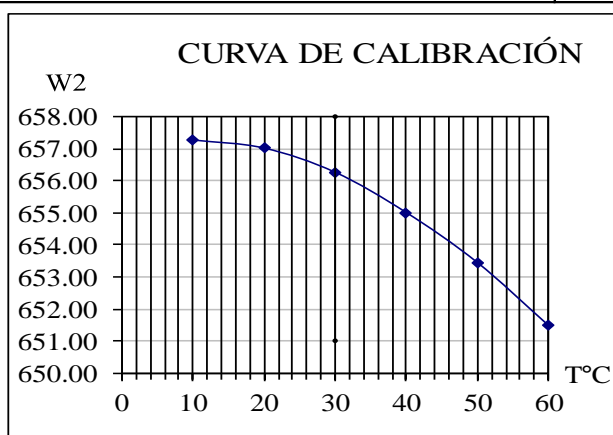
GRAVEDAD ESPECÍFICA

LOCALIZACIÓN :	Las Delicias
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	6
PROFUNDIDAD :	Arcilla de baja plasticidad (CL)

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO No.	5					
PESO DEL FRASCO SECO Y LIMPIO (W _b)	159					
VOLUMEN DEL FRASCO (V _b)	500					
PESO DEL MATERIAL SECO (W ₁)	100					
TEMPERATURA DESEADA (T °C)	10	20	30	40	50	60
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN (T _c °C)	20					
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN (e)	0.0001					
PESO UNITARIO DEL AGUA A T °C	1	0.998	1	0.99	0.99	0.9832
PESO UNITARIO DEL AIRE A T°C	0.0012					
PESO DEL FRASCO CON AGUA (W ₂)	657.3	657	656	655	653	651.479

TEMPERATURA (°C)	30	
PESO SECO DE SÓLIDOS (W _s)	98.90	
PESO FRASCO, SUELO Y AGUA (W _{bws})	715.90	
PESO FRASCO Y AGUA (W _{bw})	655.90	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGUA (g _w)	0.9957	

GRAVEDAD ESPECÍFICA MATERIAL (G _s)	2.53	
---	------	--



GRAVEDAD ESPECÍFICA	
G _s =	2.53



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

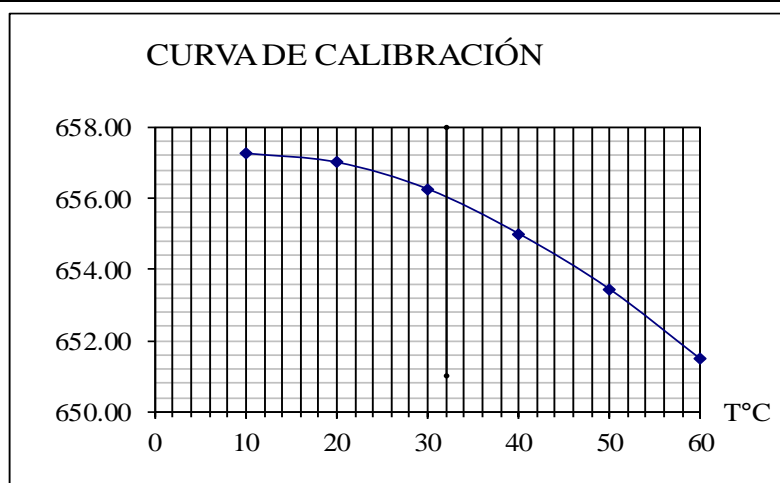
GRAVEDAD ESPECÍFICA

LOCALIZACIÓN :	Las Delicias
APIQUE No. :	3
MUESTRA No. :	11
PROFUNDIDAD :	Arcilla de baja plasticidad (CL)

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO No.	5					
PESO DEL FRASCO SECO Y LIMPIO (W _b)	159					
VOLUMEN DEL FRASCO (V _b)	500					
PESO DEL MATERIAL SECO (W ₁)	100					
TEMPERATURA DESEADA (T °C)	10	20	30	40	50	60
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN (T _c °C)	20					
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN (e)	0.0001					
PESO UNITARIO DEL AGUA A T °C	1	0.998	1	0.99	0.99	0.983
PESO UNITARIO DEL AIRE A T °C	0.0012					
PESO DEL FRASCO CON AGUA (W ₂)	657.3	657	656	655	653	651.5

TEMPERATURA (°C)	32	
PESO SECO DE SÓLIDOS (W _s)	92.80	
PESO FRASCO, SUELO Y AGUA (W _{bws})	713.20	
PESO FRASCO Y AGUA (W _{bw})	656.23	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGUA (g _w)	0.9951	

GRAVEDAD ESPECÍFICA MATERIAL (G _s)	2.58	
---	------	--



GRAVEDAD ESPECIFICA

G_s = 2.58



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

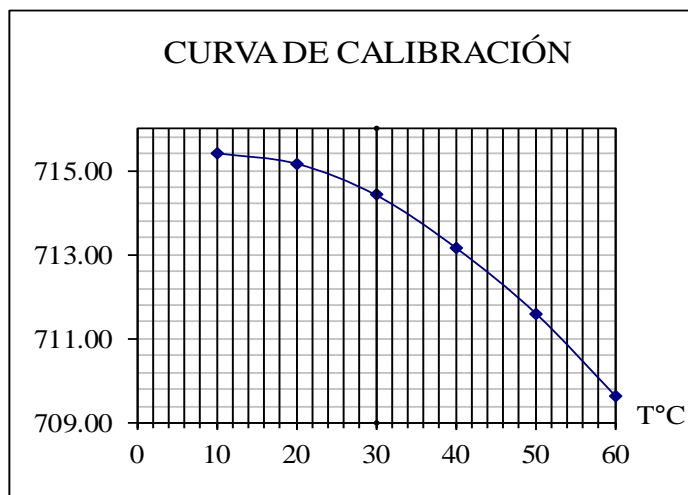
GRAVEDAD ESPECÍFICA

LOCALIZACIÓN :	Los Cerezos
APIQUE No. :	9
MUESTRA No. :	21
PROFUNDIDAD :	Arcilla de alta plasticidad (CH)

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO No.	5					
PESO DEL FRASCO SECO Y LIMPIO (W _b)	217					
VOLUMEN DEL FRASCO (V _b)	500					
PESO DEL MATERIAL SECO (W ₁)	100					
TEMPERATURA DESEADA (T °C)	10	20	30	40	50	60
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN (T _c °C)	20					
COEFICIENTE DE EXPANCIÓN (e)	0.0001					
PESO UNITARIO DEL AGUA A T °C	1	0.998	1	0.99	0.99	0.983
PESO UNITARIO DEL AIRE A T °C	0.0012					
PESO DEL FRASCO CON AGUA (W ₂)	715.4	715.2	714	713	712	709.6

TEMPERATURA (°C)	30	
PESO SECO DE SÓLIDOS (W _s)	96.70	
PESO FRASCO, SUELO Y AGUA (W _{bws})	771.70	
PESO FRASCO Y AGUA (W _{bw})	713.65	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGUA (g _w)	0.9957	

GRAVEDAD ESPECÍFICA MATERIAL (G _s)	2.49	
---	------	--



GRAVEDAD ESPECIFICA

G_s = 2.49



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

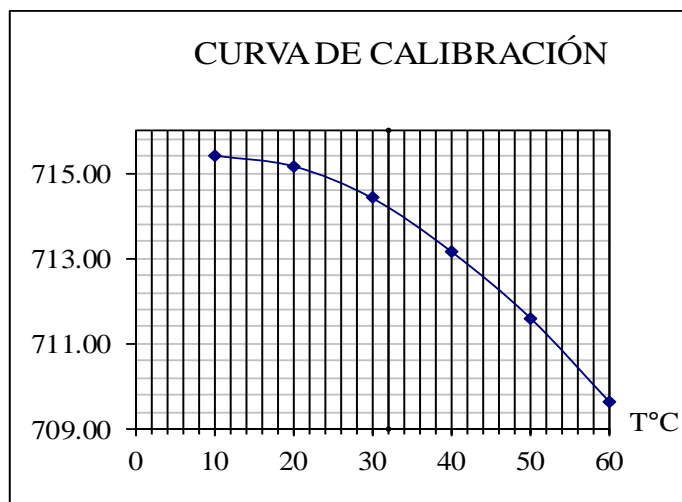
GRAVEDAD ESPECÍFICA

LOCALIZACIÓN	Bellavista
APIQUE No. :	25
MUESTRA No. :	38
PROFUNDIDAD	Arcilla de alta plasticidad (CH)

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO No.	5					
PESO DEL FRASCO SECO Y LIMPIO (W_b)	216.665					
VOLUMEN DEL FRASCO (V_b)	500					
PESO DEL MATERIAL SECO (W_1)	100					
TEMPERATURA DESEADA (T °C)	10	20	30	40	50	60
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN (T_c °C)	20					
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN (e)	0.0001					
PESO UNITARIO DEL AGUA A T °C	1	0.998	1	0.99	0.99	0.983
PESO UNITARIO DEL AIRE A T °C	0.0012					
PESO DEL FRASCO CON AGUA (W_2)	715.4	715.2	714	713	712	709.6

TEMPERATURA (°C)	32	
PESO SECO DE SÓLIDOS (W_s)	97.70	
PESO FRASCO, SUELO Y AGUA (W_{bws})	776.20	
PESO FRASCO Y AGUA (W_{bw})	716.30	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGUA (g_w)	0.9951	


GRAVEDAD ESPECÍFICA MATERIAL (G_s)	2.57	
--	------	--

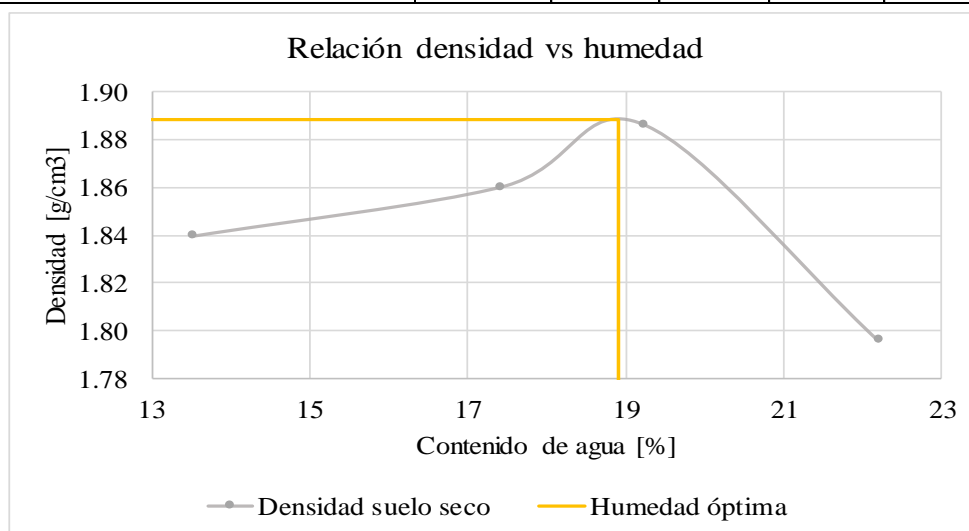



GRAVEDAD ESPECÍFICA

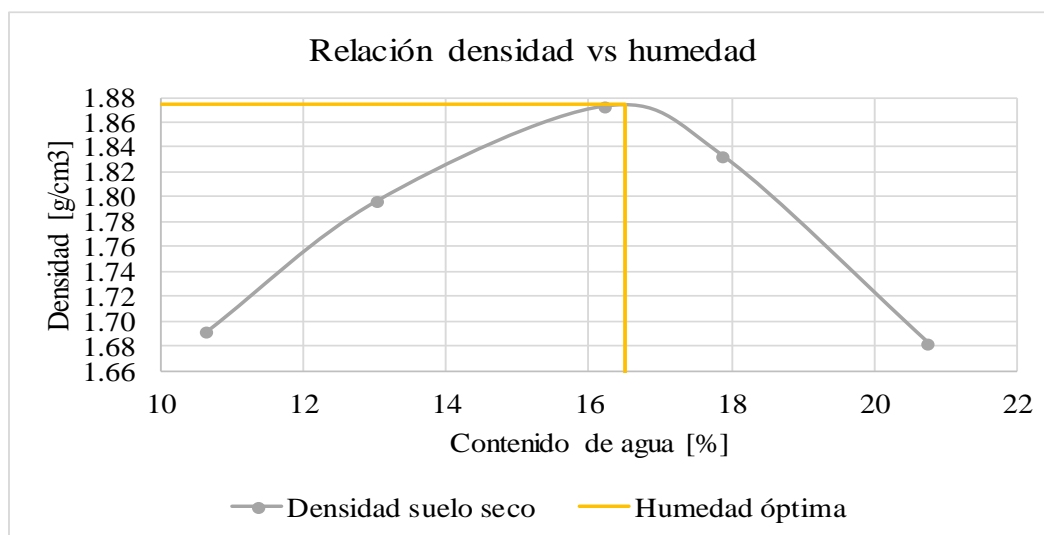
$G_s = 2.57$


Anexo 7. Proctor modificado

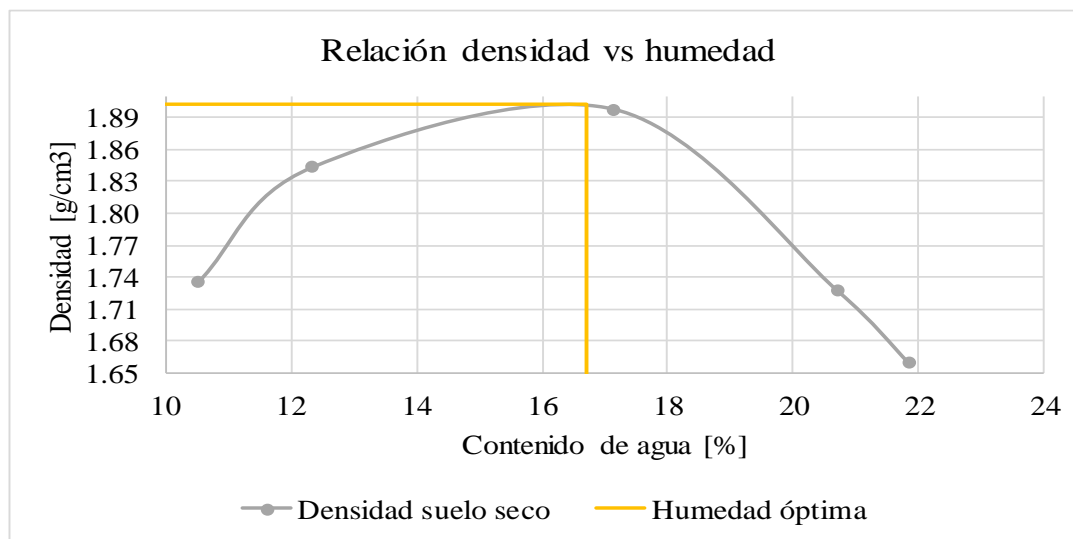
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)	
Sondeo N°:	1	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362121,584 N		
Muestras N°:	2	Profundidad: 0.50 m	839397,320 E		
Muestra 2 (Sondeo 1 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	3717.1	3717.1	2837.6	2837.6	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5680.9	5771.4	4952.6	4901.5	
Masa del suelo compactado [g]	1963.8	2054.3	2115.0	2063.9	-
Humedad	N° frasco	20	40	11	30
		13	36	26	37
		18	1	17	16
	Masa frasco [g]	76.981	74.385	75.789	76.828
		76.902	78.574	76.992	78.124
		76.853	81.849	75.747	75.326
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	166.994	167.145	175.091	178.002
		159.090	181.943	179.368	200.541
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	177.795	164.043	167.335	168.886
		156.608	153.519	159.511	159.430
Humedad promedio	149.227	167.022	163.148	178.213	
	165.507	151.388	151.922	152.134	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.088	2.184	2.249	2.195	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.840	1.860	1.886	1.796	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	20.478	21.421	22.054	21.521	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	18.040	18.242	18.498	17.612	




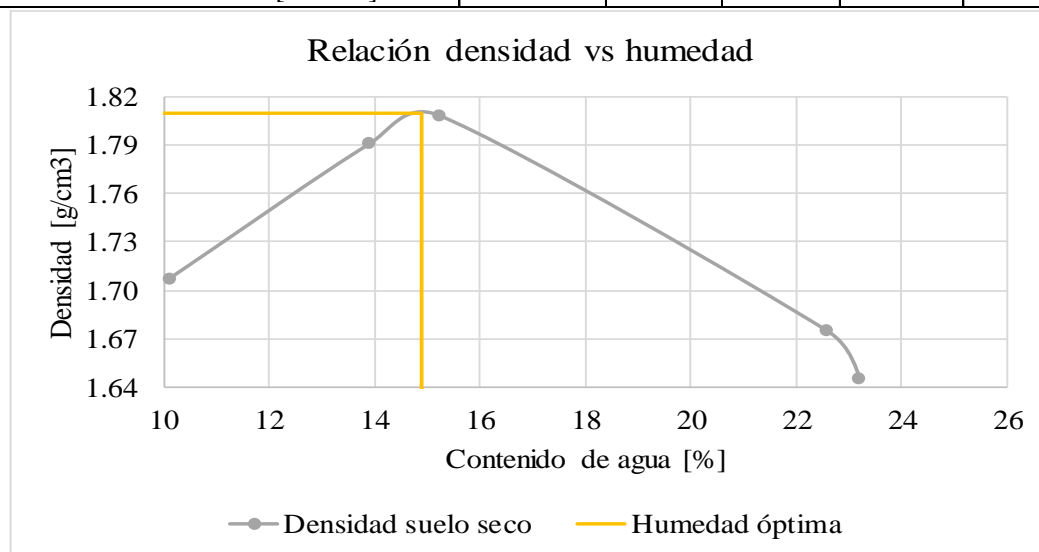
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO						
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)		
Sondeo N°:	3	Sector:	Las Delicias	Coodenadas	1362103,092 N	
Muestras N°:	9	Profundidad:	0.00 m		839412,577 E	
Muestra 9 (Sondeo 3 Nivel 0.00 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3252.3	4156.1	3252.3	3252.3	4156.1	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5012.3	6065.8	5299.3	5283.7	6066.3	
Masa del suelo compactado [g]	1760.0	1909.7	2047.0	2031.4	1910.2	
Humedad	N° frasco	32	52	35	43	3
		50	48	38	31	33
		6	5	12	53	41
	Masa frasco [g]	74.554	80.242	74.470	73.335	76.124
		80.422	80.571	75.819	74.034	77.767
		73.663	73.638	73.926	80.242	75.724
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	183.907	159.253	168.135	144.725	161.876
		174.484	180.103	161.955	150.715	157.955
		168.524	175.639	162.181	164.909	146.495
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	172.880	150.350	155.828	133.645	147.157
		165.324	168.695	149.375	139.307	143.650
		159.961	163.561	149.733	152.103	134.769
Humedad promedio	10.642	13.025	16.217	17.890	20.765	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.871	2.031	2.177	2.160	2.031	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.691	1.797	1.873	1.832	1.682	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	18.353	19.914	21.345	21.183	19.919	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	16.587	17.619	18.367	17.968	16.494	




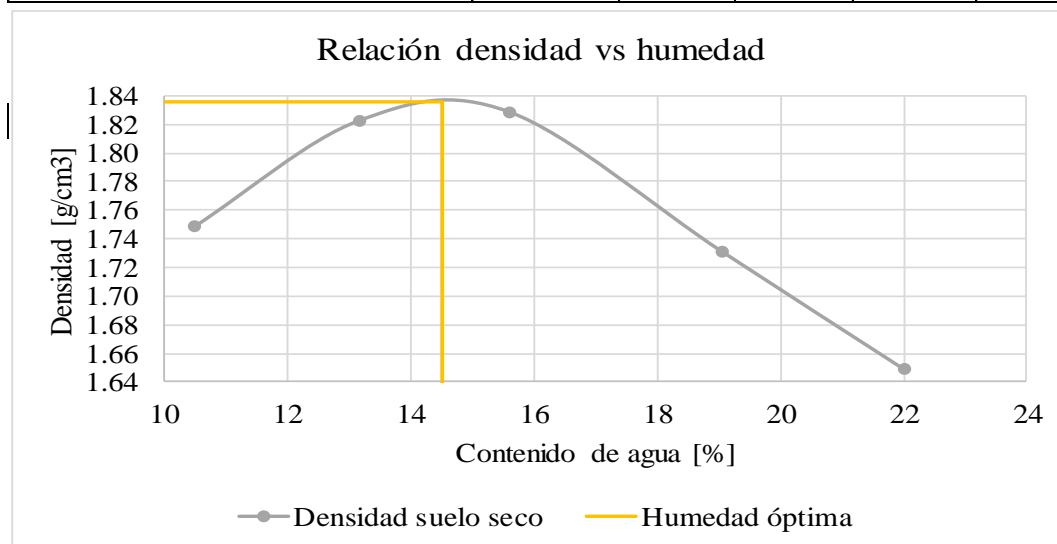
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Ministerio</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO				
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)				
Sondeo N°: 4	Sector: Las Delicias	Coodenadas		1362093,863 N		
Muestras N°: 13	Profundidad: 0.00 m			839415,610 E		
Muestra 13 (Sondeo 4 Nivel 0.00 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3717.6	3717.6	2837.1	3717.6	2837.1	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5520.8	5664.5	4927.2	5678.3	4738.2	
Masa del suelo compactado [g]	1803.2	1946.9	2090.1	1960.7	1901.1	
Humedad	N° frasco	36	37	20	18	17
		16	11	30	46	23
		54	25	47	26	1
	Masa frasco [g]	78.570	78.128	76.976	76.856	75.737
		75.327	75.786	76.833	79.903	76.894
		74.394	78.506	80.976	76.991	81.853
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	178.302	175.728	166.431	168.596	158.066
		167.220	168.133	159.381	175.631	182.213
		185.462	191.455	172.689	154.365	182.717
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	169.132	165.507	152.151	152.872	143.378
		158.499	157.780	147.665	159.065	162.783
		174.524	178.754	160.122	141.216	165.086
Humedad promedio	10.512	12.331	17.138	20.695	21.840	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.917	2.070	2.222	2.085	2.021	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.735	1.843	1.897	1.727	1.659	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	18.803	20.301	21.795	20.445	19.824	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.014	18.073	18.606	16.940	16.270	




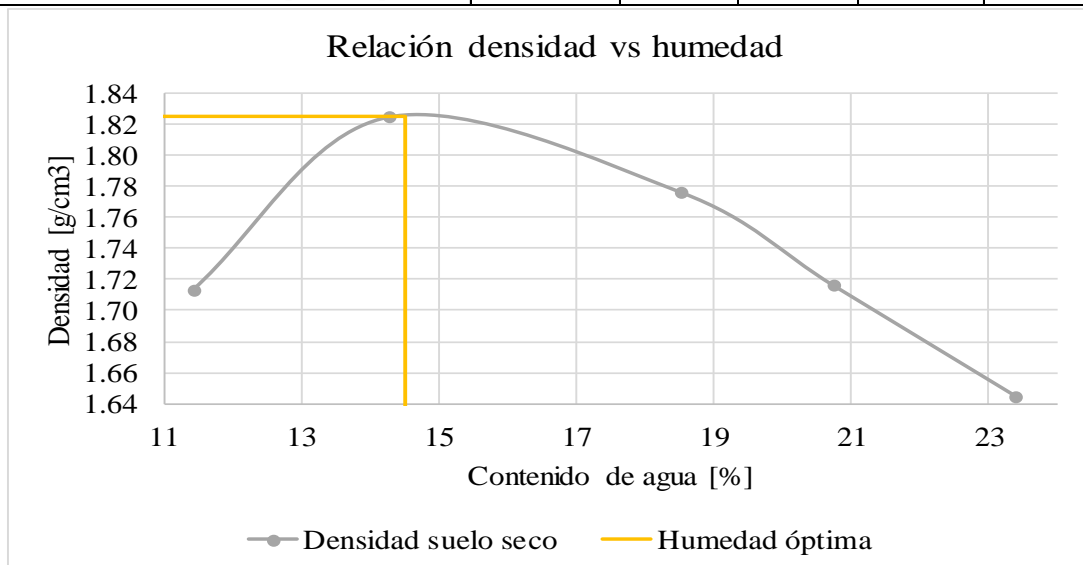
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO						
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)		
Sondeo N°: 4	Sector: Las Delicias	Coodenadas		1362093,863 N		
Muestras N°: 14	Profundidad: 0.50 m			839415,610 E		
Muestra 14 (Sondeo 4 Nivel -0.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3252.3	4156.1	4156.1	3252.3	3252.3	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5020.2	6074.2	6115.8	5183.1	5159.2	
Masa del suelo compactado [g]	1767.9	1918.1	1959.7	1930.8	1906.9	
Humedad	N° frasco	167	74	7	M10	110
		M81	127	21	192	10
		W50	161	44	M2	15
	Masa frasco [g]	84.282	81.991	75.642	79.061	86.932
		79.444	83.799	82.392	85.640	80.951
		72.137	71.742	74.497	72.381	73.988
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	203.638	185.260	158.651	157.202	179.372
		179.699	183.545	172.731	164.767	154.191
		176.784	171.088	169.409	150.439	163.290
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	193.142	173.020	147.498	142.557	161.645
		170.182	170.719	161.269	150.217	140.083
		167.089	159.269	156.575	136.290	147.174
Humedad promedio	10.114	13.902	15.230	22.578	23.202	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.880	2.040	2.084	2.053	2.028	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.707	1.791	1.808	1.675	1.646	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	18.435	20.001	20.435	20.134	19.884	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	16.742	17.560	17.734	16.425	16.140	




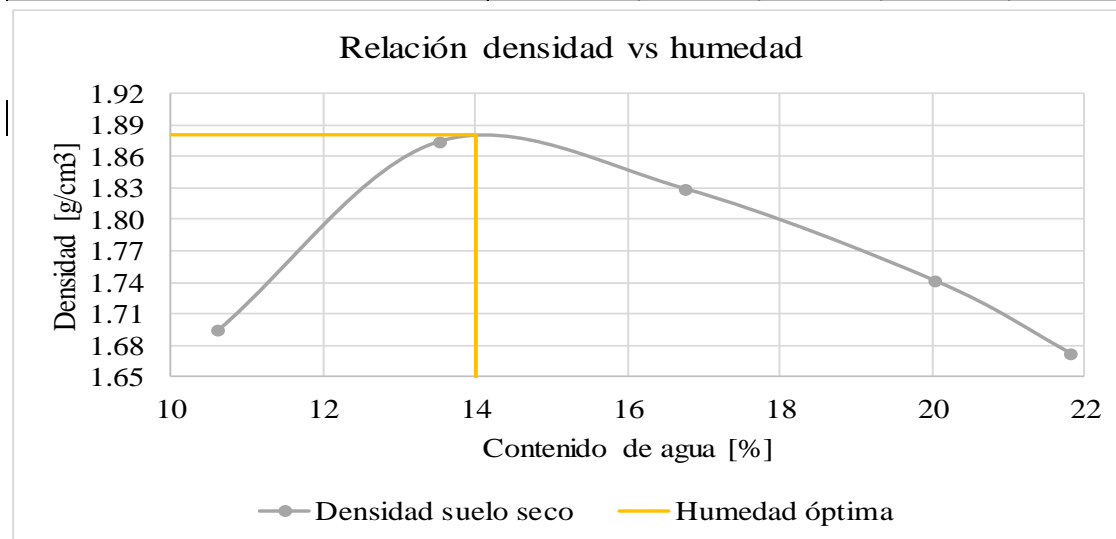
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO						
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)		
Sondeo N°: 4	Sector: Las Delicias	Coodenadas		1362093,863 N		
Muestras N°: 15	Profundidad: 1.50 m			839415,610 E		
Muestra 15 (Sondeo 4 Nivel -1.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3717.6	3717.6	3717.6	3717.6	2828.1	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5533.7	5656.9	5705.1	5655.8	4720.1	
Masa del suelo compactado [g]	1816.1	1939.3	1987.5	1938.2	1892.0	
Humedad	N° frasco	109	SM1	AZP	45	Y30
		72	55	D1	28	117
		B2	51	9	14	DM16
	Masa frasco [g]	80.976	74.059	82.278	80.866	77.892
		84.127	74.502	68.618	79.616	75.612
		81.475	80.753	74.129	75.974	73.134
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	194.707	173.506	166.245	178.254	182.616
		214.510	172.507	172.012	171.575	181.099
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	191.953	176.893	164.948	170.219	176.901
		183.422	161.391	154.053	162.461	163.693
Humedad promedio	202.318	161.134	159.065	156.510	162.024	
	181.831	166.215	152.776	155.711	158.22	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	10.472	13.165	15.593	19.047	22.028	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.931	2.062	2.113	2.061	2.012	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	1.748	1.822	1.828	1.731	1.649	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	18.938	20.222	20.725	20.211	19.729	
	17.142	17.870	17.929	16.977	16.168	




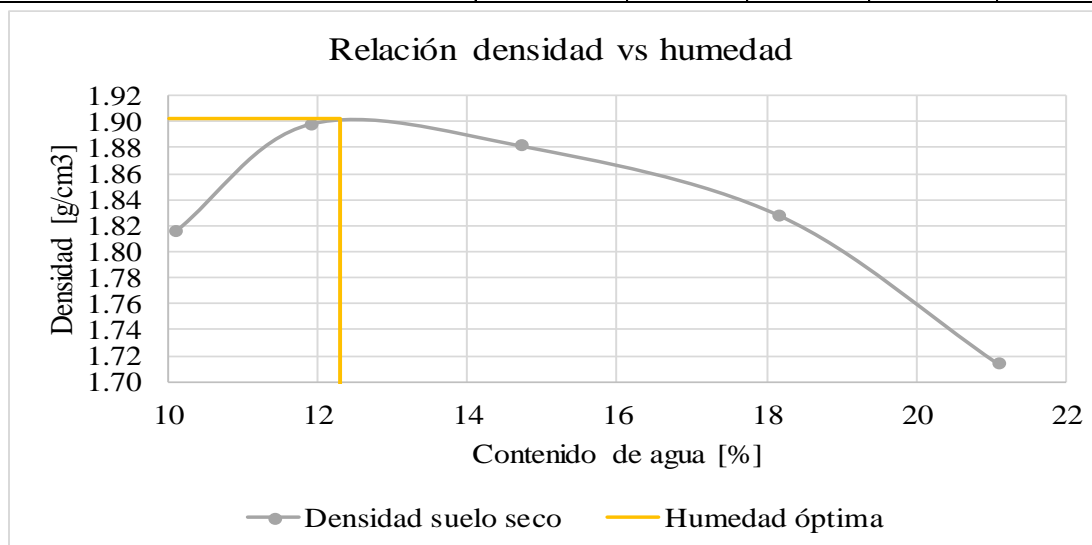
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Ministerio</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO				
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)				
Sondeo N°: 4	Sector: Las Delicias	Coodenadas		1362093,863 N		
Muestras N°: 16	Profundidad: 1.50 m			839415,610 E		
Muestra 16 (Sondeo 4 Nivel -1.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3717.6	3717.6	3717.6	3717.6	3717.6	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5512.6	5678.2	5697.2	5666.0	5625.9	
Masa del suelo compactado [g]	1795.0	1960.6	1979.6	1948.4	1908.3	
Humedad	N° frasco	17	3	M2	48	35
		20	16	52	36	18
		54	5	192	31	11
	Masa frasco [g]	75.757	76.132	72.382	80.575	74.473
		76.989	75.327	80.247	78.575	76.871
		74.398	73.636	85.643	74.030	75.792
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	188.578	189.792	164.303	172.271	158.784
		180.883	187.038	151.524	150.151	169.363
		184.443	169.128	182.991	163.620	184.231
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	176.841	174.952	149.826	156.059	143.651
		170.84	174.282	140.352	137.691	151.503
		172.692	156.754	167.955	148.891	162.98
Humedad promedio	11.422	14.265	18.516	20.743	23.393	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.909	2.085	2.105	2.072	2.029	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.713	1.824	1.776	1.716	1.644	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	18.717	20.444	20.642	20.317	19.899	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	16.799	17.892	17.417	16.827	16.126	




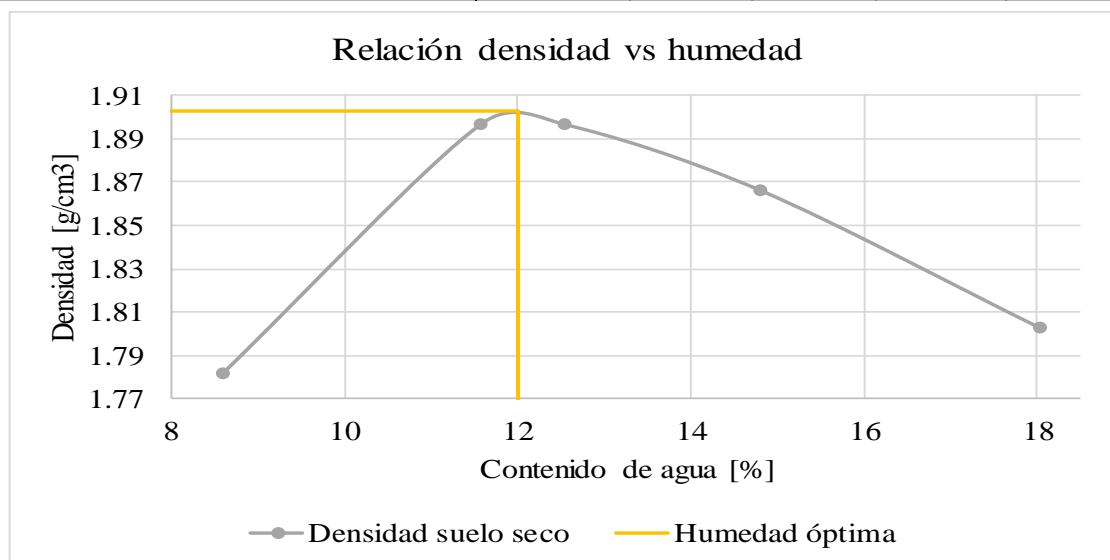
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilancia MinEducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO				
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)				
Sondeo N°: 14	Sector: Los Cerezos	Coodenadas		1372228,222 N		
Muestras N°: 26	Profundidad: 0.50 m			840489,637 E		
Muestra 26 (Sondeo 14 Nivel -0.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	4156.5	4156.5	4156.5	4156.5	4156.5	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5918.8	6157.2	6164.5	6121.7	6071.70	
Masa del suelo compactado [g]	1762.3	2000.7	2008.0	1965.2	1915.2	
Humedad	N° frasco	127	W50	14	Y30	117
		167	25	110	51	33
		SM1	AZP	9	109	DM16
	Masa frasco [g]	83.803	72.141	75.970	77.888	75.623
		84.295	78.512	86.936	80.756	77.772
		74.059	82.278	74.131	80.976	73.132
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	201.644	153.391	147.791	156.768	158.518
		201.567	184.457	168.853	147.557	154.647
		192.914	182.004	156.116	156.559	153.319
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	190.084	143.882	137.061	143.342	143.35
		190.266	171.693	157.401	136.608	141.026
		181.809	170.062	144.547	143.954	139.115
Humedad promedio	10.616	13.519	16.749	20.044	21.819	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.874	2.127	2.135	2.090	2.036	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.694	1.874	1.829	1.741	1.672	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	18.377	20.862	20.939	20.492	19.971	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	16.613	18.378	17.935	17.071	16.394	




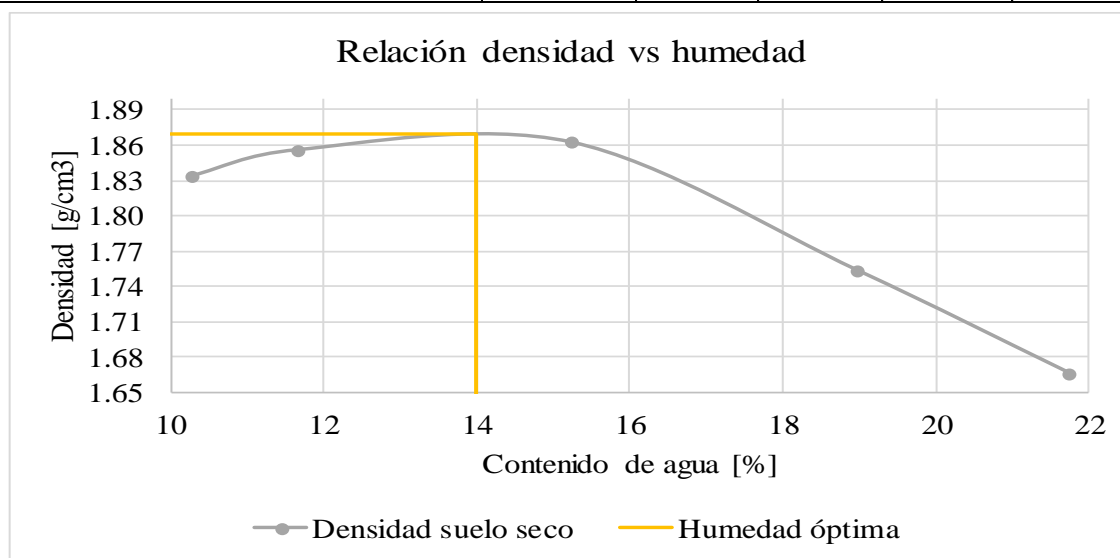
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada MinEducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO				
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)				
Sondeo N°: 15	Sector: Los Cerezos	Coodenadas		1372231,317 N		
Muestras N°: 27	Profundidad: 0.50 m			840483,521 E		
Muestra 27 (Sondeo 15 Nivel -0.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3717.5	3717.5	3717.5	3717.5	3717.5	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5597.0	5714.9	5747.1	5749.0	5669.6	
Masa del suelo compactado [g]	1879.5	1997.4	2029.6	2031.5	1952.1	
Humedad	N° frasco	161	21	44	43	26
		1	B2	55	74	38
		50	7	M81	D1	28
	Masa frasco [g]	71.743	82.398	74.501	73.339	77.002
		81.878	81.482	74.500	81.993	75.82
		80.427	75.653	79.446	68.629	79.619
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	206.351	177.690	162.243	161.467	180.821
		204.616	184.041	160.757	195.911	188.772
		184.974	169.680	175.583	167.556	204.808
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	196.576	167.470	151.417	148.173	162.141
		192.899	172.957	150.385	177.941	169.84
		173.858	159.918	162.041	152.458	182.871
Humedad promedio	10.094	11.905	14.713	18.168	21.108	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.999	2.124	2.158	2.160	2.076	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.815	1.898	1.881	1.828	1.714	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.599	20.828	21.164	21.184	20.356	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.802	18.612	18.449	17.927	16.808	




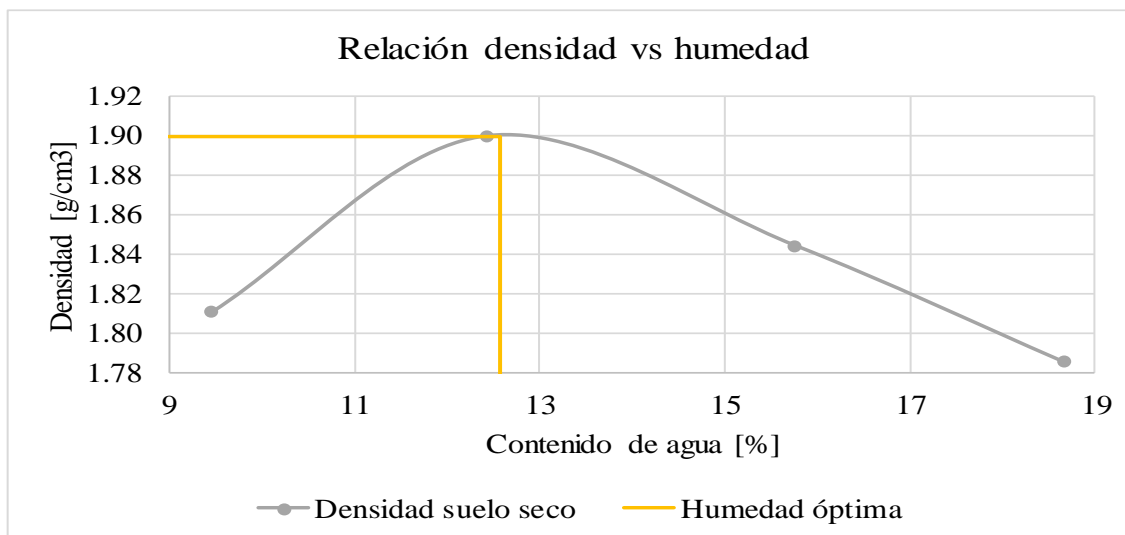
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO						
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)		
Sondeo N°:	16	Sector:	Los Cerezos	Coodenadas	1372237,463 N	
Muestras N°:	28	Profundidad:	0.50 m		840483,542 E	
Muestra 28 (Sondeo 16 Nivel -0.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3717.6	3717.6	3717.6	3717.6	3717.6	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5537.3	5708.4	5725.4	5732.8	5719	
Masa del suelo compactado [g]	1819.7	1990.8	2007.8	2015.2	2001.4	
Humedad	N° frasco	45	AZP	34	16	33
		DM16	47	SM1	3	31
		11	42	9	46	35
	Masa frasco [g]	80.866	82.275	34.295	75.322	77.764
		73.122	80.974	74.056	76.124	74.028
		75.788	81.133	74.124	79.901	74.469
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	177.029	182.409	191.443	178.788	195.571
		198.934	197.962	179.391	185.559	187.95
		203.046	183.723	184.671	175.422	174.394
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	168.599	172.026	177.519	164.865	178.018
		189.527	185.873	167.055	172.315	170.102
		193.502	173.001	170.517	162.866	159.139
Humedad promedio	8.599	11.588	12.557	14.817	18.034	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.935	2.117	2.135	2.143	2.128	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.782	1.897	1.897	1.866	1.803	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	18.975	20.759	20.936	21.014	20.870	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.473	18.603	18.601	18.302	17.681	




 Universidad Francisco de Paula Santander <small>sigla: UNIPAS</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)					
Sondeo N°: 17	Sector: Los Cerezos	Coodenadas		1372237,495 N			
Muestras N°: 29	Profundidad: 0.50 m			840474,352 E			
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel -0.50 m)							
Número de prueba	1	2	3	4	5		
Masa molde [g]	4156.5	4156.5	4156.5	4156.5	4156.5		
Volumen molde [cm ³]	940.449						
Masa (suelo compactado + molde) [g]	6058.4	6105.2	6174.6	6118.6	6064.4		
Masa del suelo compactado [g]	1901.9	1948.7	2018.1	1962.1	1907.9		
Humedad	N° frasco	M2	72	6	W50	48	
			20	192	Y30	18	54
			51	109	127	117	52
	Masa frasco [g]	72.374	84.123	73.662	72.134	80.559	
		76.978	85.636	77.876	76.854	74.391	
		80.747	80.972	83.797	75.608	80.238	
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	132.542	199.071	158.767	146.833	153.045	
		138.122	202.773	159.266	168.300	145.803	
		126.514	176.555	171.617	145.753	151.637	
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	127.080	185.696	147.927	135.109	139.971	
132.437		191.029	148.606	153.793	133.294		
122.131		167.355	159.491	134.345	138.766		
Humedad promedio	10.275	11.654	15.229	18.965	21.744		
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.022	2.072	2.146	2.086	2.029		
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.834	1.856	1.862	1.754	1.666		
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.832	20.320	21.044	20.460	19.895		
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.984	18.199	18.263	17.198	16.341		

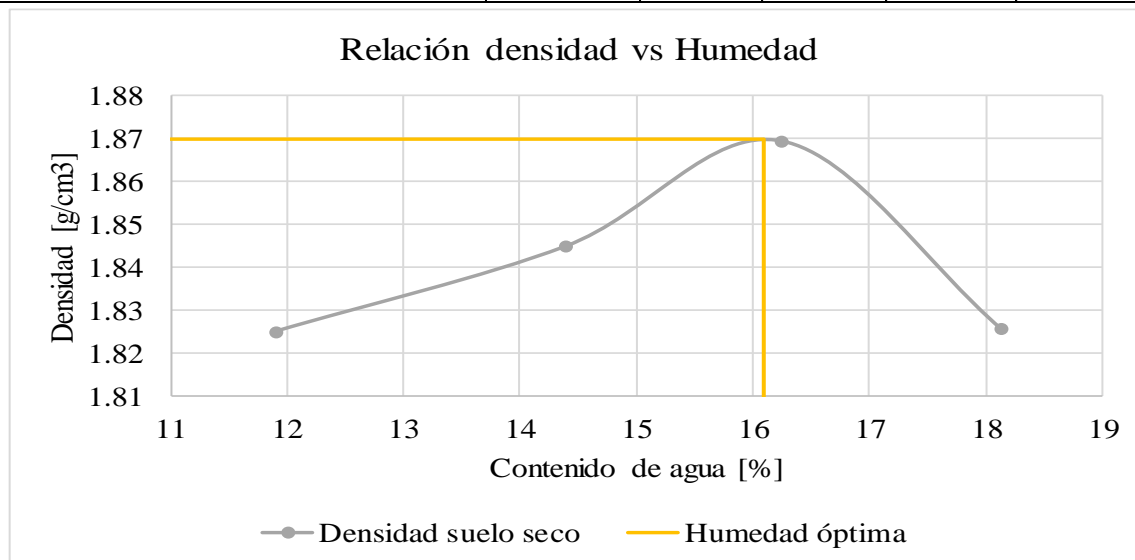



 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada MinEducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°: 18	Sector: Los Cerezos	Coodenadas		1372240,558 N	
Muestras N°: 30	Profundidad: 0.50 m			840477,426 E	
Muestra 30 (Sondeo 18 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	4156.5	4156.5	4156.5	4156.5	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	6020.4	6165.0	6164.2	6149.2	
Masa del suelo compactado [g]	1863.9	2008.5	2007.7	1992.7	-
Humedad	N° frasco	30	M10	25	167
		53	15	110	36
		29	37	17	5
	Masa frasco [g]	76.825	79.059	78.498	84.292
		80.240	73.979	86.930	78.571
		77.139	78.109	75.743	73.640
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	178.062	177.422	182.107	180.962
		206.657	153.392	157.511	159.503
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	199.398	178.511	176.099	176.551
		168.890	166.526	169.345	166.052
Humedad promedio	195.721	145.083	164.132	146.323	
	189.379	166.834	146.511	160.627	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.982	2.136	2.135	2.119	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.811	1.899	1.844	1.786	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.436	20.944	20.935	20.779	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.757	18.628	18.085	17.511	

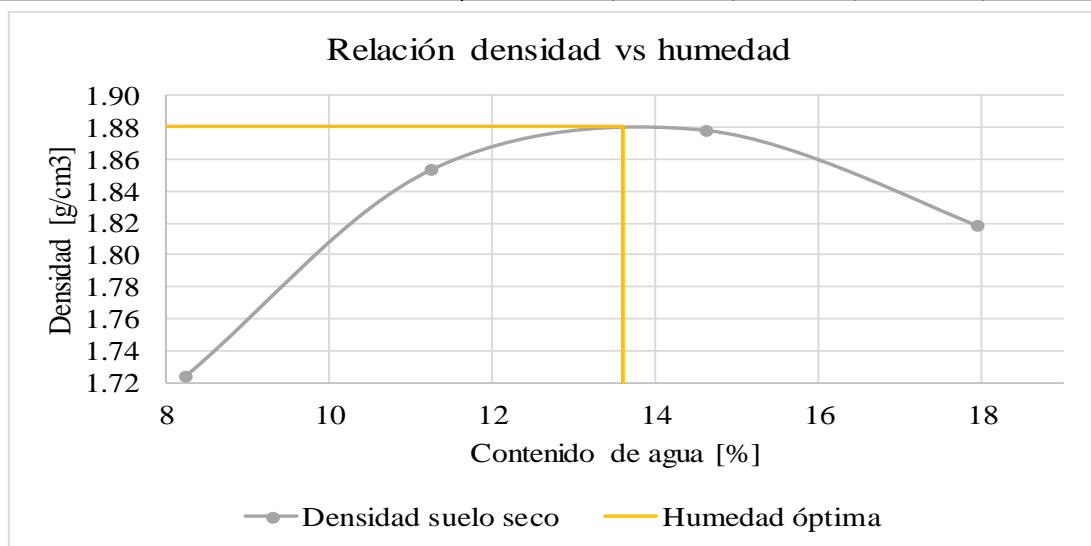



 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)	
Sondeo N°:	21	Sector: Los Cerezos	Coodenadas 1372237,495 N		
Muestras N°:	33	Profundidad: 0.50 m	840474,352 E		

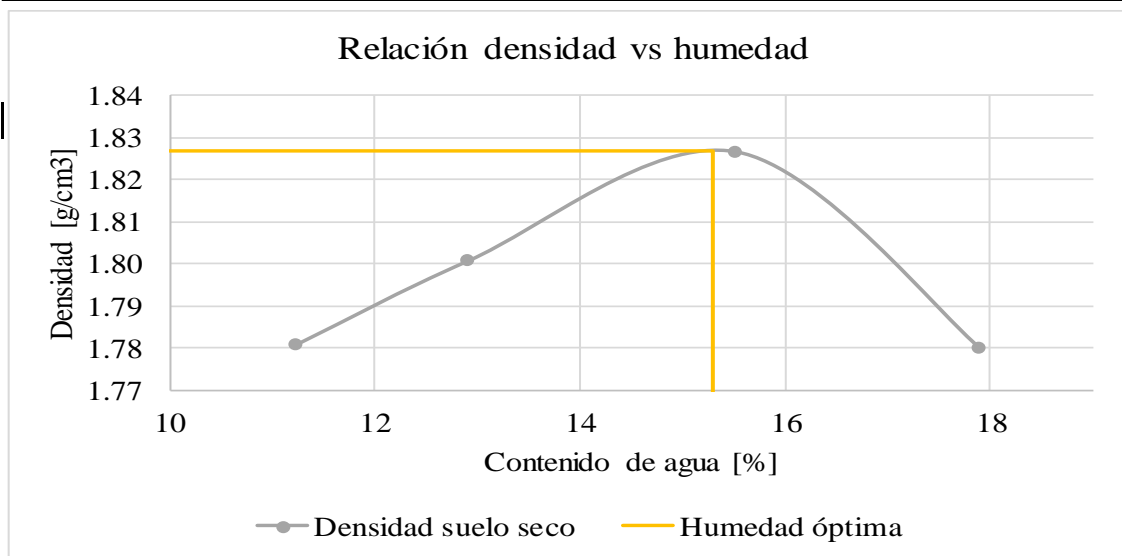
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	
Masa molde [g]	3717.1	3717.1	3717.1	3717.1	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5637.5	5701.8	5760.7	5745.2	
Masa del suelo compactado [g]	1920.4	1984.7	2043.6	2028.1	
Humedad	N° frasco	50	33	15	25
		30	1	43	11
		36	21	D-1	109
	Masa frasco [g]	80.422	77.774	73.977	78.500
		76.825	81.853	73.336	75.787
		78.562	82.394	68.616	80.973
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	178.071	180.608	159.751	189.685
		148.164	164.215	177.076	172.944
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	167.525	168.040	147.986	171.995
		140.730	153.936	162.453	158.739
Humedad promedio	155.905	169.970	143.196	166.204	
	11.890	14.390	16.241	18.129	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.042	2.110	2.173	2.157	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.825	1.845	1.869	1.826	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	20.025	20.696	21.310	21.148	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.897	18.092	18.332	17.903	




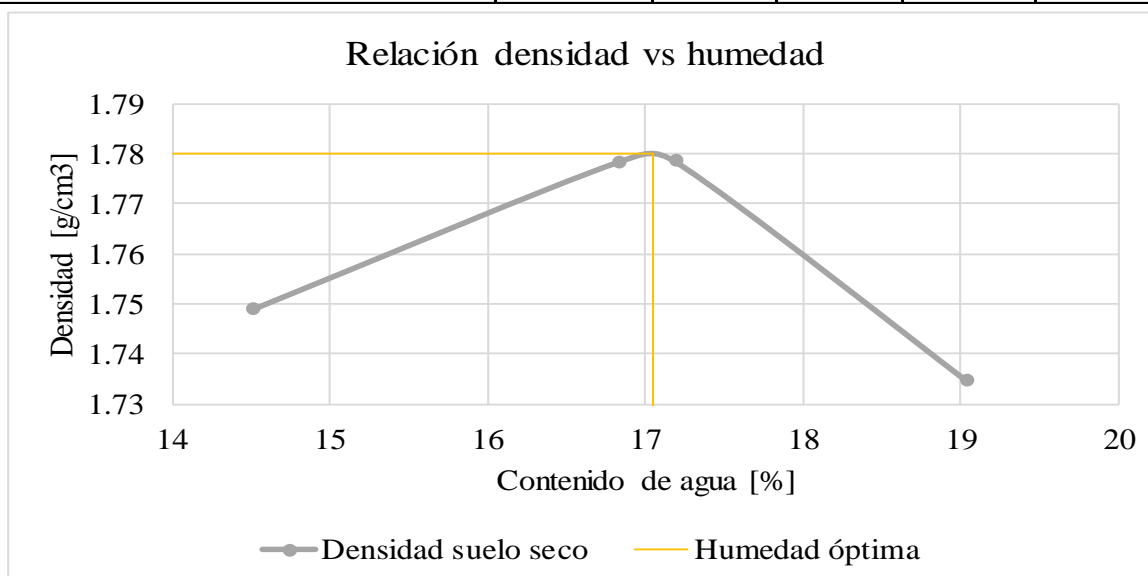
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilancia MinEducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°: 24	Sector: Los Cerezos	Coodenadas		1372265,120 N	
Muestras N°: 36	Profundidad: 0.50 m			840483,639 E	
Muestra 36 (Sondeo 24 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	4156.4	4156.4	4156.4	4156.4	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5911.3	6096.3	6181.4	6173.5	
Masa del suelo compactado [g]	1754.9	1939.9	2025.0	2017.1	-
Humedad	N° frasco	M2	33	20	117
		47	53	SM1	192
		52	72	Y30	167
	Masa frasco [g]	73.372	77.769	76.975	75.610
		80.978	80.240	74.054	85.636
		80.241	84.120	77.873	84.290
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	192.947	195.337	166.086	147.605
		193.993	191.649	169.597	189.352
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	186.762	212.332	176.273	174.449
		184.788	184.055	154.374	136.695
Humedad promedio	184.776	180.459	157.504	173.815	
	178.417	198.616	163.986	160.445	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.866	2.063	2.153	2.145	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.724	1.854	1.878	1.818	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	18.299	20.228	21.116	21.033	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	16.907	18.182	18.421	17.832	




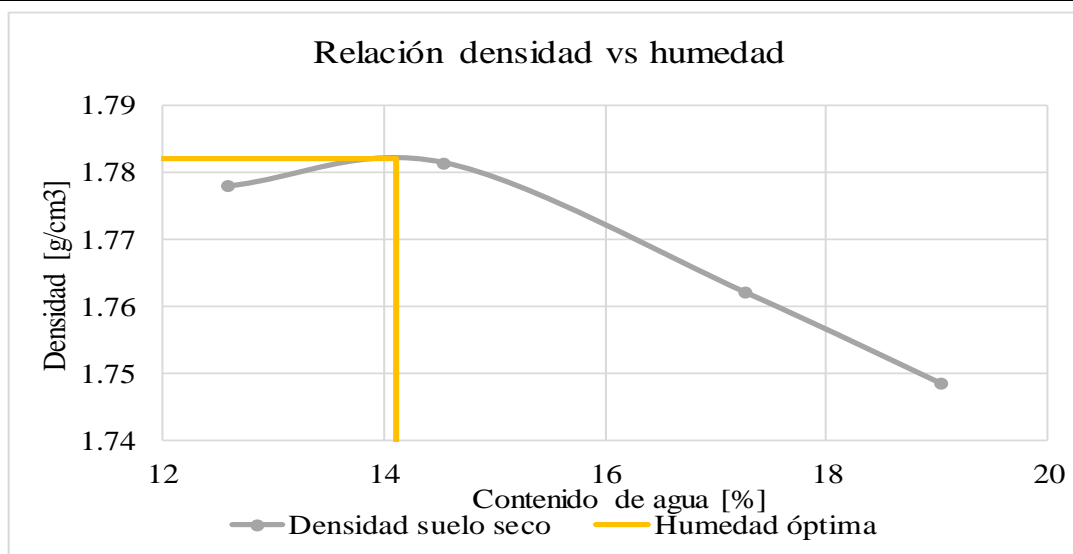
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada MinEducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO				
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)				
Sondeo N°: 25	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361287,957 N		
Muestras N°: 37	Profundidad: 0.50 m			844122,652 E		
Muestra 37 (Sondeo 25 Nivel -0.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	4156.4	4156.4	4156.4	4156.4		
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	6019.1	6068.6	6140.6	6130.0		
Masa del suelo compactado [g]	1862.7	1912.2	1984.2	1973.6	-	
Humedad	N° frasco	M2	33	20	117	
		47	53	SM1	192	
		52	72	Y30	167	
	Masa frasco [g]	73.372	77.769	76.975	75.610	
		80.978	80.240	74.054	85.636	
		80.241	84.120	77.873	84.290	
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	185.317	187.803	165.715	159.521	
		180.440	192.319	173.245	184.881	
		163.981	200.053	170.189	181.670	
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	174.652	174.845	153.356	147.154	
		170.057	180.240	160.464	169.764	
		155.354	186.435	157.753	166.514	
Humedad promedio	11.224	12.912	15.513	17.896		
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.981	2.033	2.110	2.099		
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.781	1.801	1.826	1.780		
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.423	19.940	20.690	20.580		
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.463	17.659	17.912	17.456		




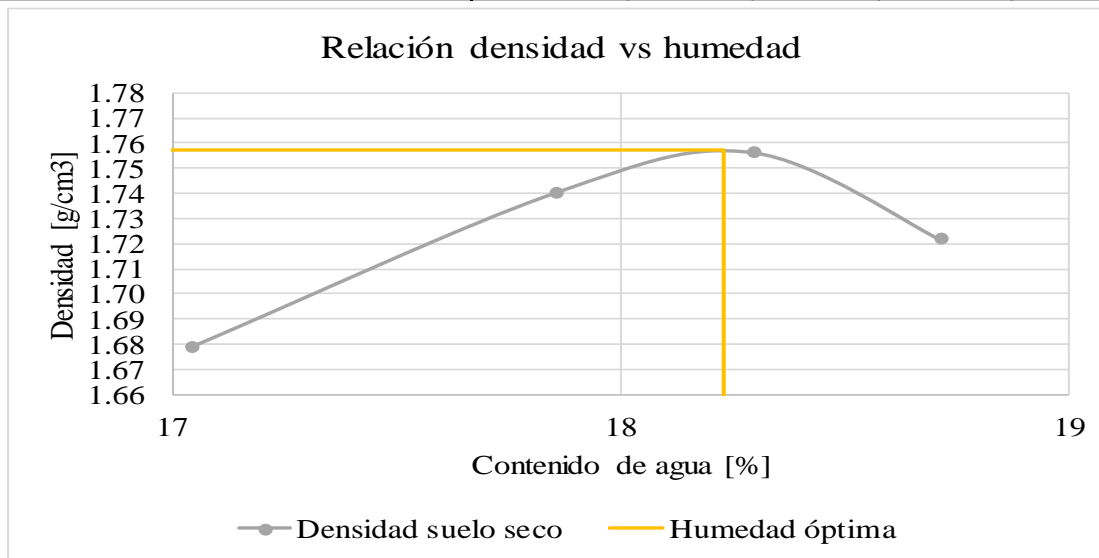
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°: 25	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361287,957 N	
Muestras N°: 38	Profundidad: 1.00 m			844122,652 E	
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel -1.00 m)					
Número de prueba		1	2	3	4
Masa molde [g]		4156.2	4156.2	4156.2	4156.2
Volumen molde [cm ³]		940.449			
Masa (suelo compactado + molde) [g]		6039.5	6110.0	6116.3	6098.10
Masa del suelo compactado [g]		1883.3	1953.8	1960.1	1941.9
Humedad	N° frasco	127	11	35	DM16
		25	109	W50	34
		29	30	110	18
	Masa frasco [g]	83.800	75.788	74.476	73.125
		78.502	80.974	72.098	74.276
		77.139	76.829	86.929	76.858
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	187.139	178.956	150.003	177.702
		187.925	169.976	165.711	168.729
		186.702	162.415	200.702	181.894
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	174.313	164.536	138.482	160.851
		173.228	156.339	152.597	152.658
		173.381	150.523	183.919	166.320
Humedad promedio		14.509	16.827	17.198	19.040
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.003	2.078	2.084	2.065
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.749	1.778	1.778	1.735
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		19.638	20.373	20.439	20.249
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		17.150	17.439	17.440	17.010




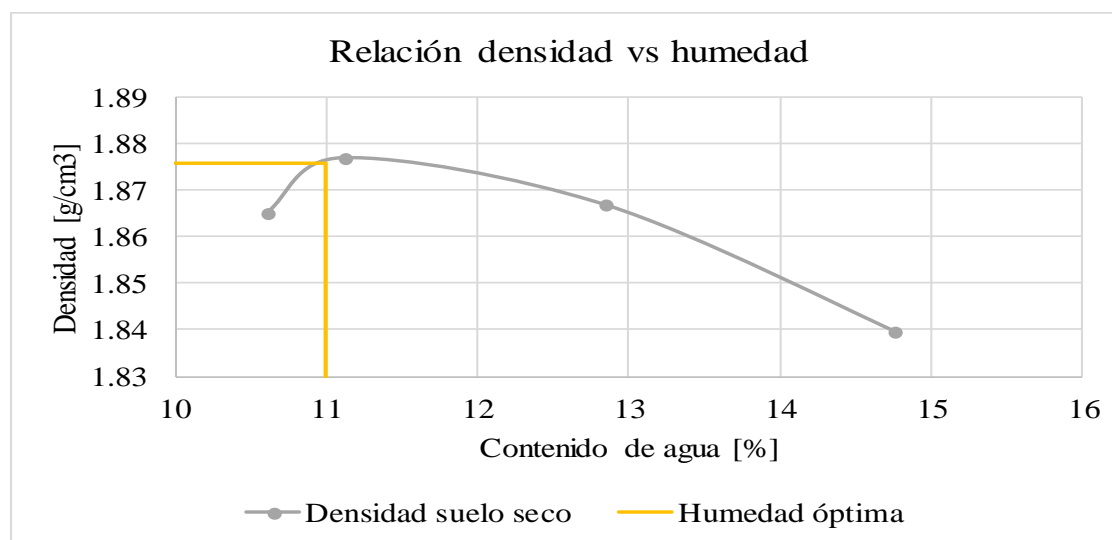
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada MinEducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°: 26	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361294,072 N	
Muestras N°: 40	Profundidad: 1.00 m			844131,866 E	
Muestra 40 (Sondeo 26 Nivel -1.00 m)					
Número de prueba		1	2	3	4
Masa molde [g]		4156.4	4156.4	4156.4	4156.4
Volumen molde [cm ³]		940.449			
Masa (suelo compactado + molde) [g]		6038.8	6075.2	6099.7	6113.80
Masa del suelo compactado [g]		1882.4	1918.8	1943.3	1957.4
Humedad	N° frasco	35	127	11	DM16
		W50	25	109	34
		110	29	30	18
	Masa frasco [g]	74.476	83.800	75.788	73.125
		72.098	78.502	80.974	74.276
		86.929	77.139	76.829	76.858
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	180.124	174.302	165.636	168.896
		201.702	174.172	169.122	152.150
		225.828	171.870	146.172	168.922
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	167.593	162.833	152.452	153.603
187.118		161.449	156.015	139.400	
211.368		160.403	136.015	154.536	
Humedad promedio		12.586	14.541	17.275	19.034
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.002	2.040	2.066	2.081
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.778	1.781	1.762	1.749
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		19.629	20.008	20.264	20.411
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		17.435	17.468	17.279	17.147




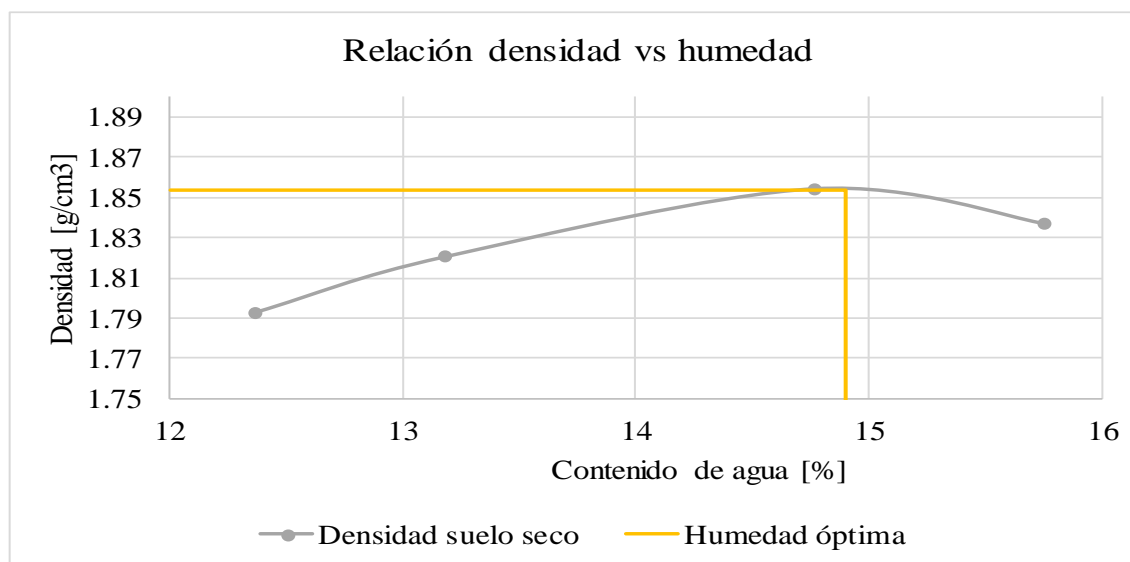
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilancia Mineducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO				
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)				
Sondeo N°: 26	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361294,072 N		
Muestras N°: 41	Profundidad: 1.50 m			844131,866 E		
Muestra 41 (Sondeo 26 Nivel -1.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3717.1	3717.1	3717.1	3717.1	3717.1	
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5565.0	5646.0	5671.2	5639.3		
Masa del suelo compactado [g]	1847.9	1928.9	1954.1	1922.2		
Humedad	N° frasco	SM1	M2	117	52	
		72	33	20	47	
		167	Y30	192	53	
	Masa frasco [g]	74.054	72.372	75.610	80.241	
		84.120	77.769	76.975	80.978	
		84.290	77.873	85.636	80.240	
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	172.452	177.443	175.332	161.170	
		196.397	187.945	161.616	175.628	
		202.235	162.742	167.980	163.820	
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	156.622	160.374	160.267	149.179	
		181.084	172.392	149.213	161.336	
		185.821	149.959	154.300	149.335	
Humedad promedio	17.044	17.855	18.296	18.714		
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.965	2.051	2.078	2.044		
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.679	1.740	1.756	1.722		
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.269	20.114	20.377	20.044		
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	16.463	17.066	17.225	16.884		




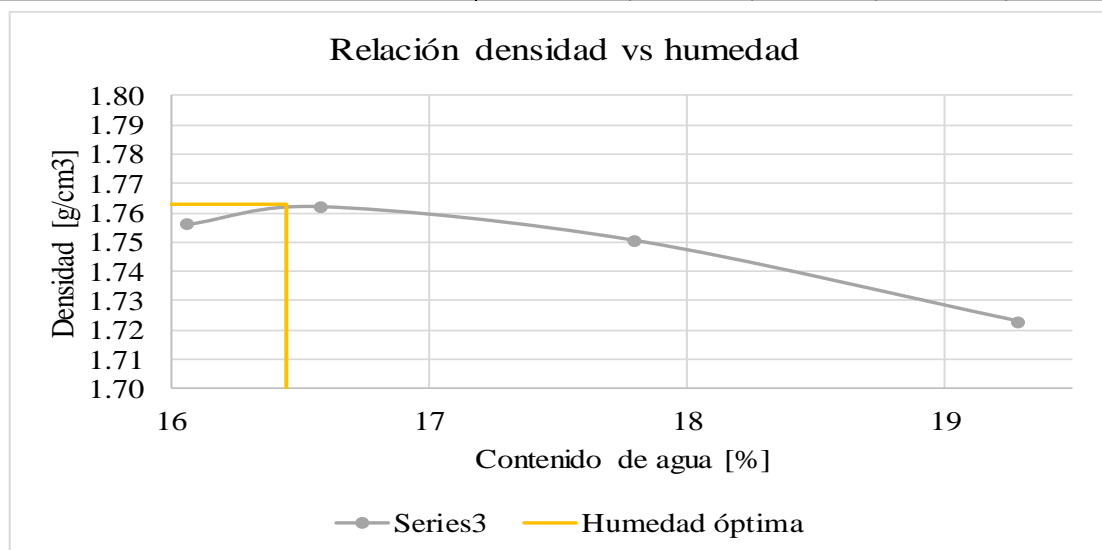
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Valledupar - Magdalena</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°: 30	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361324,740 N	
Muestras N°: 48	Profundidad: 0.50 m			844150,355 E	
Muestra 48 (Sondeo 30 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba		1	2	3	4
Masa molde [g]		4156.4	4156.4	4156.4	4156.4
Volumen molde [cm ³]		940.449			
Masa (suelo compactado + molde) [g]		6096.5	6117.8	6137.6	6141.8
Masa del suelo compactado [g]		1940.1	1961.4	1981.2	1985.4
Humedad	N° frasco	55	36	1	15
		B2	D1	43	M10
		16	21	44	50
	Masa frasco [g]	74.484	78.561	81.851	73.978
		81.472	68.611	73.337	79.057
		75.322	82.395	74.500	80.421
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	203.159	181.843	172.561	166.020
		185.003	163.028	164.341	167.300
		172.831	192.425	180.115	180.147
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	190.478	171.466	161.834	154.545
175.828		153.288	154.319	155.387	
163.037		181.810	168.164	167.568	
Humedad promedio		10.607	11.116	12.849	14.761
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.063	2.086	2.107	2.111
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.865	1.877	1.867	1.840
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		20.231	20.453	20.659	20.703
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		18.290	18.406	18.307	18.040




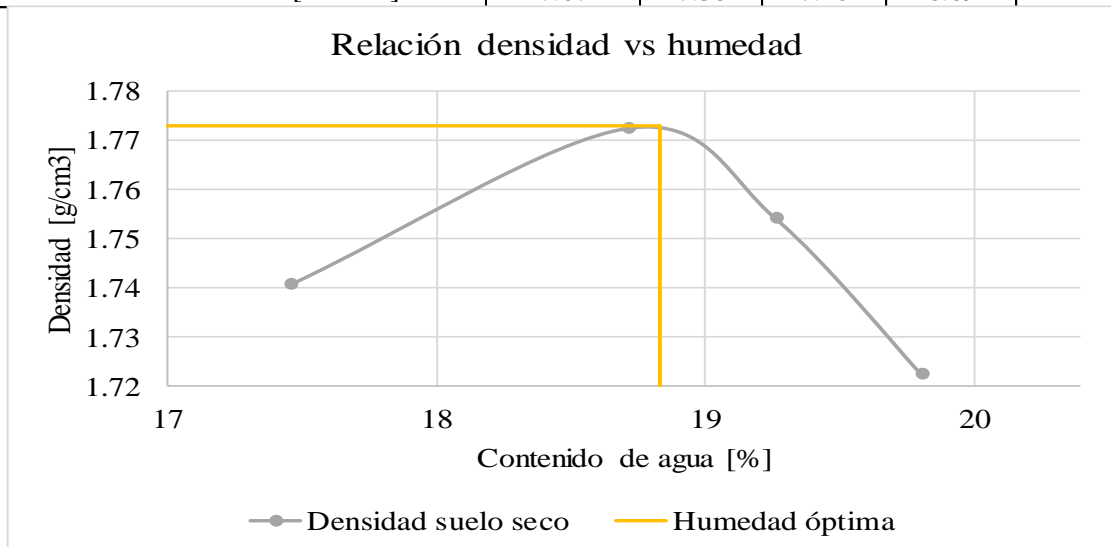
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada MinEducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO				
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)				
Sondeo N°: 30	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361324,740 N		
Muestras N°: 50	Profundidad: 0.50 m			844150,355 E		
Muestra 50 (Sondeo 30 Nivel -1.50 m)						
Número de prueba		1	2	3	4	5
Masa molde [g]		3717.1	3717.1	3717.1	3717.1	
Volumen molde [cm ³]		940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]		5611.8	5654.8	5718.5	5716.80	
Masa del suelo compactado [g]		1894.7	1937.7	2001.4	1999.7	-
Humedad	N° frasco	74	M81	38	14	
		22	161	26	10	
		19	28	7	12	
	Masa frasco [g]	82.001	84.282	75.819	75.974	
		80.188	71.743	76.992	80.951	
		78.010	79.616	75.642	73.926	
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	201.500	186.954	172.731	173.730	
		182.979	178.437	167.120	206.314	
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	176.437	168.718	178.426	193.942	
		189.565	174.664	160.765	160.654	
	Humedad promedio	171.153	165.867	155.717	189.925	
		165.101	158.754	164.457	176.686	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.015	2.060	2.128	2.126	
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.793	1.820	1.854	1.837	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		19.757	20.206	20.870	20.852	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		17.582	17.852	18.185	18.013	




 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada por el Ministerio de Educación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°: 31	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361324,709 N	
Muestras N°: 51	Profundidad: 0.50 m			844159,548 E	
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba		1	2	3	4
Masa molde [g]		3717.1	3717.1	3717.1	3717.1
Volumen molde [cm ³]		940.449			
Masa (suelo compactado + molde) [g]		5634.0	5649.2	5656.5	5649.9
Masa del suelo compactado [g]		1916.9	1932.1	1939.4	1932.8
Humedad	N° frasco	208	257	287	275
		286	285	266	267
		250	289	214	269
	Masa frasco [g]	73.072	85.389	69.800	89.768
		74.787	90.434	90.034	70.485
		72.023	74.710	89.923	90.133
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	160.332	190.482	177.977	180.812
		204.719	201.380	186.493	157.099
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	199.987	198.184	207.396	184.127
		148.57	173.924	161.933	168.113
Humedad promedio	188.72	185.858	170.727	141.856	
	179.94	182.282	190.801	168.263	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.038	2.054	2.062	2.055
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.756	1.762	1.751	1.723
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		19.989	20.147	20.223	20.154
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		17.222	17.281	17.167	16.895

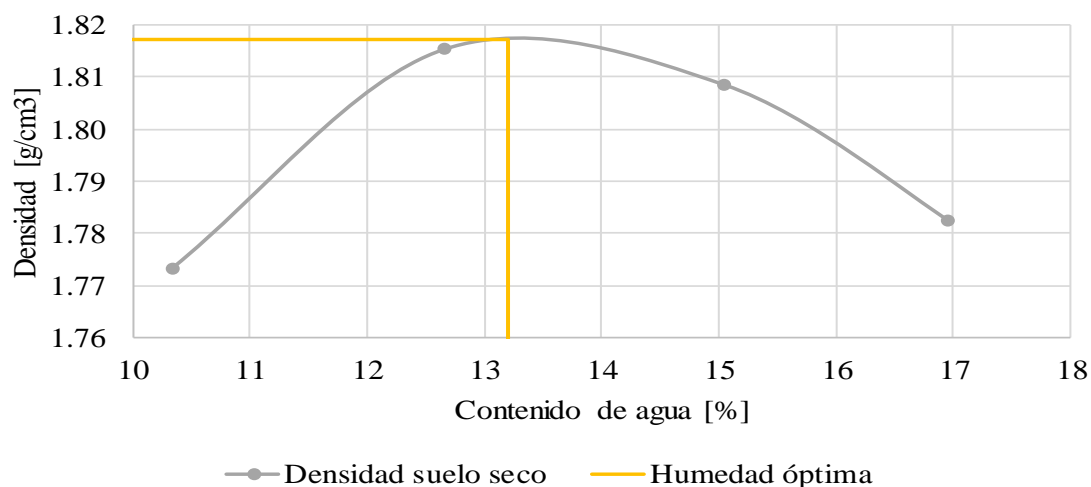


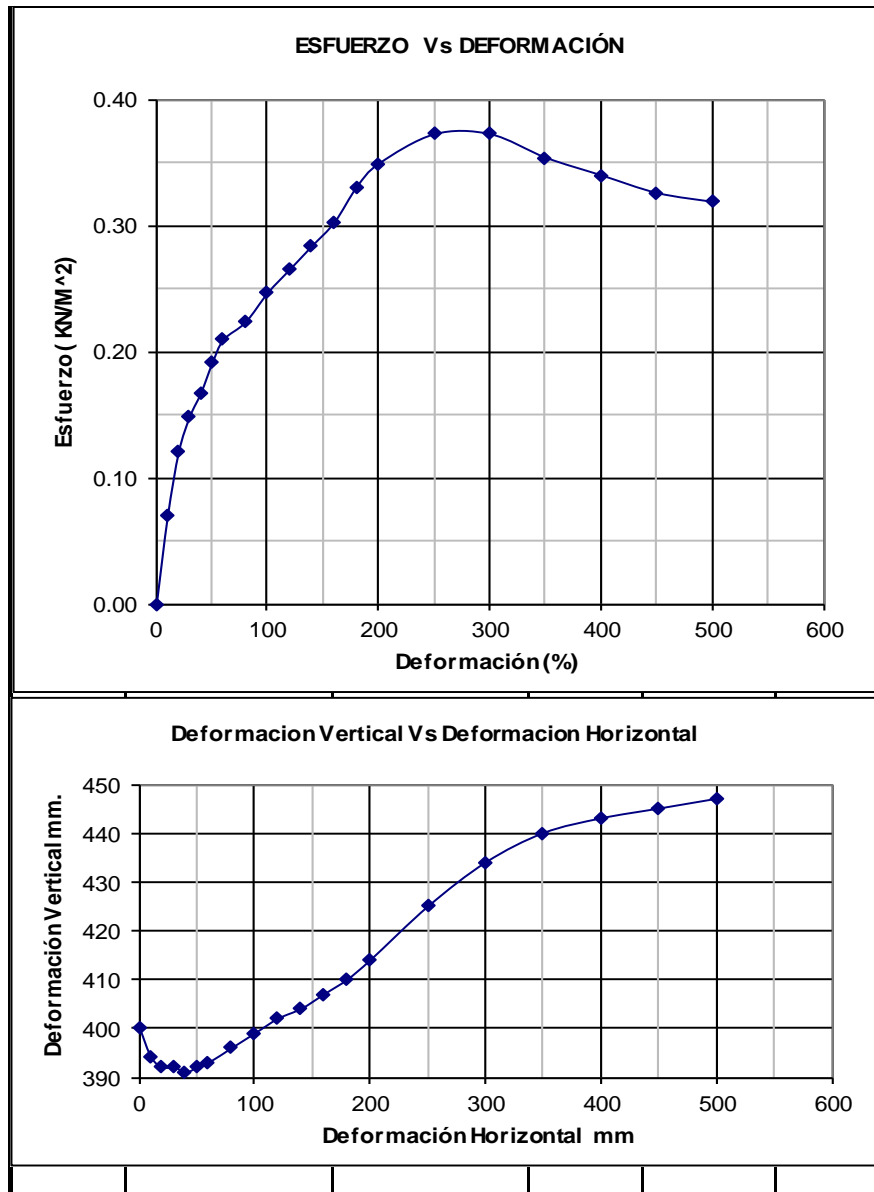
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)					
Sondeo N°: 32	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361326,256 N			
Muestras N°: 53	Profundidad: 0.50 m			844156,488 E			
Muestra 53 (Sondeo 32 Nivel -0.50 m)							
Número de prueba	1	2	3	4	5		
Masa molde [g]	3717.1	3717.1	3717.1	3717.1			
Volumen molde [cm ³]	940.449						
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5631.8	5687.7	5676.3	5649.80			
Masa del suelo compactado [g]	1914.7	1970.6	1959.2	1932.7	-		
Humedad	N° frasco	M81	74	38	14		
			161	22	26	10	
			28	19	7	12	
	Masa frasco [g]		84.282	82.001	75.819	75.974	
			71.743	80.188	76.992	80.951	
			79.616	78.010	75.642	73.926	
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]		185.400	161.033	171.883	163.898	
			191.569	175.597	168.723	166.393	
	Masa (frasco + suelo seco) [g]		168.334	192.798	177.619	169.014	
			169.605	149.623	155.515	149.097	
	Humedad promedio		175.792	159.188	153.326	152.333	
			155.318	176.113	163.867	154.519	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.036	2.095	2.083	2.055			
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.741	1.772	1.754	1.723			
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.966	20.549	20.430	20.153			
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.071	17.382	17.202	16.892			




 Universidad Francisco de Paula Santander <small>sigla: UNIPAS</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°: 33	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361315,521 N	
Muestras N°: 56	Profundidad: 0.50 m			844150,324 E	
Muestra 56 (Sondeo 33 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	4156.2	4156.2	4156.2	4156.2	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5996.40	6079.6	6113.0	6116.7	
Masa del suelo compactado [g]	1840.2	1923.4	1956.8	1960.5	-
Humedad	N° frasco	DM16	35	127	11
		34	W50	25	109
		18	110	29	30
	Masa frasco [g]	73.125	74.476	83.800	75.788
		74.276	72.098	78.502	80.974
		76.858	86.929	77.139	76.829
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	190.175	190.721	187.062	172.895
		202.502	181.479	175.230	172.247
		200.411	206.748	160.384	170.243
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	188.945	177.616	174.202	158.853
179.585		169.156	161.865	159.409	
191.043		193.370	149.592	156.258	
Humedad promedio	10.343	12.657	15.051	16.960	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.957	2.045	2.081	2.085	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.773	1.815	1.809	1.782	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.189	20.056	20.405	20.443	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.390	17.803	17.735	17.479	

Relación densidad vs humedad



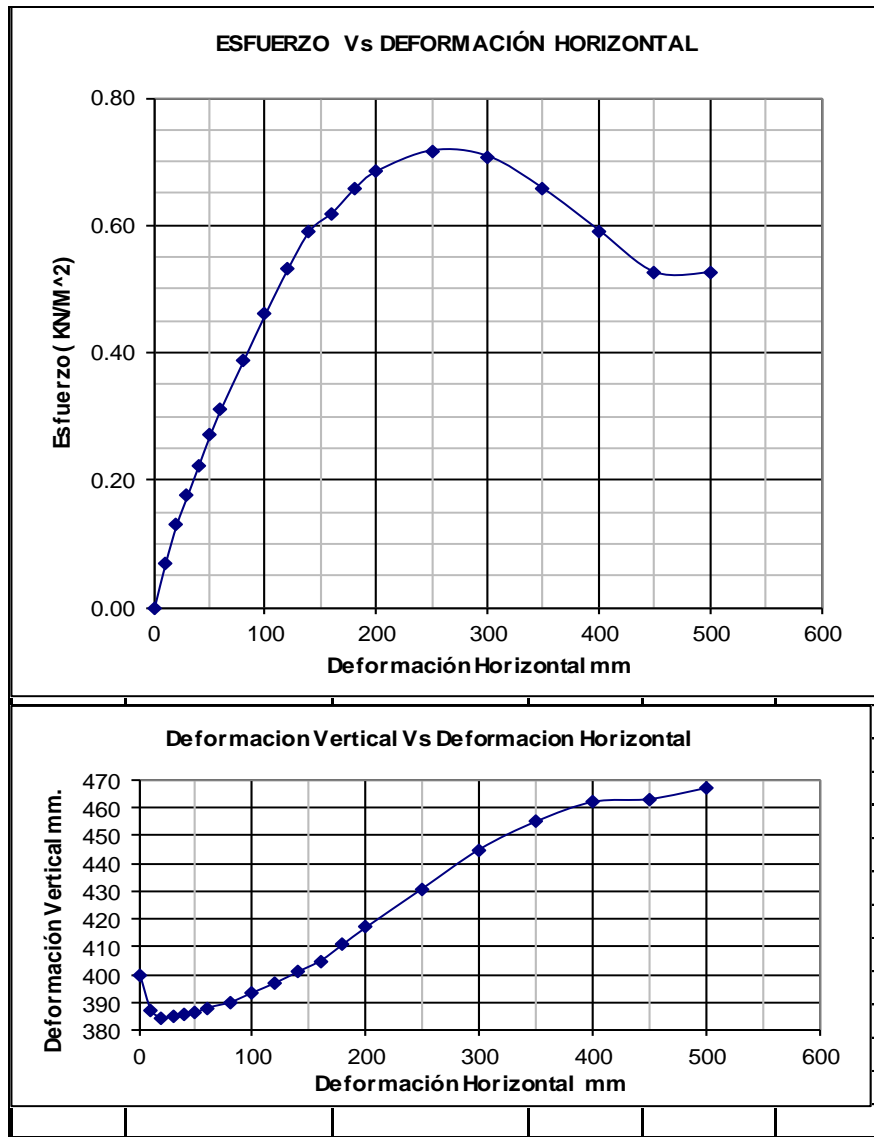



 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
---	--

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	-				
SONDEO No. :	-				
MUESTRA No. :	Vidrio				
PROFUNDIDAD :	-				
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	0.00	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	8	Peso seco(W2):	0.00		
		Peso tara(W3):	1.00	σ_n (Kg/cm ²) :	0.46
		Humedad (%):	0.00		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi = \tau / \sigma_n$
0	0	400	0.00	0.00	0.0000
15	10	387	1.22	0.07	0.1519
28	20	385	2.27	0.13	0.2835
38	30	385	3.08	0.18	0.3848
48	40	386	3.89	0.22	0.4860
58	50	387	4.70	0.27	0.5873
67	60	388	5.43	0.31	0.6784
83	80	390	6.72	0.39	0.8404
99	100	394	8.02	0.46	1.0024
114	120	397	9.23	0.53	1.1543
127	140	401	10.29	0.59	1.2859
133	160	405	10.77	0.62	1.3466
141	180	411	11.42	0.66	1.4276
147	200	417	11.91	0.68	1.4884
154	250	431	12.47	0.72	1.5593
152	300	445	12.31	0.71	1.5390
141	350	455	11.42	0.66	1.4276
127	400	462	10.29	0.59	1.2859
113	450	463	9.15	0.53	1.1441
113	500	467	9.15	0.53	1.1441

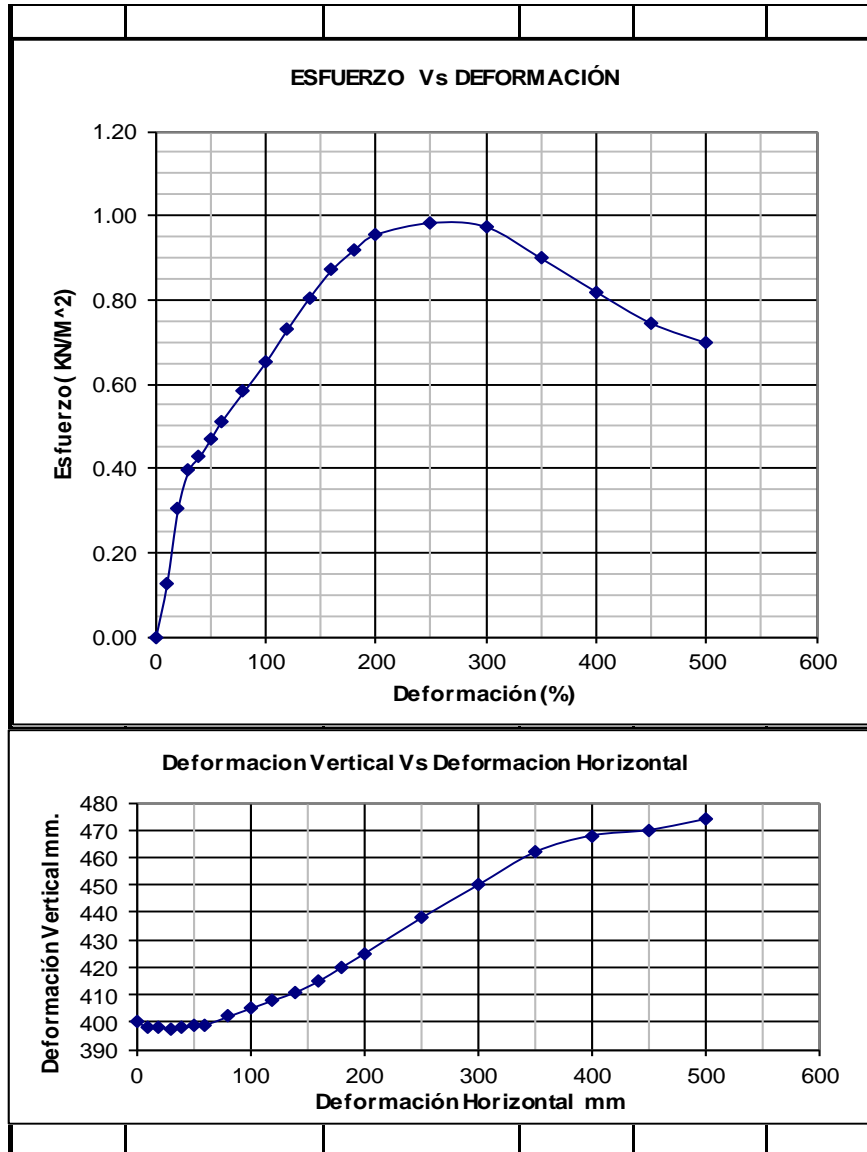



 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	-				
SONDEO No. :	-				
MUESTRA No. :	Vidrio				
PROFUNDIDAD :	-				
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	0.00	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	13	Peso seco(W2):	0.00	σ _n (Kg/cm ²) :	0.75
		Peso tara(W3):	1.00		
		Humedad (%):	0.00		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm ²)	TAN Φ = τ / σ _n
0	0	400	0.00	0.00	0.0000
27	10	398	2.19	0.13	0.1682
65	20	398	5.27	0.30	0.4050
85	30	398	6.89	0.40	0.5296
92	40	398	7.45	0.43	0.5732
101	50	399	8.18	0.47	0.6293
110	60	399	8.91	0.51	0.6854
125	80	402	10.13	0.58	0.7788
140	100	405	11.34	0.65	0.8723
157	120	408	12.72	0.73	0.9782
173	140	411	14.01	0.81	1.0779
187	160	415	15.15	0.87	1.1652
197	180	420	15.96	0.92	1.2275
205	200	425	16.61	0.95	1.2773
211	250	438	17.09	0.98	1.3147
209	300	450	16.93	0.97	1.3022
193	350	462	15.63	0.90	1.2025
176	400	468	14.26	0.82	1.0966
160	450	470	12.96	0.74	0.9969
150	500	474	12.15	0.70	0.9346

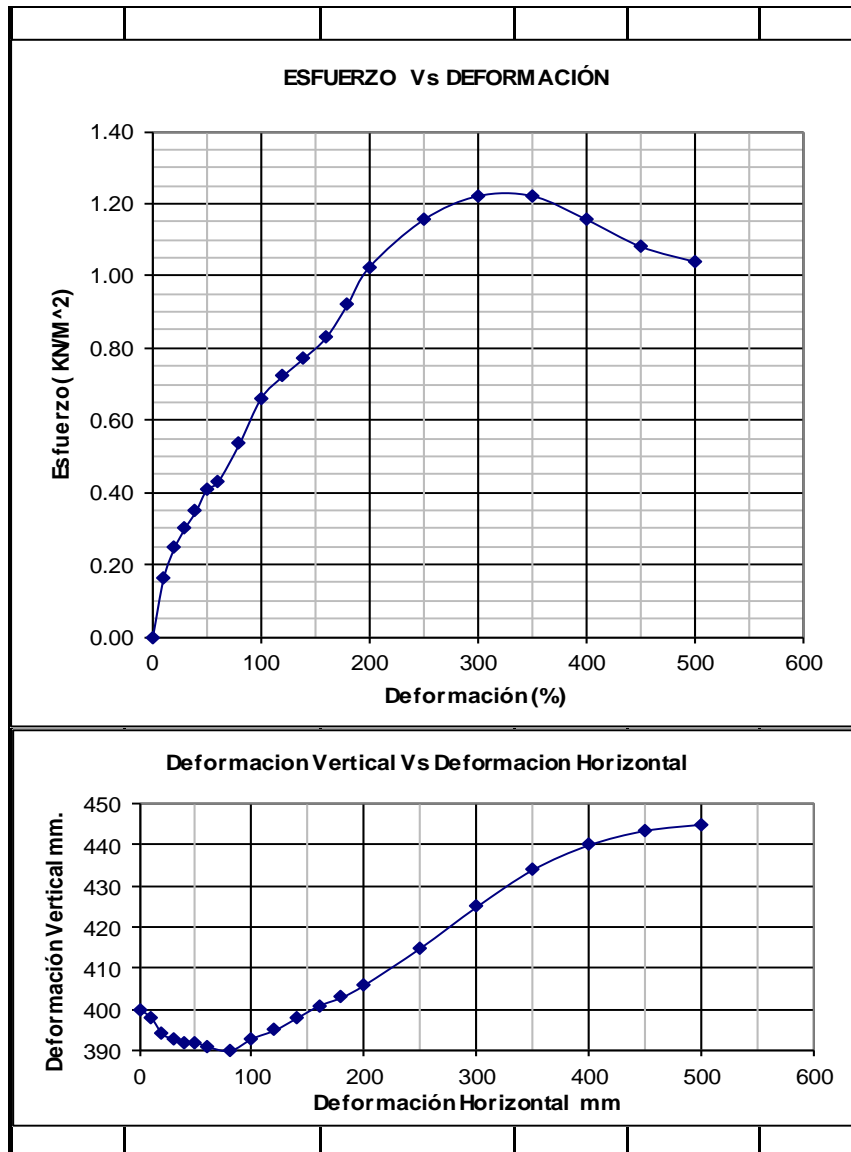


 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	-				
SONDEO No. :	-				
MUESTRA No. :	Vidrio				
PROFUNDIDAD :	-				
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	0.00	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	21	Peso seco(W2):	0.00	σ _n (Kg/cm ²) :	1.21
		Peso tara(W3):	1.00		
		Humedad (%):	0.00		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm ²)	TAN Φ = τ / σ _n
0	0	400	0.00	0.00	0.0000
35	10	398	2.84	0.16	0.1350
53	20	394	4.29	0.25	0.2044
65	30	393	5.27	0.30	0.2507
75	40	392	6.08	0.35	0.2893
88	50	392	7.13	0.41	0.3394
92	60	391	7.45	0.43	0.3549
115	80	390	9.32	0.54	0.4436
142	100	393	11.50	0.66	0.5477
155	120	395	12.56	0.72	0.5979
166	140	398	13.45	0.77	0.6403
178	160	401	14.42	0.83	0.6866
198	180	403	16.04	0.92	0.7637
220	200	406	17.82	1.02	0.8486
248	250	415	20.09	1.15	0.9566
262	300	425	21.22	1.22	1.0106
262	350	434	21.22	1.22	1.0106
248	400	440	20.09	1.15	0.9566
232	450	444	18.79	1.08	0.8949
223	500	445	18.06	1.04	0.8601



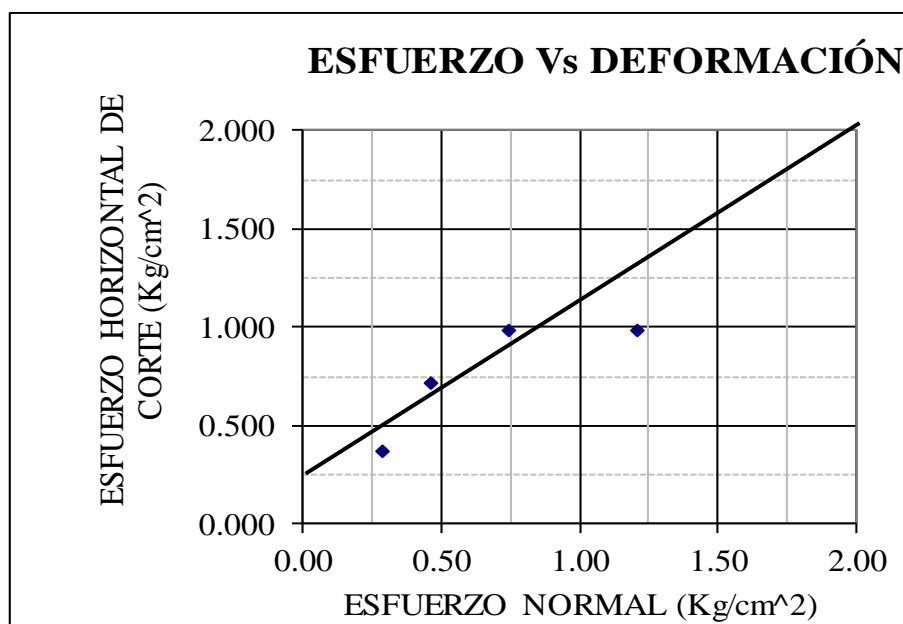


Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082

GRAFICO ENSAYO DE CORTE DIRECTO

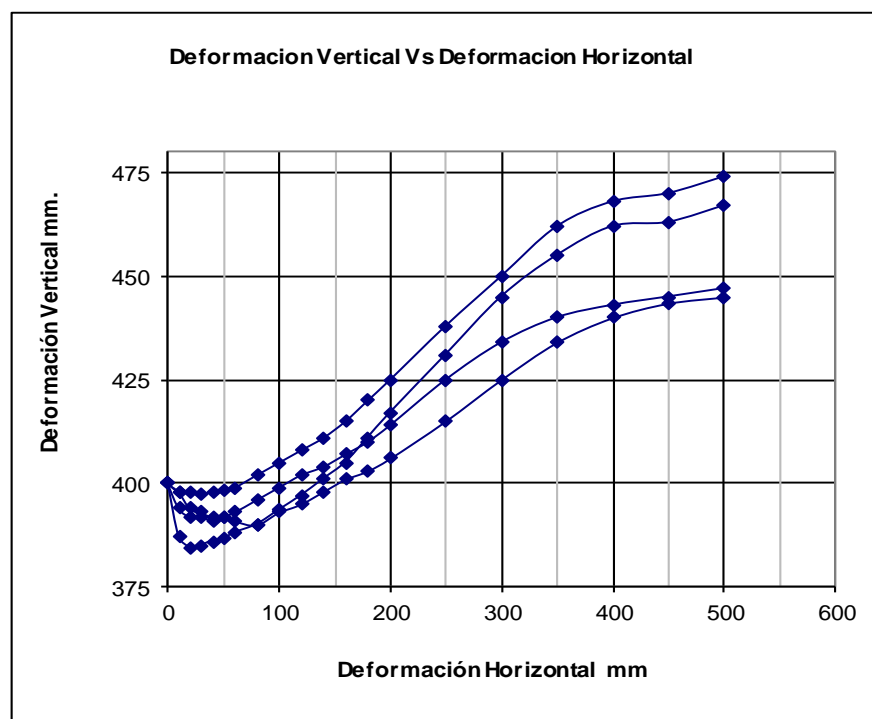
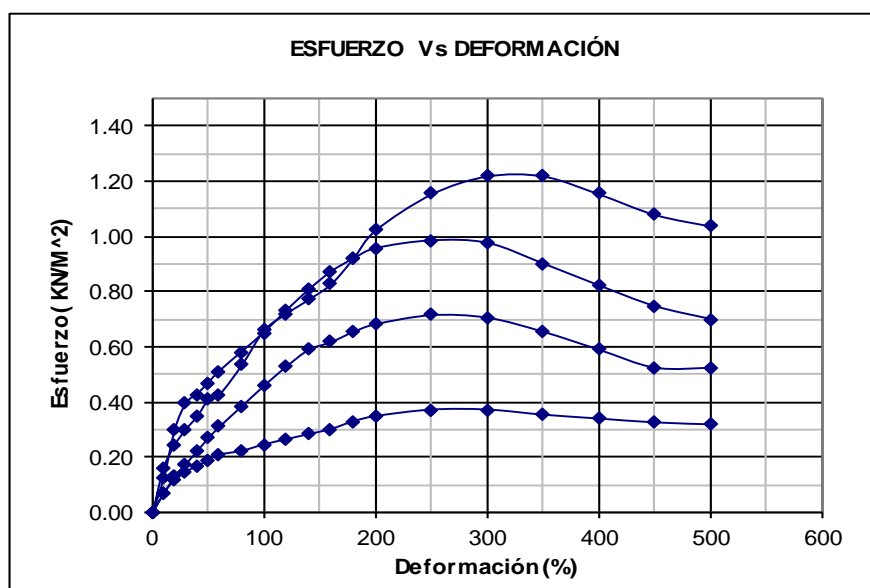
LOCALIZACIÓN :	-
SONDEO No. :	-
MUESTRA No. :	Vidrio
PROFUNDIDAD :	-



Cohesión (C) :	0.25 Kg/cm ²
Angulo de fricción (ϕ):	40,36°
Peso Unitario Humedo(γ):	- Kg/cm ³
Condición del ensayo	-
Peso Unitario Seco	- Kg/cm ³
Humedad de Saturacion	-

GRAFICO ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	-
SONDEO No. :	-
MUESTRA No. :	Vidrio
PROFUNDIDAD :	-



Anexo 9. Límite Líquido y Límite plástico-Tratamientos

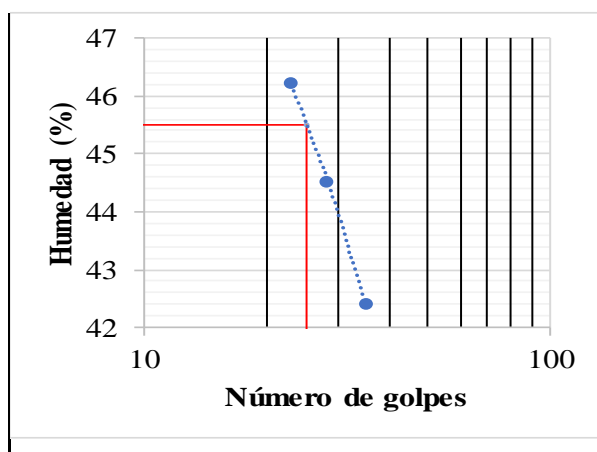


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°: 2	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362093,863 N	
Muestra N°: 6	Profundidad: 0.50 m	839415,610 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
2	7.337	15.633	8.296	13.163	5.826	35	42.40
74	6.506	15.707	9.201	12.873	6.367	28	44.51
8	7.261	17.633	10.372	14.354	7.093	23	46.23

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
115	6.700	11.247	4.547	10.513	3.813	19.25
73	6.411	10.655	4.244	9.978	3.567	18.98
79	6.725	11.217	4.492	10.498	3.773	19.06
Humedad promedio (%)						19.10



% finos	93.56
Límite líquido	45.49

Límite plástico	19.10
-----------------	-------

Índice de plasticidad	26.40
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

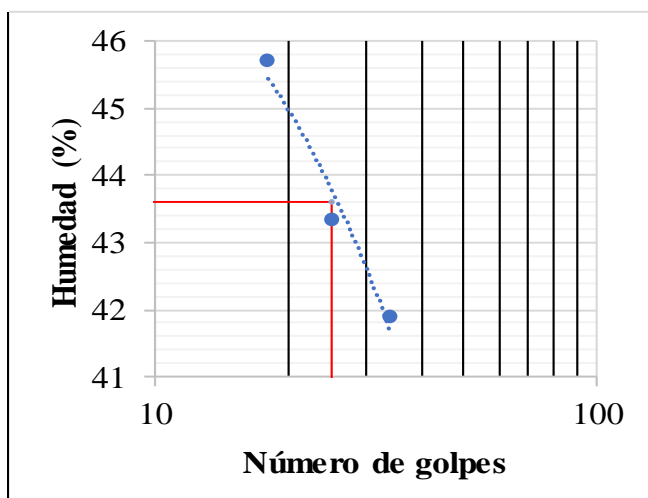
15 % de vidrio + agua potable

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
26	7.299	16.684	9.385	13.913	6.614	34	41.90
71	6.544	15.174	8.630	12.565	6.021	25	43.33
95	6.591	18.308	11.717	14.632	8.041	18	45.72

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
103	6.733	11.877	5.144	11.036	4.303	19.54
99	6.663	11.821	5.158	10.978	4.315	19.54
78	6.585	11.346	4.761	10.579	3.994	19.20
Humedad promedio (%)						19.43



% finos	93.56
Límite líquido	43.61

Límite plástico	19.43
-----------------	-------

Índice de plasticidad	24.18
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

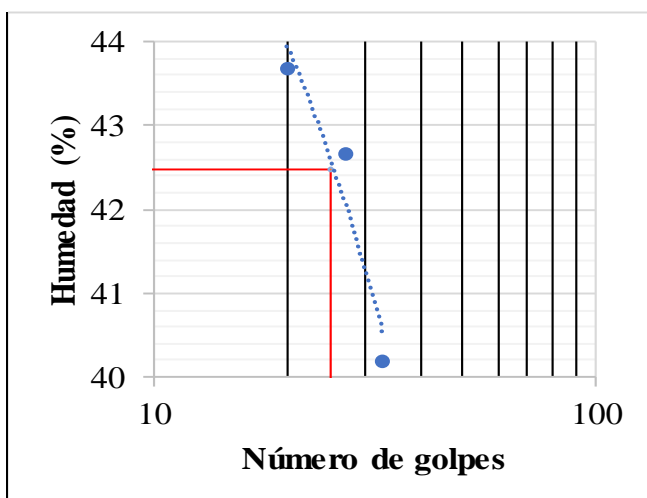
15 % de vidrio + agua potable

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
42	7.025	17.176	10.151	14.266	7.241	33	40.19
66	7.206	15.889	8.683	13.292	6.086	27	42.67
111	6.689	17.904	11.215	14.495	7.806	20	43.67

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
24	7.509	13.078	5.569	12.176	4.667	19.33
40	7.683	13.031	5.348	12.180	4.497	18.92
21	7.364	13.207	5.843	12.248	4.884	19.64
Humedad promedio (%)						19.30



% finos	93.56
Límite líquido	42.47

Límite plástico	19.30
-----------------	-------

Índice de plasticidad	23.17
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas		1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m			839415,610 E

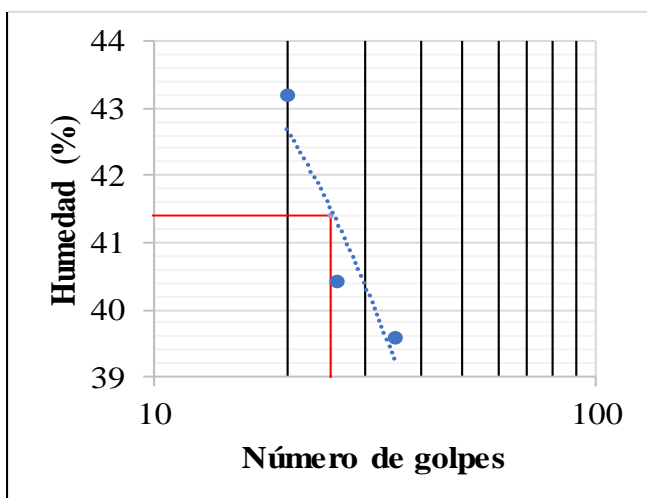
15 % de vidrio + agua potable

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
63	7.297	17.459	10.162	14.578	7.281	35	39.57
65	6.661	17.508	10.847	14.386	7.725	26	40.41
35	7.641	19.239	11.598	15.740	8.099	20	43.20

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
16	7.360	12.451	5.091	11.608	4.248	19.84
69	6.710	11.431	4.721	10.684	3.974	18.80
82	6.529	11.162	4.633	10.428	3.899	18.83
Humedad promedio (%)						19.16



% finos	93.56
Límite líquido	41.39

Límite plástico	19.16
-----------------	-------

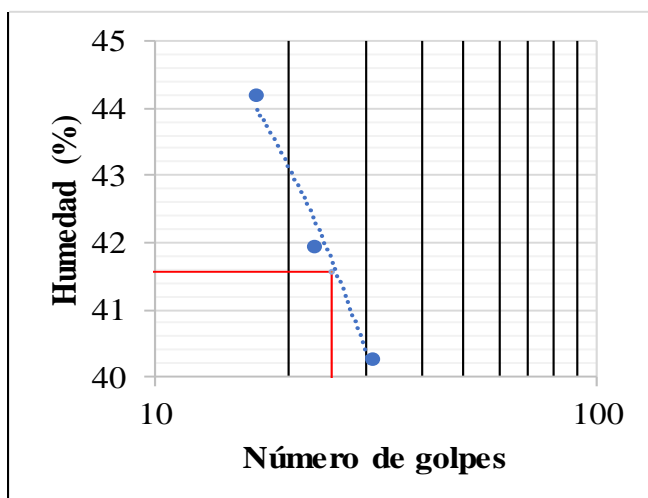
Índice de plasticidad	22.23
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
98	6.642	15.558	8.916	12.999	6.357	31	40.25
106	6.570	18.953	12.383	15.294	8.724	23	41.94
70	6.591	16.233	9.642	13.278	6.687	17	44.19

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
9	7.061	12.398	5.337	11.541	4.480	19.13
117	6.446	11.841	5.395	10.979	4.533	19.02
44	7.521	13.098	5.577	12.196	4.675	19.29
Humedad promedio (%)						19.15



% finos	93.56
Límite líquido	41.57

Límite plástico	19.15
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.43
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N	
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E	

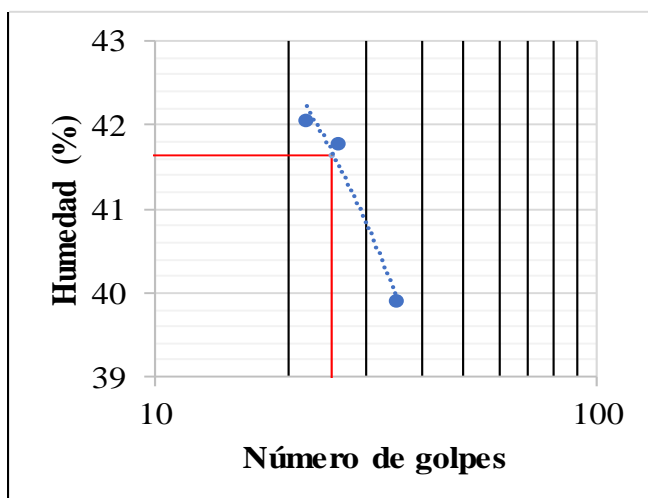
20 % de vidrio + agua potable

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
96	6.445	17.307	10.862	14.209	7.764	35	39.90
105	6.505	17.049	10.544	13.942	7.437	26	41.78
97	6.701	17.661	10.960	14.417	7.716	22	42.04

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
20	7.390	13.079	5.689	12.154	4.764	19.42
17	7.326	12.853	5.527	11.957	4.631	19.35
18	7.124	12.162	5.038	11.353	4.229	19.13
Humedad promedio (%)						19.30



% finos	93.56
Límite líquido	41.64

Límite plástico	19.30
-----------------	-------

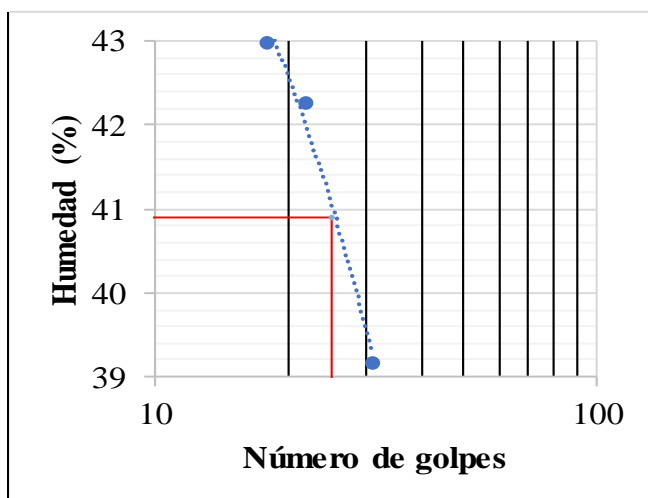
Índice de plasticidad	22.34
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
86	6.497	15.549	9.052	13.001	6.504	31	39.18
89	6.845	15.305	8.460	12.792	5.947	22	42.26
94	6.481	16.882	10.401	13.755	7.274	18	42.99

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
6	7.177	12.956	5.779	12.154	4.977	16.11
3	7.035	12.290	5.255	11.957	4.922	6.77
1	7.310	13.071	5.761	11.353	4.043	42.49
Humedad promedio (%)						21.79



% finos	93.56
Límite líquido	40.89

Límite plástico	21.79
-----------------	-------

Índice de plasticidad	19.10
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	12



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362093,863 N	
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m	839415,610 E	

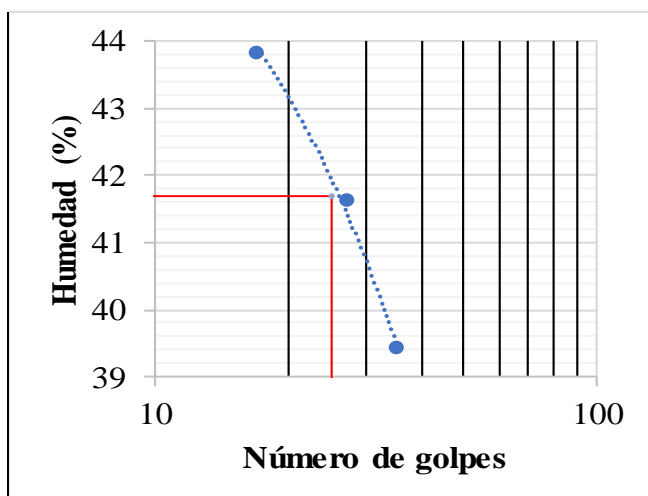
20 % de vidrio + agua potable

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
62	7.404	19.355	11.951	15.975	8.571	35	39.44
85	6.516	18.941	12.425	15.288	8.772	27	41.64
68	7.319	18.317	10.998	14.966	7.647	17	43.82

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
28	7.181	13.310	6.129	12.343	5.162	18.73
33	7.416	13.573	6.157	12.593	5.177	18.93
30	7.652	14.214	6.562	13.171	5.519	18.90
Humedad promedio (%)						18.85



% finos	93.56
Límite líquido	41.69

Límite plástico	18.85
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.83
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N	
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E	

20 % de vidrio + agua potable

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
108	7.413	16.893	9.480	14.248	6.835	34	38.70
113	6.527	18.269	11.742	14.880	8.353	27	40.57
109	7.257	18.615	11.358	15.248	7.991	21	42.13

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
23	7.222	11.969	4.747	11.223	4.001	18.65
25	7.446	12.360	4.914	11.586	4.140	18.70
27	7.432	11.683	4.251	11.022	3.590	18.41
Humedad promedio (%)						18.58



% finos	93.56
Límite líquido	40.97

Límite plástico	18.58
-----------------	-------

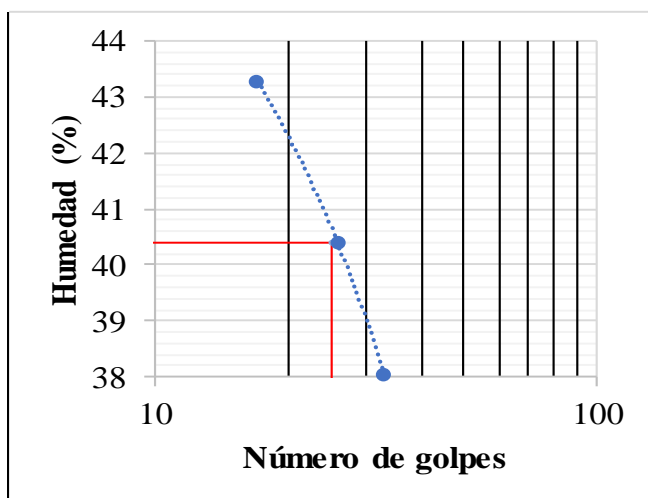
Índice de plasticidad	22.38
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
46	7.430	17.261	9.831	14.552	7.122	33	38.04
48	7.226	20.131	12.905	16.418	9.192	26	40.39
57	7.225	18.838	11.613	15.331	8.106	17	43.26

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
11	7.056	10.891	3.835	10.316	3.260	17.64
10	7.396	11.876	4.480	11.184	3.788	18.27
7	7.274	11.985	4.711	11.261	3.987	18.16
Humedad promedio (%)						18.02



% finos	93.56
Límite líquido	40.39

Límite plástico	18.02
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.37
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

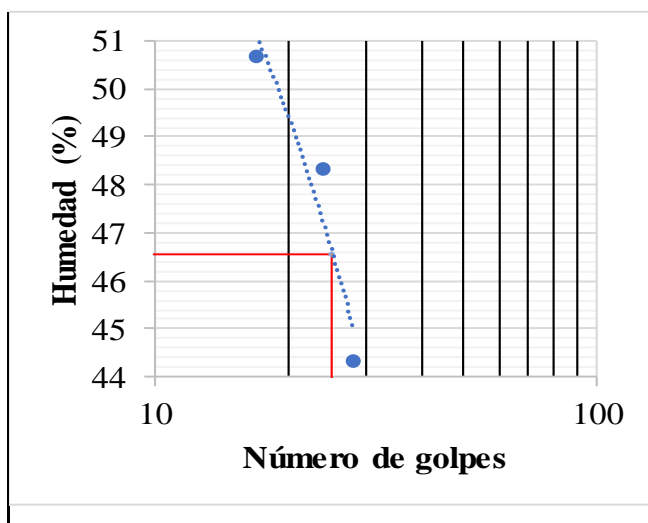
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
85	6.513	12.476	5.963	10.644	4.131	28	44.35
117	6.448	14.758	8.310	12.050	5.602	24	48.34
6	7.178	15.070	7.892	12.415	5.237	17	50.70

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
97	6.711	10.848	4.137	10.207	3.496	18.34
27	7.431	11.442	4.011	10.811	3.380	18.67
25	7.352	11.659	4.307	10.979	3.627	18.75
Humedad promedio (%)						18.58



% finos	93.56
Límite líquido	46.57

Límite plástico	18.58
-----------------	-------

Índice de plasticidad	27.99
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas		1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m			839415,610 E

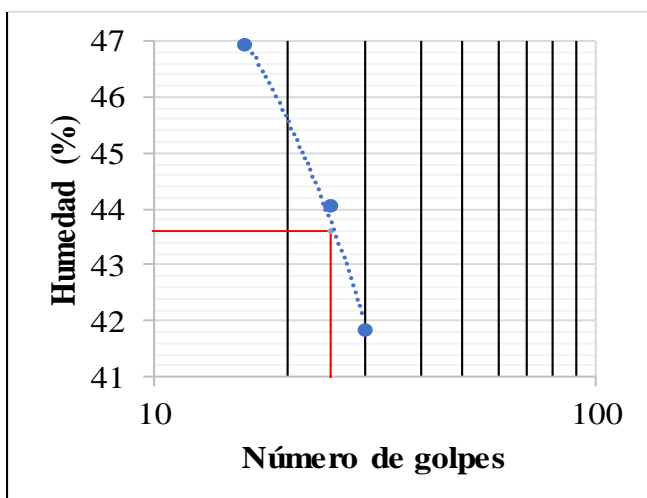
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
116	6.627	13.915	7.288	11.765	5.138	30	41.85
18	7.106	12.618	5.512	10.932	3.826	25	44.07
95	6.595	14.114	7.519	11.712	5.117	16	46.94

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
10J	6.673	11.303	4.630	10.531	3.858	20.01
113	6.525	10.488	3.963	9.901	3.376	17.39
92	7.632	11.890	4.258	11.268	3.636	17.11
Humedad promedio (%)						18.17



% finos	93.56
Límite líquido	43.60

Límite plástico	18.17
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.43
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas		1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m			839415,610 E

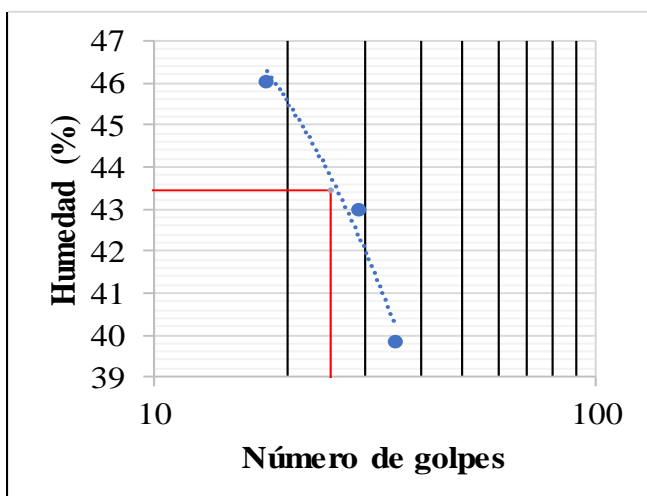
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
106	6.573	15.213	8.640	12.751	6.178	35	39.85
62	7.395	14.964	7.569	12.688	5.293	29	43.00
52	7.128	15.780	8.652	13.052	5.924	18	46.05

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
57	7.223	10.232	3.009	9.788	2.565	17.31
99	6.662	10.227	3.565	9.692	3.030	17.66
14	7.325	10.460	3.135	9.994	2.669	17.46
Humedad promedio (%)						17.48



% finos	93.56
Límite líquido	43.42

Límite plástico	17.48
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.95
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

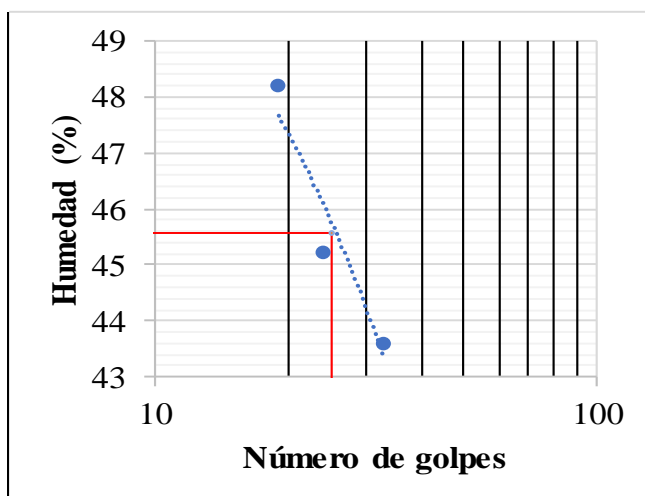
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.412	17.708	10.296	14.582	7.170	33	43.60
40	7.693	16.780	9.087	13.950	6.257	24	45.23
51	7.322	14.199	6.877	11.962	4.640	19	48.21

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
26	7.296	11.070	3.774	10.472	3.176	18.83
86	6.507	10.375	3.868	9.756	3.249	19.05
70	6.595	10.660	4.065	10.020	3.425	18.69
Humedad promedio (%)						18.86



% finos	93.56
Límite líquido	45.58

Límite plástico	18.86
-----------------	-------

Índice de plasticidad	26.72
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362093,863 N	
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m	839415,610 E	

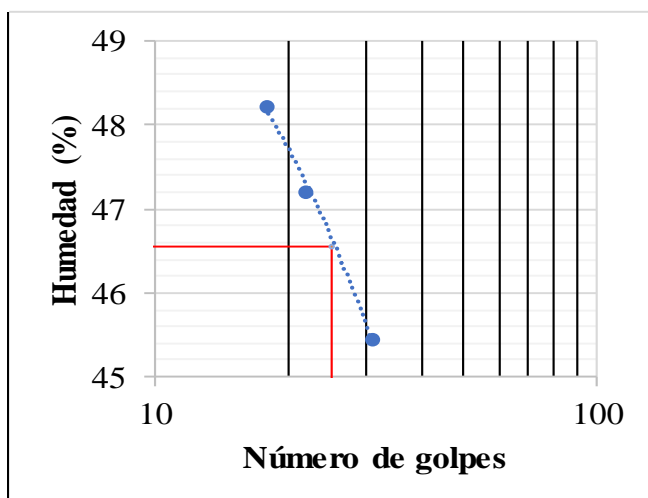
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
53	7.121	15.768	8.647	13.066	5.945	31	45.45
9	7.032	13.869	6.837	11.677	4.645	22	47.19
94	6.488	16.128	9.640	12.992	6.504	18	48.22

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
111	6.692	11.314	4.622	10.593	3.901	18.48
66	7.212	11.929	4.717	11.180	3.968	18.88
110	6.462	10.811	4.349	10.151	3.689	17.89
Humedad promedio (%)						18.42



% finos	93.56
Límite líquido	46.54

Límite plástico	18.42
-----------------	-------

Índice de plasticidad	28.13
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas		1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m			839415,610 E

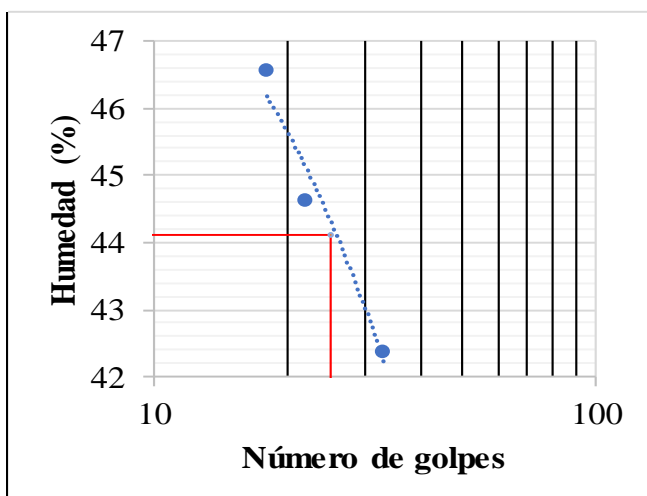
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	7.385	17.960	10.575	14.813	7.428	33	42.37
28	7.174	14.369	7.195	12.149	4.975	22	44.62
16	7.360	14.525	7.165	12.249	4.889	18	46.55

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
23	7.217	11.932	4.715	11.222	4.005	17.73
3	7.034	11.686	4.652	11.000	3.966	17.30
24	7.507	11.960	4.453	11.309	3.802	17.12
Humedad promedio (%)						17.38



% finos	93.56
Límite líquido	44.11

Límite plástico	17.38
-----------------	-------

Índice de plasticidad	26.73
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

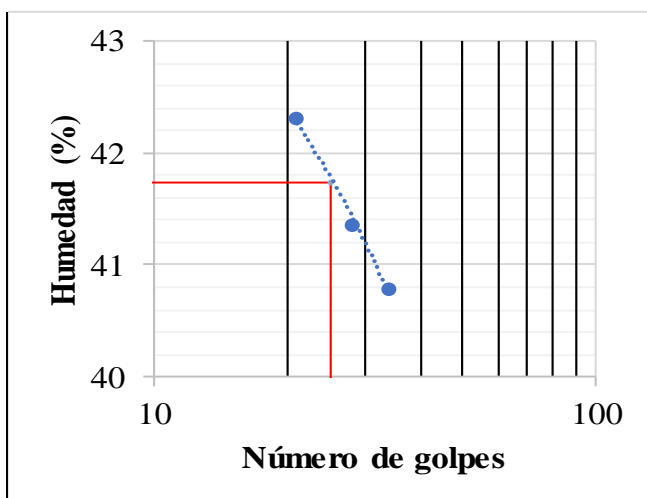
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
1	7.302	15.853	8.551	13.376	6.074	34	40.78
71	6.550	16.501	9.951	13.590	7.040	28	41.35
46	7.429	15.828	8.399	13.331	5.902	21	42.31

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
12	7.385	13.198	5.813	12.289	4.904	18.54
10	7.397	11.898	4.501	11.214	3.817	17.92
2	7.337	11.770	4.433	11.115	3.778	17.34
Humedad promedio (%)						17.93



% finos	93.56
Límite líquido	41.74

Límite plástico	17.93
-----------------	-------

Índice de plasticidad	23.81
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

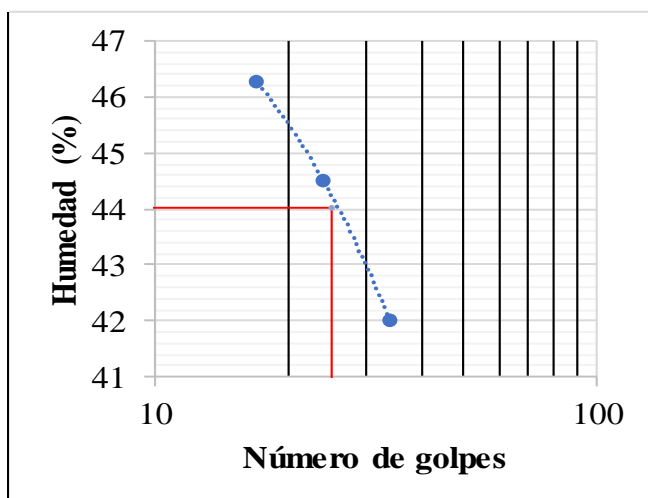
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
68	7.318	14.067	6.749	12.071	4.753	34	41.99
74	6.517	13.566	7.049	11.395	4.878	24	44.51
37	7.435	15.249	7.814	12.777	5.342	17	46.27

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
30	7.650	13.160	5.510	12.280	4.630	19.01
11	7.044	12.124	5.080	11.336	4.292	18.36
108	7.411	12.063	4.652	11.335	3.924	18.55
Humedad promedio (%)						18.64



% finos	93.56
Límite líquido	44.01

Límite plástico	18.64
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.37
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas		1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m			839415,610 E

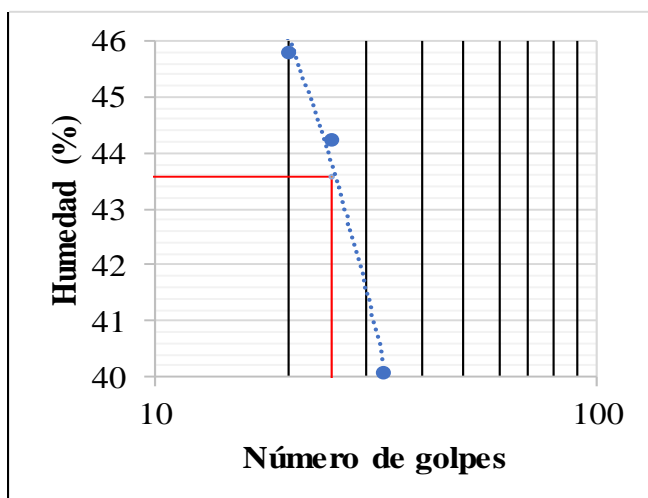
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
48	7.231	17.720	10.489	14.720	7.489	33	40.06
35	7.630	14.576	6.946	12.446	4.816	25	44.23
41	7.397	18.859	11.462	15.258	7.861	20	45.81

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
114	6.623	11.564	4.941	10.775	4.152	19.00
101	6.842	11.771	4.929	10.986	4.144	18.94
7	7.264	11.858	4.594	11.122	3.858	19.08
Humedad promedio (%)						19.01



% finos	93.56
Límite líquido	43.58

Límite plástico	19.01
-----------------	-------

Índice de plasticidad	24.57
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	2	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362093,863 N
Muestra N°:	6	Profundidad: 0.50 m		839415,610 E

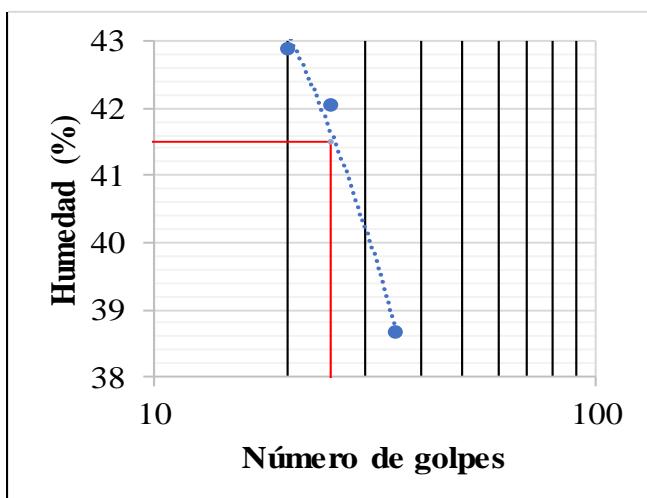
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
49	7.024	17.029	10.005	14.239	7.215	35	38.67
44	7.517	18.139	10.622	14.995	7.478	25	42.04
31	7.269	18.373	11.104	15.040	7.771	20	42.89

Muestra 6 (Sondeo 2 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
29	7.486	14.264	6.778	13.447	5.961	13.71
25	7.197	12.456	5.259	11.683	4.486	17.23
19	7.485	12.004	4.519	11.370	3.885	16.32
Humedad promedio (%)						15.75



% finos	93.56
Límite líquido	41.49

Límite plástico	15.75
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.74
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

15 % de vidrio + agua potable

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
115	6.700	14.805	8.105	12.678	5.978	32	35.58
73	6.411	17.855	11.444	14.646	8.235	26	38.97
79	6.725	18.258	11.533	14.978	8.253	22	39.74

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
96	6.445	11.223	4.778	10.563	4.118	16.03
105	6.505	10.941	4.436	10.339	3.834	15.70
97	6.701	11.364	4.663	10.730	4.029	15.74
Humedad promedio (%)						15.82



% finos	93.63
Límite líquido	38.69

Límite plástico	15.82
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.87
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	13



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m		839412,577 E

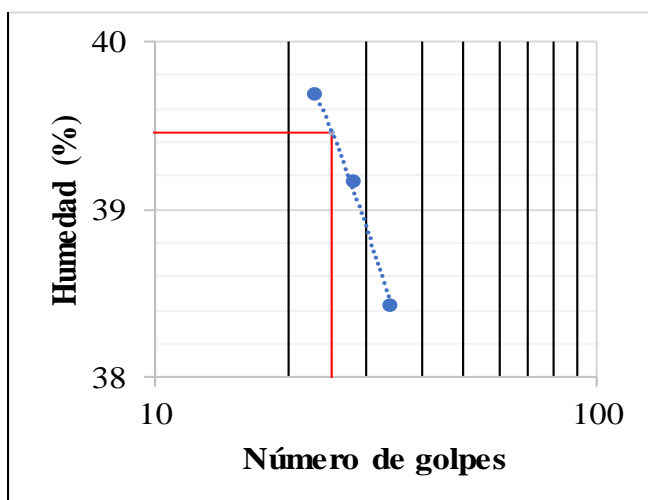
15 % de vidrio + agua potable

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
24	7.509	19.248	11.739	15.989	8.480	34	38.43
40	7.683	14.690	7.007	12.718	5.035	28	39.17
21	7.364	20.503	13.139	16.770	9.406	23	39.69

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
113	6.527	12.421	5.894	11.567	5.040	16.94
109	7.257	12.934	5.677	12.131	4.874	16.48
108	7.413	13.054	5.641	12.241	4.828	16.84
Humedad promedio (%)						16.75



% finos	93.63
Límite líquido	39.46

Límite plástico	16.75
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.70
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

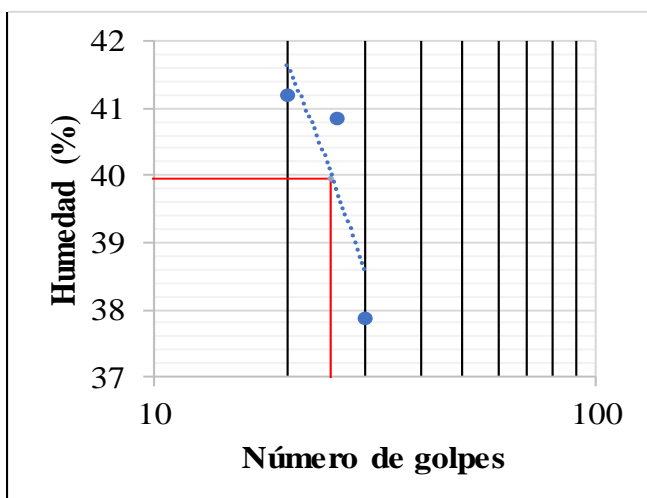
15 % de vidrio + agua potable

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
9	7.061	17.209	10.148	14.422	7.361	30	37.86
117	6.446	17.016	10.570	13.951	7.505	26	40.84
44	7.521	20.531	13.010	16.735	9.214	20	41.20

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
94	6.481	12.370	5.889	11.508	5.027	17.15
89	6.845	12.982	6.137	12.081	5.236	17.21
86	6.497	12.785	6.288	11.869	5.372	17.05
Humedad promedio (%)						17.14



% finos	93.63
Límite líquido	39.96

Límite plástico	17.14
-----------------	-------

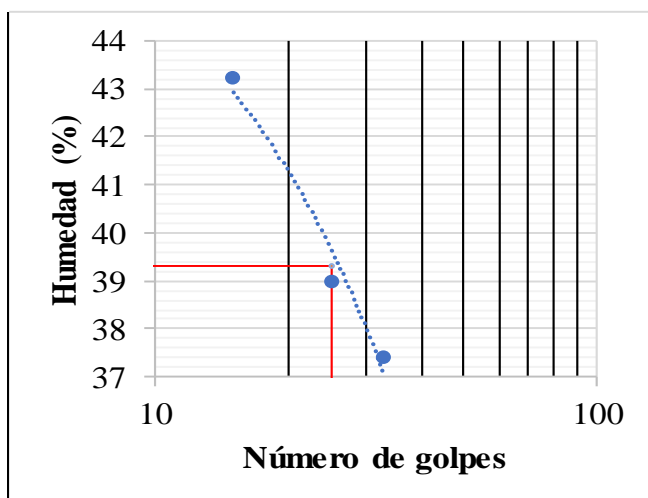
Índice de plasticidad	22.83
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
99	6.663	17.876	11.213	14.823	8.160	33	37.41
103	6.733	17.672	10.939	14.603	7.870	25	39.00
78	6.585	20.121	13.536	16.036	9.451	15	43.22

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
2	7.337	12.722	5.385	11.911	4.574	17.73
8	7.261	13.091	5.830	12.212	4.951	17.75
74	6.506	11.763	5.257	10.990	4.484	17.24
Humedad promedio (%)						17.57



% finos	93.63
Límite líquido	39.30

Límite plástico	17.57
-----------------	-------

Índice de plasticidad	21.72
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	13



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m		839412,577 E

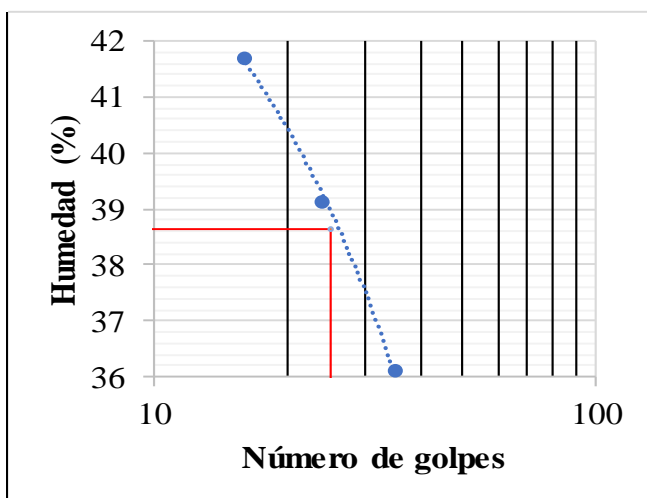
15 % de vidrio + agua potable

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
82	6.529	16.308	9.779	13.713	7.184	35	36.12
69	6.710	18.217	11.507	14.981	8.271	24	39.12
16	7.360	17.602	10.242	14.588	7.228	16	41.70

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
46	7.430	13.482	6.052	12.579	5.149	17.54
57	7.225	13.066	5.841	12.211	4.986	17.15
48	7.226	13.673	6.447	12.703	5.477	17.71
Humedad promedio (%)						17.47



% finos	93.63
Límite líquido	38.62

Límite plástico	17.47
-----------------	-------

Índice de plasticidad	21.16
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	12



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362103,092 N	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	839412,577 E	

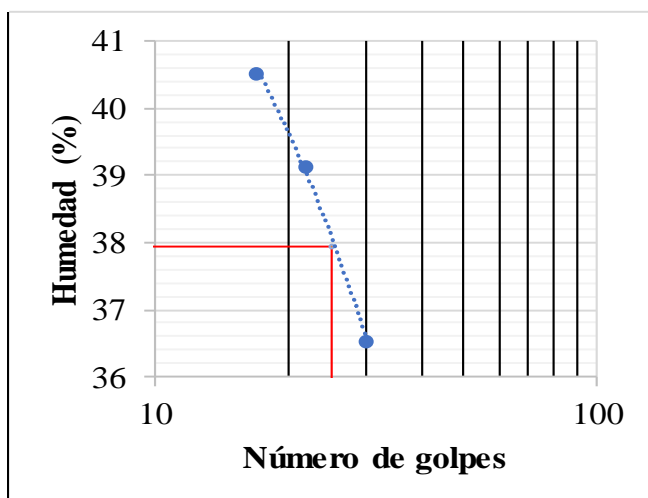
20 % de vidrio + agua potable

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
28	7.181	14.382	7.201	12.456	5.275	30	36.51
30	7.652	16.520	8.868	14.026	6.374	22	39.13
33	7.416	17.542	10.126	14.623	7.207	17	40.50

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
71	6.544	12.412	5.868	11.530	4.986	17.69
95	6.591	11.893	5.302	11.099	4.508	17.61
26	7.299	12.658	5.359	11.863	4.564	17.42
Humedad promedio (%)						17.57



% finos	93.63
Límite líquido	37.93

Límite plástico	17.57
-----------------	-------

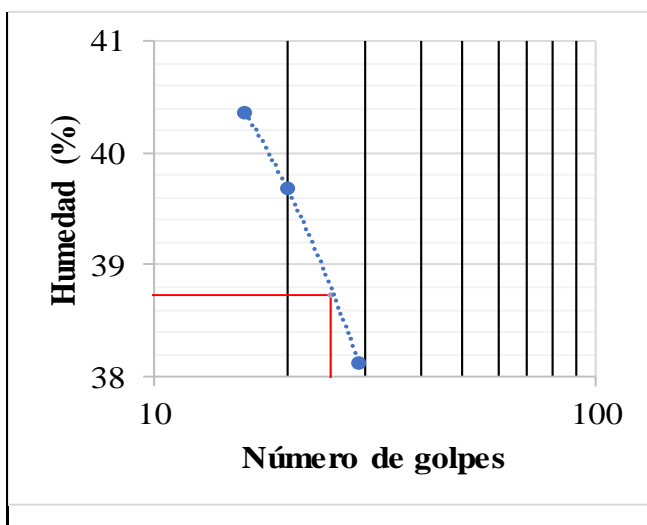
Índice de plasticidad	20.36
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	12

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	7.390	16.495	9.105	13.982	6.592	29	38.12
17	7.326	17.579	10.253	14.666	7.340	20	39.69
18	7.124	17.104	9.980	14.234	7.110	16	40.37

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
35	7.641	13.664	6.023	12.783	5.142	17.13
63	7.297	13.101	5.804	12.268	4.971	16.76
65	6.661	12.307	5.646	11.517	4.856	16.27
Humedad promedio (%)						16.72



% finos	93.63
Límite líquido	38.73

Límite plástico	16.72
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.01
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

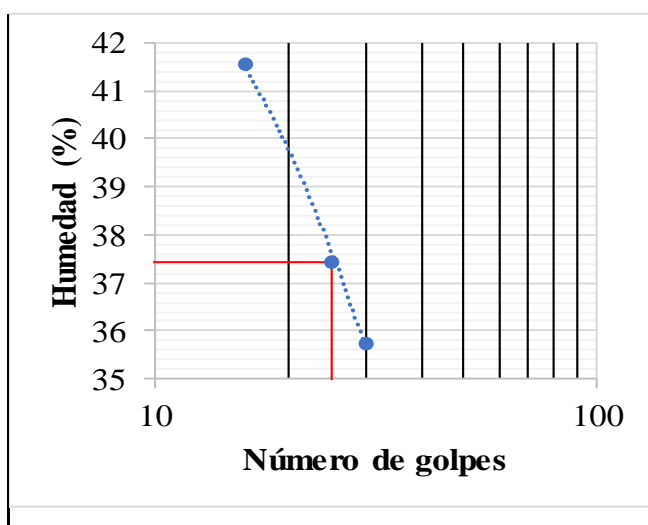
20 % de vidrio + agua potable

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
7	7.274	20.522	13.248	17.034	9.760	30	35.74
10	7.396	16.590	9.194	14.085	6.689	25	37.45
11	7.056	16.536	9.480	13.753	6.697	16	41.56

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
111	6.689	13.022	6.333	12.086	5.397	17.34
42	7.025	13.101	6.076	12.200	5.175	17.41
66	7.206	13.686	6.480	12.731	5.525	17.29
Humedad promedio (%)						17.35



% finos	93.63
Límite líquido	37.43

Límite plástico	17.35
-----------------	-------

Índice de plasticidad	20.09
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	12



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

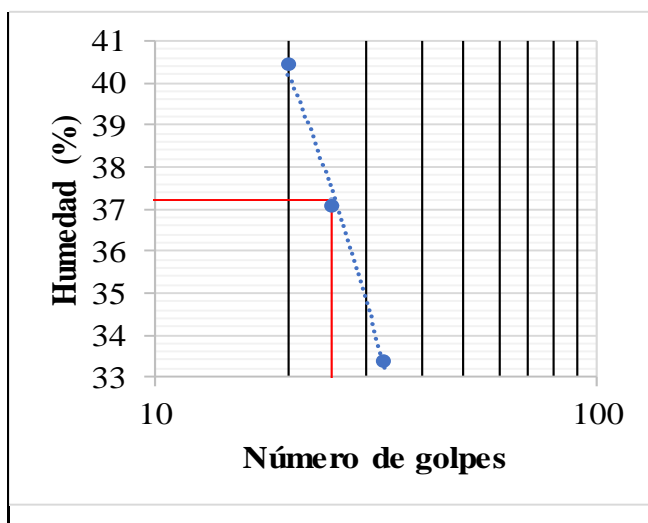
20 % de vidrio + agua potable

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
1	7.310	14.590	7.280	12.768	5.458	33	33.38
3	7.035	17.194	10.159	14.447	7.412	25	37.06
6	7.177	18.865	11.688	15.498	8.321	20	40.46

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
98	6.642	11.977	5.335	11.224	4.582	16.43
70	6.591	11.826	5.235	11.089	4.498	16.39
106	6.570	11.644	5.074	10.943	4.373	16.03
Humedad promedio (%)						16.28



% finos	93.63
Límite líquido	37.23

Límite plástico	16.28
-----------------	-------

Índice de plasticidad	20.94
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	12



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m		839412,577 E

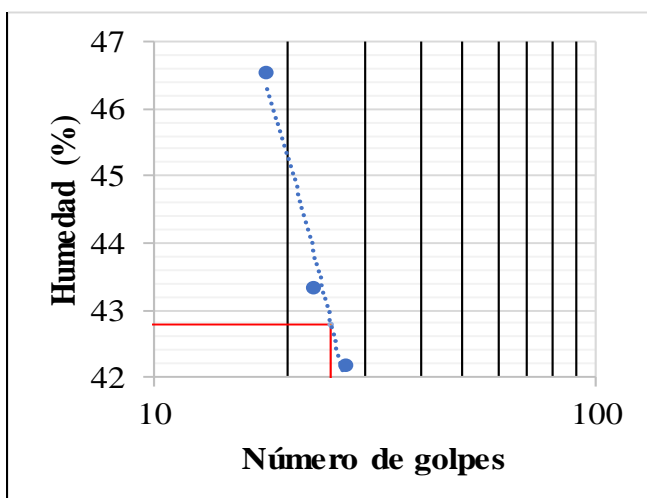
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
2	7.336	13.182	5.846	11.448	4.112	27	42.17
3	7.028	13.343	6.315	11.434	4.406	23	43.33
6	7.172	15.574	8.402	12.906	5.734	18	46.53

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
57	7.221	11.539	4.318	10.839	3.618	19.35
62	7.397	11.831	4.434	11.111	3.714	19.39
66	7.207	11.623	4.416	10.922	3.715	18.87
Humedad promedio (%)						19.20



% finos	93.63
Límite líquido	42.79

Límite plástico	19.20
-----------------	-------

Índice de plasticidad	23.59
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

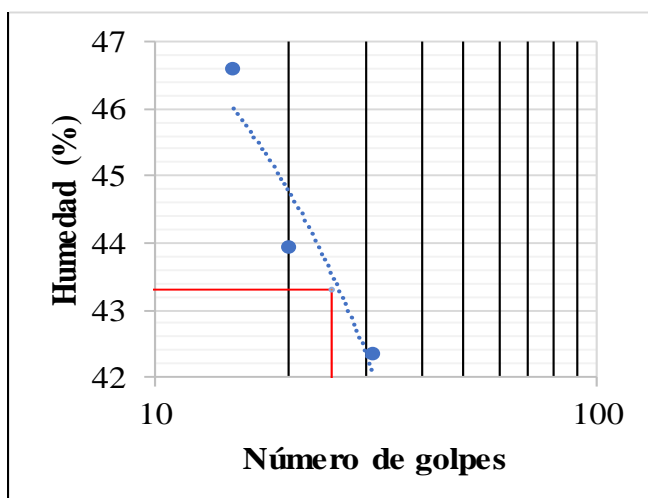
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
11	7.040	13.163	6.123	11.341	4.301	31	42.36
12	7.384	14.294	6.910	12.185	4.801	20	43.93
14	7.322	16.249	8.927	13.412	6.090	15	46.58

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
B81	7.231	11.241	4.010	10.645	3.414	17.46
85	6.813	10.116	3.303	9.585	2.772	19.16
88	8.268	12.475	4.207	11.848	3.580	17.51
Humedad promedio (%)						18.04



% finos	93.63
Límite líquido	43.32

Límite plástico	18.04
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.28
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362103,092 N	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	839412,577 E	

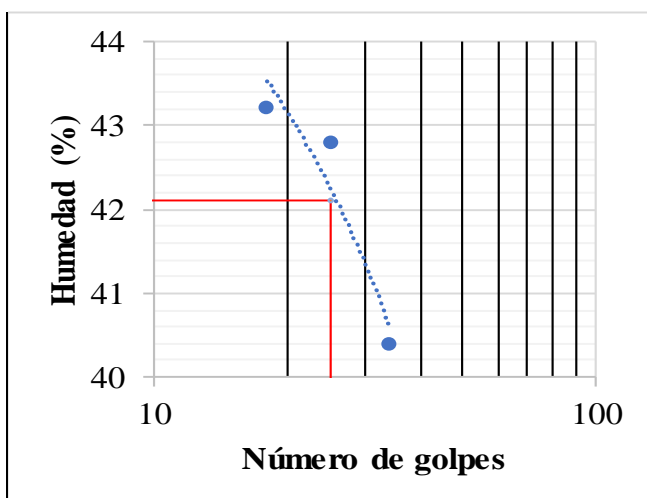
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
B19	7.552	14.774	7.222	12.696	5.144	34	40.40
20	7.382	16.263	8.881	13.601	6.219	25	42.80
24	7.504	14.794	7.290	12.594	5.090	18	43.22

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
86	6.503	10.661	4.158	10.040	3.537	17.56
99	6.661	11.130	4.469	10.432	3.771	18.51
97	6.708	11.611	4.903	10.846	4.138	18.48
Humedad promedio (%)						18.18



% finos	93.63
Límite líquido	42.11

Límite plástico	18.18
-----------------	-------

Índice de plasticidad	23.93
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m		839412,577 E

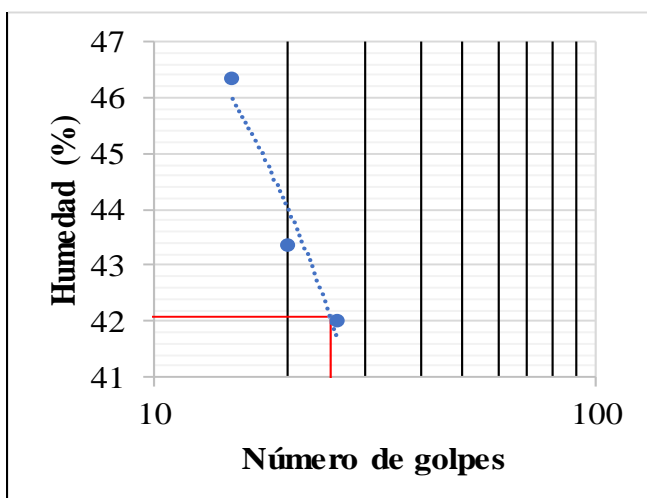
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
26	7.288	14.315	7.027	12.236	4.948	26	42.02
27	7.430	15.469	8.039	13.037	5.607	20	43.37
29	8.701	18.130	9.429	15.144	6.443	15	46.34

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
110	6.463	10.830	4.367	10.164	3.701	18.00
111	6.688	11.610	4.922	10.851	4.163	18.23
113	6.526	10.994	4.468	10.299	3.773	18.42
Humedad promedio (%)						18.22



% finos	93.63
Límite líquido	42.08

Límite plástico	18.22
-----------------	-------

Índice de plasticidad	23.86
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m		839412,577 E

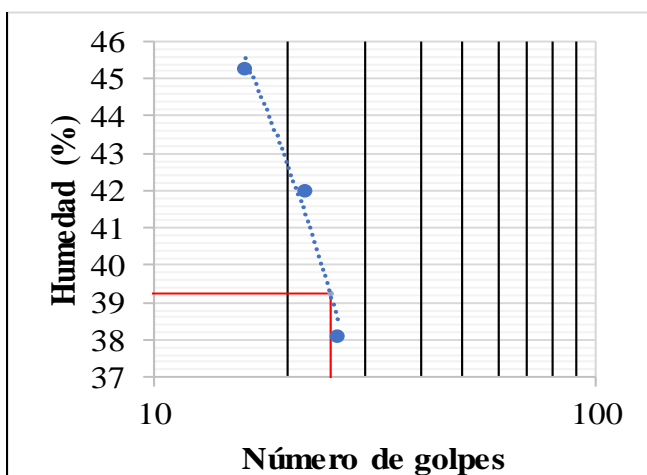
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
34	5.227	13.420	8.193	11.160	5.933	26	38.09
37	7.427	15.130	7.703	12.851	5.424	22	42.02
38	5.207	14.730	9.523	11.763	6.556	16	45.26

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
NN	6.735	11.272	4.537	10.628	3.893	16.54
10J	6.622	11.755	5.133	11.013	4.391	16.90
JA	8.146	13.245	5.099	12.460	4.314	18.20
Humedad promedio (%)						17.21



% finos	93.63
Límite líquido	39.27

Límite plástico	17.21
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.05
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-6
Índice de Grupo	13



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

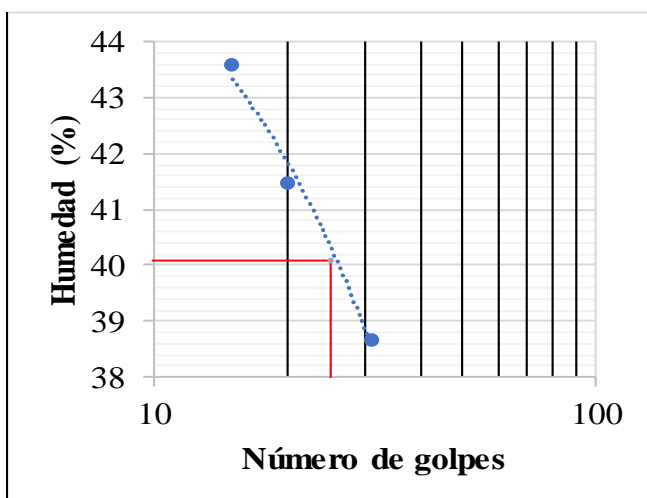
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
49	7.012	14.746	7.734	12.589	5.577	31	38.68
51	7.320	13.871	6.551	11.951	4.631	20	41.46
53	7.115	15.807	8.692	13.168	6.053	15	43.60

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
7	7.262	11.812	4.550	11.075	3.813	19.33
9	7.026	11.230	4.204	10.565	3.539	18.79
10	7.389	11.285	3.896	10.662	3.273	19.03
Humedad promedio (%)						19.05



% finos	93.63
Límite líquido	40.08

Límite plástico	19.05
-----------------	-------

Índice de plasticidad	21.03
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	12



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m		839412,577 E

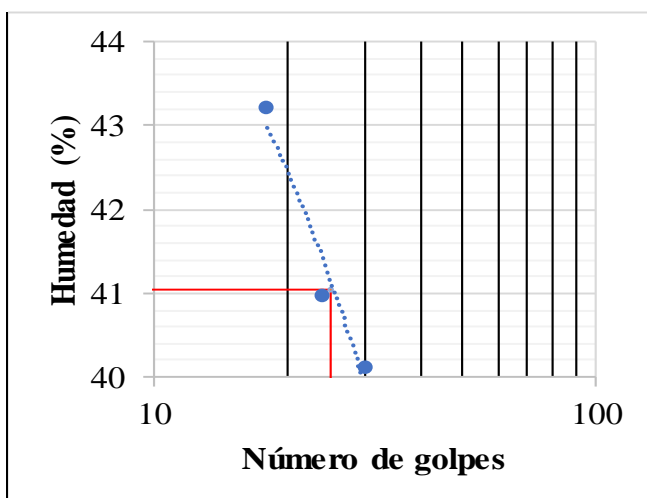
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
68	7.314	15.481	8.167	13.143	5.829	30	40.11
70	6.594	13.517	6.923	11.505	4.911	24	40.97
74	6.506	15.073	8.567	12.488	5.982	18	43.21

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
16	7.360	11.771	4.411	11.093	3.733	18.16
18	7.098	11.232	4.134	10.599	3.501	18.08
19	7.479	11.864	4.385	11.171	3.692	18.77
Humedad promedio (%)						18.34



% finos	93.63
Límite líquido	41.05

Límite plástico	18.34
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.71
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m		839412,577 E

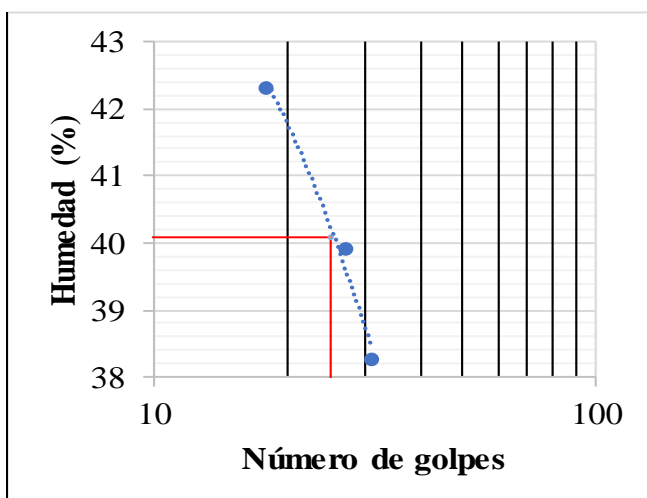
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
92	7.627	15.860	8.233	13.582	5.955	31	38.25
94	6.479	12.085	5.606	10.486	4.007	27	39.91
95	6.591	14.290	7.699	12.001	5.410	18	42.31

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
23	7.214	10.926	3.712	10.407	3.193	16.25
B25	7.195	11.707	4.512	11.088	3.893	15.90
V25	7.352	11.853	4.501	11.134	3.782	19.01
Humedad promedio (%)						17.06



% finos	93.63
Límite líquido	40.07

Límite plástico	17.06
-----------------	-------

Índice de plasticidad	23.01
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m	1362103,092 N 839412,577 E	

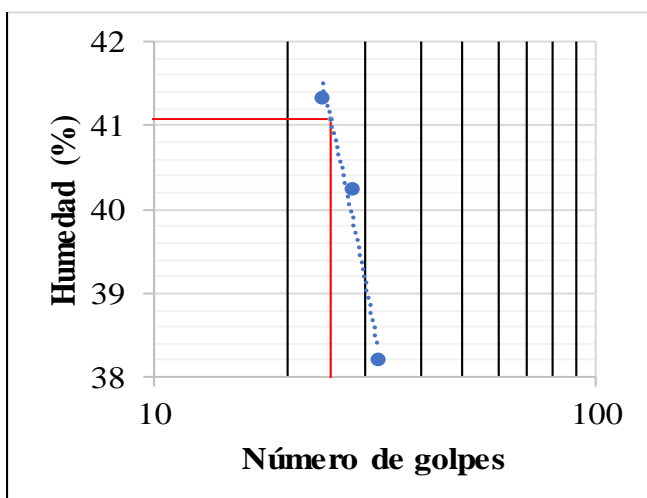
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
101	6.840	13.806	6.966	11.880	5.040	32	38.21
106	6.569	15.318	8.749	12.807	6.238	28	40.25
108	7.407	16.594	9.187	13.907	6.500	24	41.34

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
30	7.644	12.487	4.843	11.743	4.099	18.15
31	7.263	11.542	4.279	10.877	3.614	18.40
33	7.409	11.491	4.082	10.866	3.457	18.08
Humedad promedio (%)						18.21



% finos	93.63
Límite líquido	41.08

Límite plástico	18.21
-----------------	-------

Índice de plasticidad	22.87
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	3	Sector: Las Delicias	Coordenadas	1362103,092 N
Muestra N°:	11	Profundidad: 1.00 m		839412,577 E

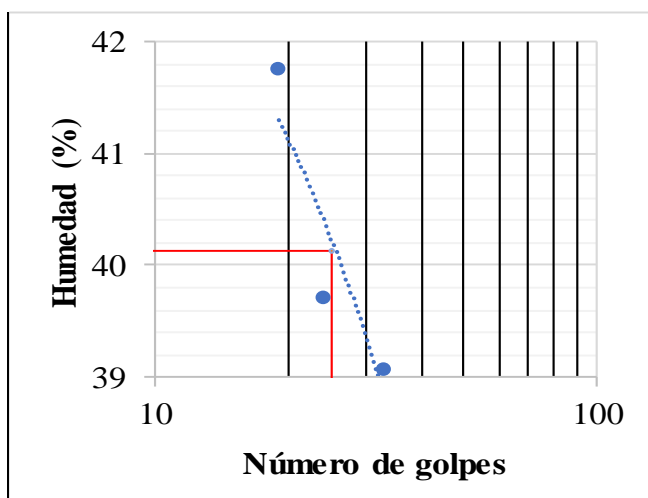
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
114	6.624	15.426	8.802	12.953	6.329	33	39.07
116	6.625	15.740	9.115	13.149	6.524	24	39.71
117	6.445	15.551	9.106	12.869	6.424	19	41.75

Muestra 11 (Sondeo 3 Nivel 1.00 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
40	7.682	10.860	3.178	10.396	2.714	17.10
44	7.514	10.855	3.341	10.371	2.857	16.94
46	7.430	11.034	3.604	10.506	3.076	17.17
Humedad promedio (%)						17.07



% finos	93.63
Límite líquido	40.12

Límite plástico	17.07
-----------------	-------

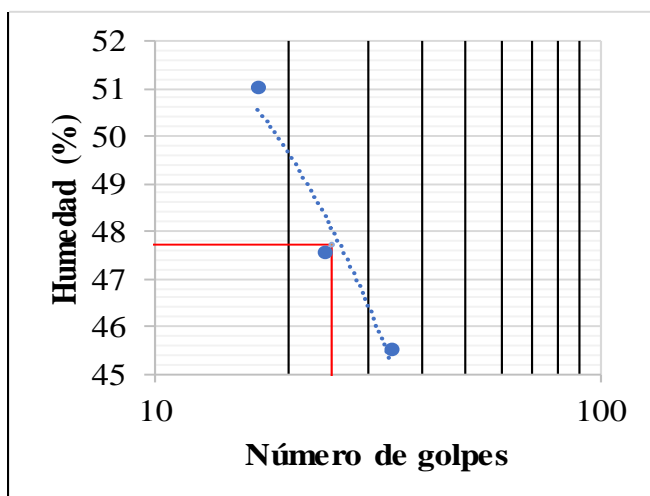
Índice de plasticidad	23.05
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	13

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
1	7.309	14.734	7.425	12.411	5.102	34	45.53
2	7.332	17.378	10.046	14.141	6.809	24	47.54
3	7.052	14.448	7.396	11.949	4.897	17	51.03

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
5	7.213	11.608	4.395	10.939	3.726	17.95
13	7.372	11.288	3.916	10.694	3.322	17.88
15	7.690	11.410	3.720	10.847	3.157	17.83
Humedad promedio (%)						17.89



% finos	92.88
Límite líquido	47.72

Límite plástico	17.89
-----------------	-------

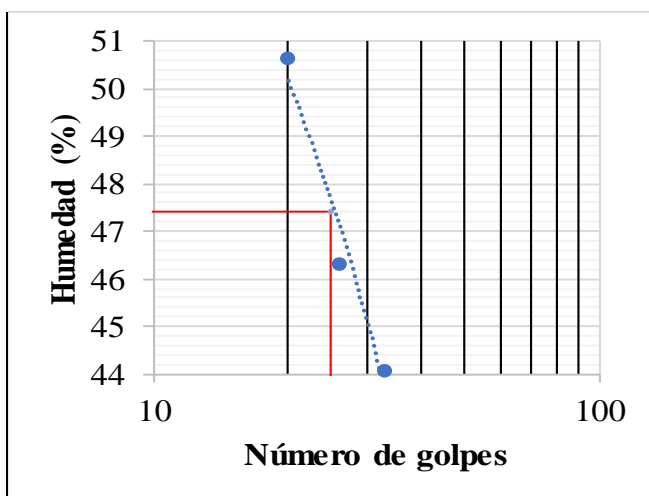
Índice de plasticidad	29.83
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	1372197,436 N 840505,460 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
6	7.176	13.872	6.696	11.824	4.648	33	44.06
7	7.306	16.540	9.234	13.618	6.312	26	46.29
8	7.258	14.804	7.546	12.268	5.010	20	50.62

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
31	7.266	11.692	4.426	10.969	3.703	19.52
29	7.434	13.559	6.125	12.765	5.331	14.89
22	8.703	12.275	3.572	11.472	2.769	29.00
Humedad promedio (%)						21.14



% finos	92.88
Límite líquido	47.40

Límite plástico	21.14
-----------------	-------

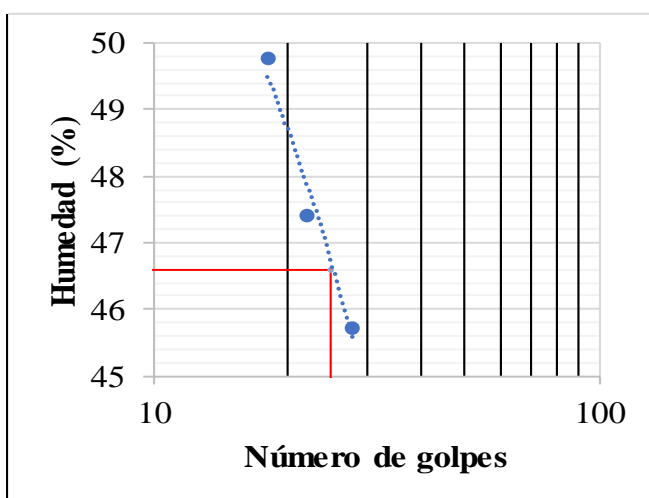
Índice de plasticidad	26.26
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	1372197,436 N 840505,460 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
9	7.041	14.394	7.353	12.087	5.046	28	45.72
10	7.422	14.748	7.326	12.392	4.970	22	47.40
11	7.049	16.546	9.497	13.390	6.341	18	49.77

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
45	7.264	11.896	4.632	11.157	3.893	18.98
43	7.313	12.171	4.858	11.402	4.089	18.81
32	7.513	12.287	4.774	11.531	4.018	18.82
Humedad promedio (%)						18.87



% finos	92.88
Límite líquido	46.59

Límite plástico	18.87
-----------------	-------

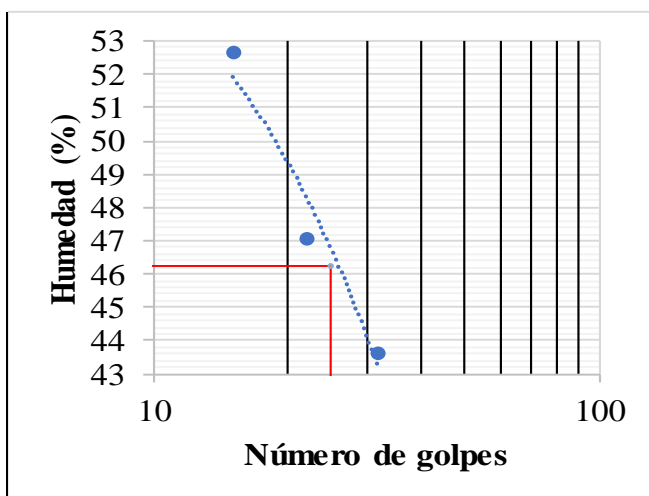
Índice de plasticidad	27.72
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
14	7.327	15.061	7.734	12.712	5.385	32	43.62
16	7.431	15.260	7.829	12.754	5.323	22	47.08
18	7.119	14.310	7.191	11.830	4.711	15	52.64

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
49	7.023	10.818	3.795	10.194	3.171	19.68
52	7.127	10.999	3.872	10.365	3.238	19.58
53	7.113	10.719	3.606	10.134	3.021	19.36
Humedad promedio (%)						19.54



% finos	92.88
Límite líquido	46.22

Límite plástico	19.54
-----------------	-------

Índice de plasticidad	26.68
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

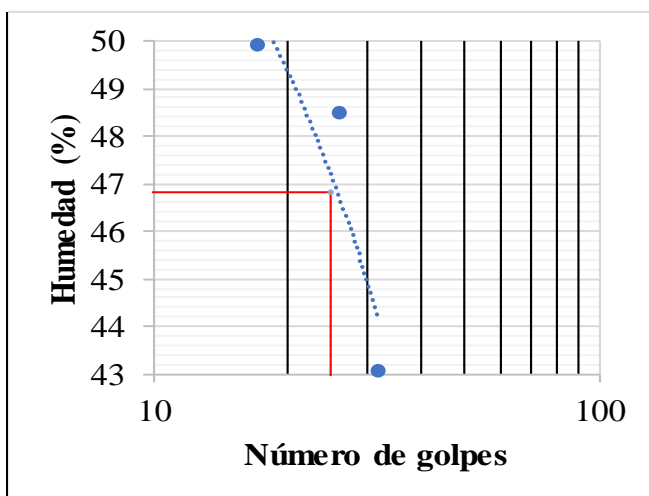
15 % de vidrio + agua potable

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	7.396	16.102	8.706	13.481	6.085	32	43.07
21	7.370	16.322	8.952	13.399	6.029	26	48.48
23	7.228	15.375	8.147	12.662	5.434	17	49.93

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
56	7.434	12.307	4.873	11.554	4.120	18.28
55	7.371	12.314	4.943	11.556	4.185	18.11
54	7.486	12.405	4.919	11.645	4.159	18.27
Humedad promedio (%)						18.22



% finos	92.88
Límite líquido	46.84

Límite plástico	18.22
-----------------	-------

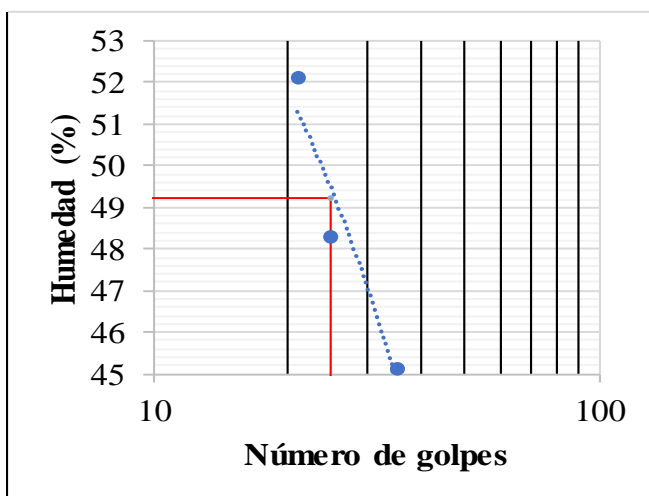
Índice de plasticidad	28.62
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
24	7.508	14.240	6.732	12.147	4.639	35	45.12
25	7.356	16.499	9.143	13.522	6.166	25	48.28
26	7.297	14.743	7.446	12.192	4.895	21	52.11

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
63	7.301	11.928	4.627	11.222	3.921	18.01
64	7.275	12.260	4.985	11.498	4.223	18.04
65	6.656	11.390	4.734	10.669	4.013	17.97
Humedad promedio (%)						18.01



% finos	92.88
Límite líquido	49.21

Límite plástico	18.01
-----------------	-------

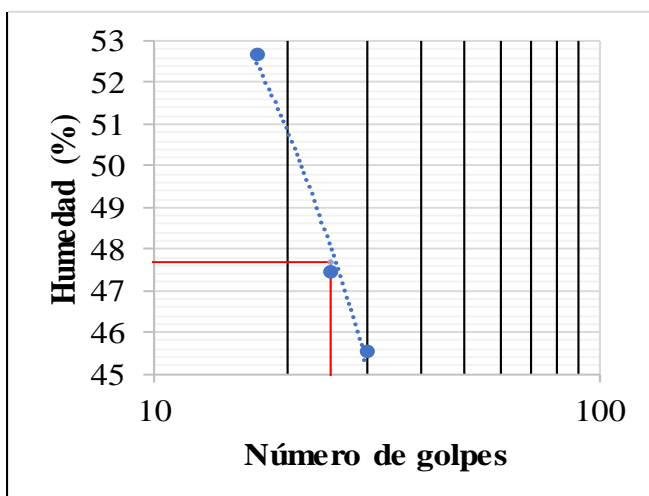
Índice de plasticidad	31.21
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
27	7.524	16.096	8.572	13.414	5.890	30	45.53
28	7.176	15.688	8.512	12.949	5.773	25	47.45
30	7.645	17.281	9.636	13.957	6.312	17	52.66

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
72	6.629	10.540	3.911	9.956	3.327	17.55
67	6.450	10.836	4.386	10.180	3.730	17.59
75	6.621	11.115	4.494	10.450	3.829	17.37
Humedad promedio (%)						17.50



% finos	92.88
Límite líquido	47.69

Límite plástico	17.50
-----------------	-------

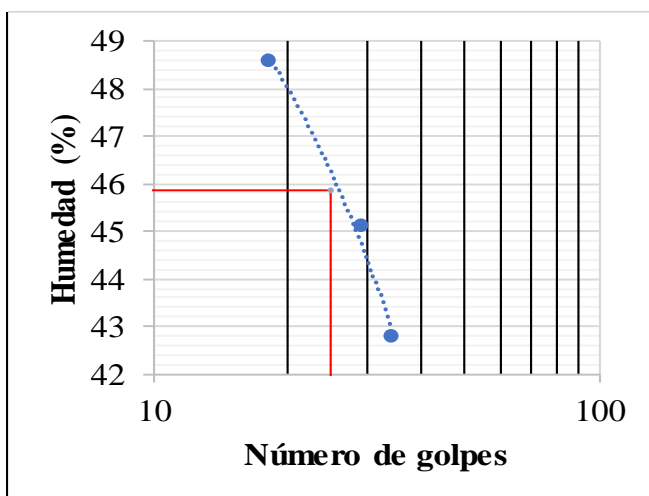
Índice de plasticidad	30.18
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.411	17.117	9.706	14.207	6.796	34	42.82
35	7.634	17.394	9.760	14.360	6.726	29	45.11
41	7.398	16.770	9.372	13.705	6.307	18	48.60

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
76	6.541	10.951	4.410	10.203	3.662	20.43
80	6.601	11.129	4.528	10.359	3.758	20.49
87	6.597	10.899	4.302	10.172	3.575	20.34
Humedad promedio (%)						20.42



% finos	92.88
Límite líquido	45.88

Límite plástico	20.42
-----------------	-------

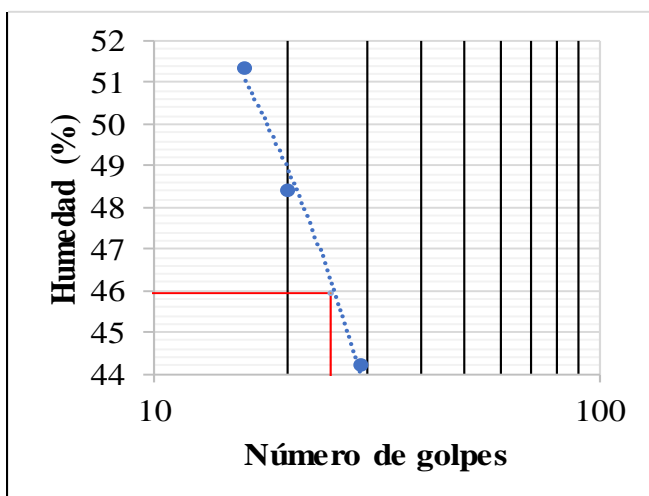
Índice de plasticidad	25.46
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
42	7.021	19.254	12.233	15.504	8.483	29	44.21
44	7.519	17.689	10.170	14.371	6.852	20	48.42
46	7.457	16.415	8.958	13.376	5.919	16	51.34

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
93	6.570	11.344	4.774	10.625	4.055	17.73
91	6.627	11.340	4.713	10.635	4.008	17.59
101	6.841	10.908	4.067	10.301	3.460	17.54
Humedad promedio (%)						17.62



% finos	92.88
Límite líquido	45.92

Límite plástico	17.62
-----------------	-------

Índice de plasticidad	28.30
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

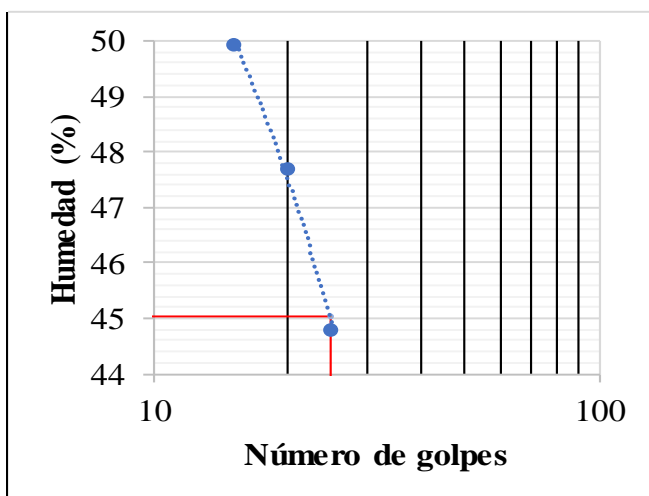
20 % de vidrio + agua potable

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
51	7.323	14.339	7.016	12.168	4.845	25	44.81
57	7.223	16.673	9.450	13.621	6.398	20	47.70
62	7.398	17.551	10.153	14.169	6.771	15	49.95

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
107	6.602	11.478	4.876	10.688	4.086	19.33
112	6.531	11.215	4.684	10.460	3.929	19.22
114	6.620	10.925	4.305	10.234	3.614	19.12
Humedad promedio (%)						19.22



% finos	92.88
Límite líquido	45.05

Límite plástico	19.22
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.83
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

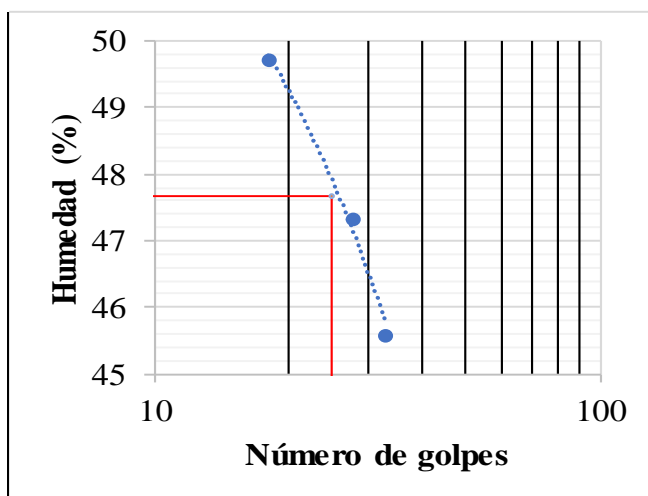
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
1	7.294	14.502	7.208	12.245	4.951	33	45.59
2	7.338	13.473	6.135	11.502	4.164	28	47.33
3	7.031	14.492	7.461	12.015	4.984	18	49.70

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
6	7.174	11.392	4.218	10.662	3.488	20.93
7	7.262	11.677	4.415	10.886	3.624	21.83
9	7.029	11.050	4.021	10.341	3.312	21.41
Humedad promedio (%)						21.39



% finos	92.88
Límite líquido	47.68

Límite plástico	21.39
-----------------	-------

Índice de plasticidad	26.29
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

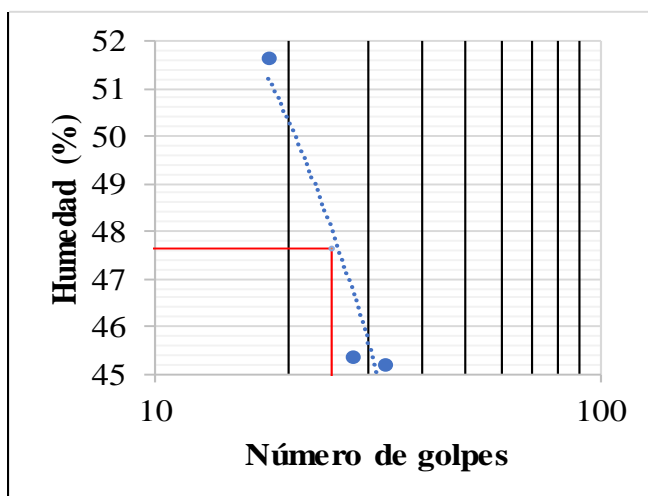
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
11	7.042	15.928	8.886	13.162	6.120	33	45.20
14	7.322	16.676	9.354	13.758	6.436	28	45.34
15	7.687	16.727	9.040	13.649	5.962	18	51.63

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
16	7.361	10.779	3.418	10.203	2.842	20.27
17	7.326	12.012	4.686	11.242	3.916	19.66
18	7.101	11.599	4.498	10.857	3.756	19.76
Humedad promedio (%)						19.90



% finos	92.88
Límite líquido	47.62

Límite plástico	19.90
-----------------	-------

Índice de plasticidad	27.73
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

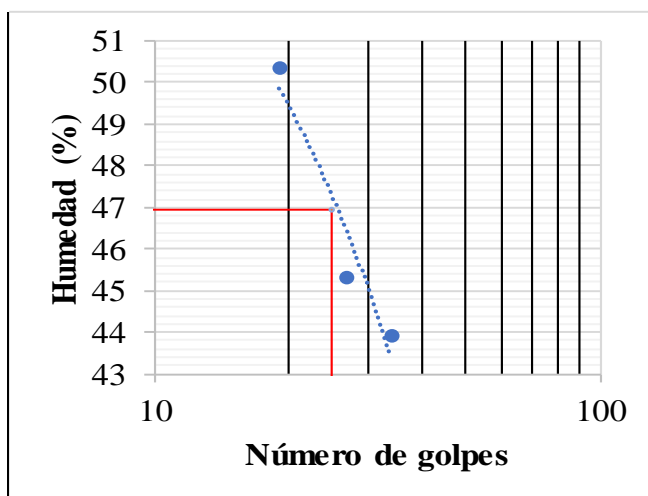
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
19	7.488	14.192	6.704	12.146	4.658	34	43.92
20	7.388	13.954	6.566	11.906	4.518	27	45.33
22	7.425	15.045	7.620	12.493	5.068	19	50.36

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
24	7.507	13.022	5.515	12.062	4.555	21.08
26	7.290	12.392	5.102	11.485	4.195	21.62
27	7.432	12.869	5.437	11.907	4.475	21.50
Humedad promedio (%)						21.40



% finos	92.88
Límite líquido	46.95

Límite plástico	21.40
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.55
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

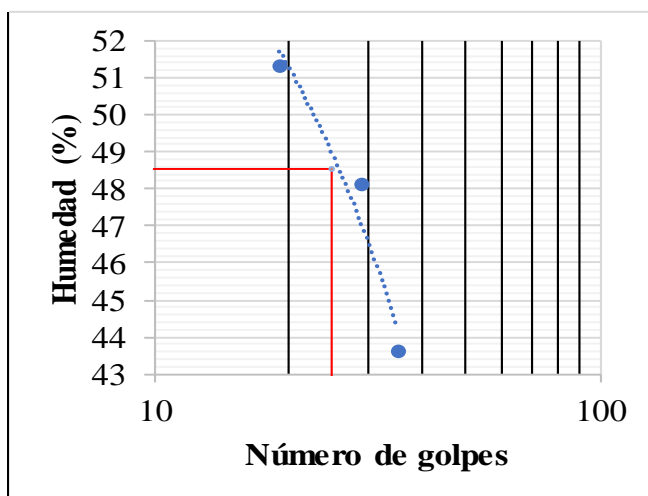
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
32	7.511	14.545	7.034	12.409	4.898	35	43.61
38	7.410	14.226	6.816	12.011	4.601	29	48.14
37	7.432	16.020	8.588	13.107	5.675	19	51.33

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
41	7.397	11.496	4.099	10.740	3.343	22.61
43	7.311	12.098	4.787	11.192	3.881	23.34
45	7.262	11.522	4.260	10.745	3.483	22.31
Humedad promedio (%)						22.76



% finos	92.88
Límite líquido	48.52

Límite plástico	22.76
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.76
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

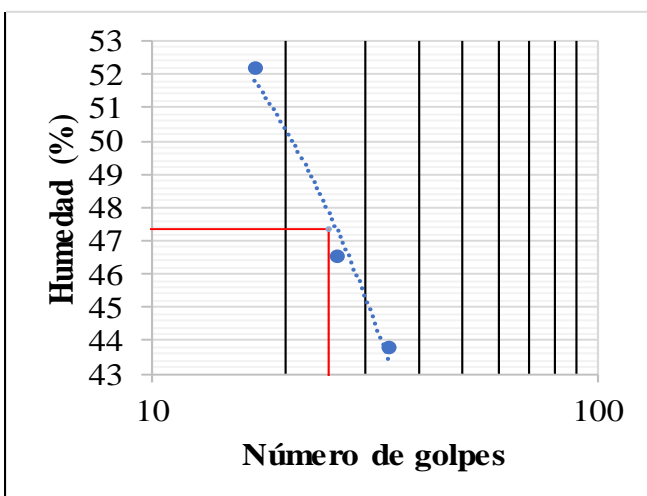
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
48	7.229	13.988	6.759	11.929	4.700	34	43.81
51	7.319	17.040	9.721	13.954	6.635	26	46.51
52	7.132	14.316	7.184	11.853	4.721	17	52.17

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
53	7.119	11.399	4.280	10.693	3.574	19.75
54	7.488	11.916	4.428	11.185	3.697	19.77
55	7.374	12.842	5.468	11.906	4.532	20.65
Humedad promedio (%)						20.06



% finos	92.88
Límite líquido	47.34

Límite plástico	20.06
-----------------	-------

Índice de plasticidad	27.28
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

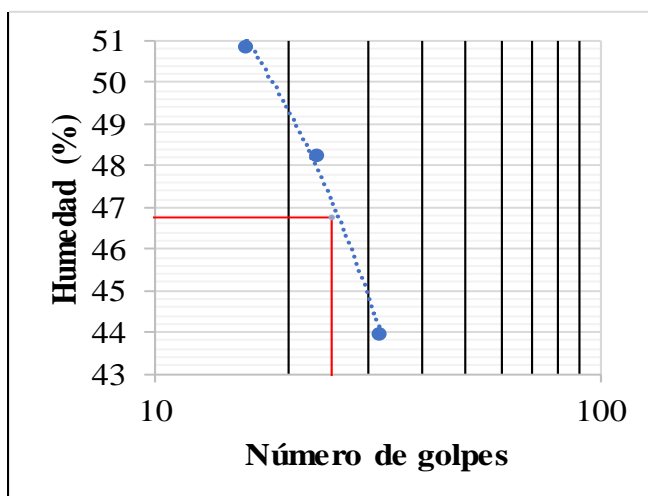
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
56	7.440	15.990	8.550	13.380	5.940	32	43.94
57	7.225	14.838	7.613	12.360	5.135	23	48.26
60	7.591	14.076	6.485	11.889	4.298	16	50.88

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
62	7.401	12.145	4.744	11.379	3.978	19.26
63	7.301	12.421	5.120	11.611	4.310	18.79
64	7.269	12.378	5.109	11.571	4.302	18.76
Humedad promedio (%)						18.94



% finos	92.88
Límite líquido	46.75

Límite plástico	18.94
-----------------	-------

Índice de plasticidad	27.82
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

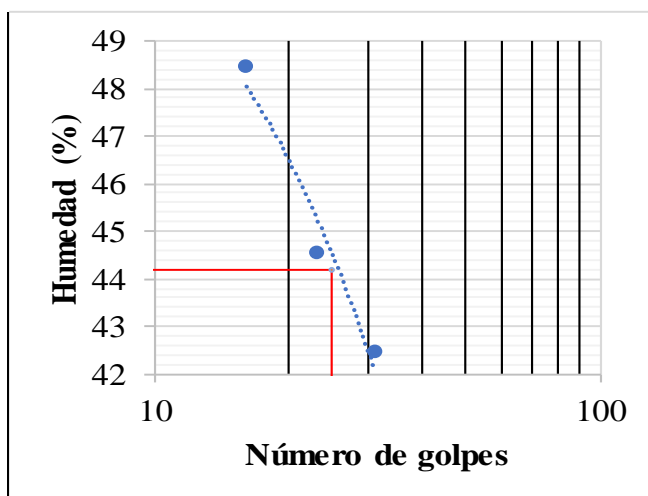
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
66	7.210	14.167	6.957	12.093	4.883	31	42.47
69	6.703	13.997	7.294	11.749	5.046	23	44.55
71	6.544	15.401	8.857	12.510	5.966	16	48.46

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
72	6.626	11.989	5.363	11.034	4.408	21.67
73	6.411	11.844	5.433	10.900	4.489	21.03
74	6.503	11.692	5.189	10.815	4.312	20.34
Humedad promedio (%)						21.01



% finos	92.88
Límite líquido	44.21

Límite plástico	21.01
-----------------	-------

Índice de plasticidad	23.19
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	14

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

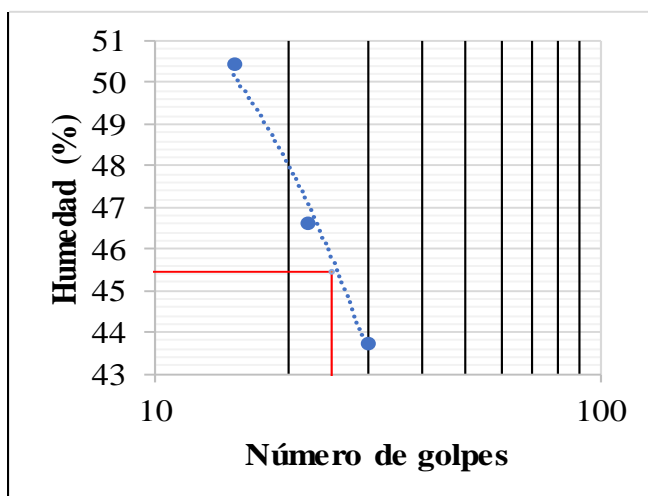
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
75	6.615	15.937	9.322	13.100	6.485	30	43.75
77	6.595	14.688	8.093	12.114	5.519	22	46.64
81	6.740	13.536	6.796	11.258	4.518	15	50.42

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
82	6.537	11.139	4.602	10.342	3.805	20.95
83	6.625	11.676	5.051	10.802	4.177	20.92
85	6.513	12.062	5.549	11.070	4.557	21.77
Humedad promedio (%)						21.21



% finos	92.88
Límite líquido	45.47

Límite plástico	21.21
-----------------	-------

Índice de plasticidad	24.26
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372197,436 N	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	840505,460 E	

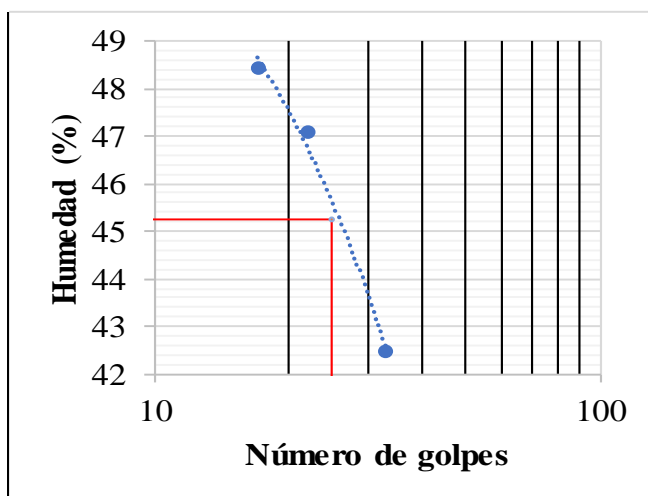
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
89	6.737	15.597	8.860	12.956	6.219	33	42.47
90	6.490	15.960	9.470	12.929	6.439	22	47.07
91	6.621	16.098	9.477	13.006	6.385	17	48.43

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
94	6.479	11.323	4.844	10.511	4.032	20.14
95	6.591	11.345	4.754	10.537	3.946	20.48
96	6.445	11.564	5.119	10.706	4.261	20.14
Humedad promedio (%)						20.25



% finos	92.88
Límite líquido	45.27

Límite plástico	20.25
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.01
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	9	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	21	Profundidad: 0.50 m	1372197,436 N 840505,460 E	

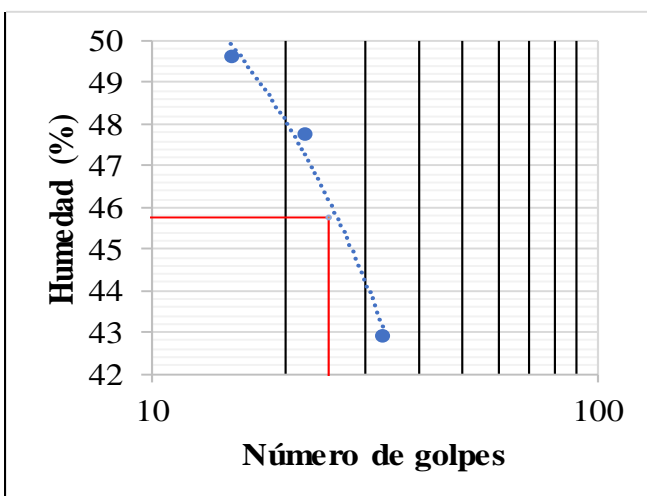
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
97	6.708	15.190	8.482	12.642	5.934	33	42.94
99	6.660	13.960	7.300	11.601	4.941	22	47.74
101	6.835	12.782	5.947	10.809	3.974	15	49.65

Muestra 21 (Sondeo 9 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
102	6.813	11.355	4.542	10.600	3.787	19.94
105	6.504	11.247	4.743	10.458	3.954	19.95
106	6.568	11.357	4.789	10.559	3.991	19.99
Humedad promedio (%)						19.96



% finos	92.88
Límite líquido	45.75

Límite plástico	19.96
-----------------	-------

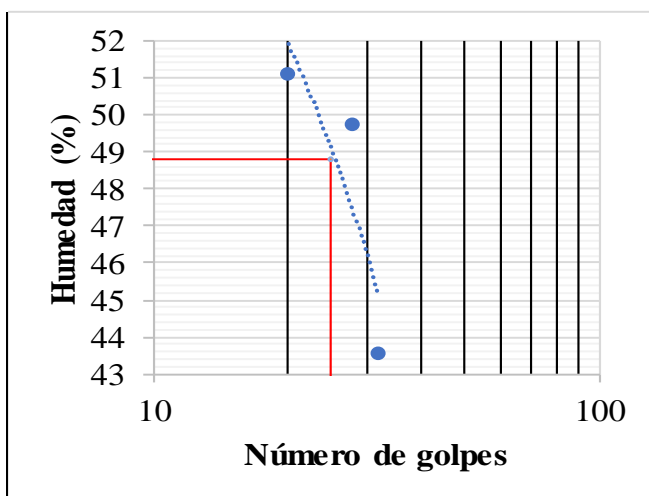
Índice de plasticidad	25.79
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
8	7.261	15.046	7.785	12.684	5.423	32	43.56
63	7.297	17.435	10.138	14.066	6.769	28	49.77
71	6.544	17.525	10.981	13.810	7.266	20	51.13

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	7.310	11.248	3.938	10.604	3.294	19.55
117	6.446	10.464	4.018	9.825	3.379	18.91
73	6.411	10.822	4.411	10.109	3.698	19.28
Humedad promedio (%)						19.25



% finos	94.39
Límite líquido	48.78

Límite plástico	19.25
-----------------	-------

Índice de plasticidad	29.53
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
87	7.225	14.878	7.653	12.535	5.310	33	44.12
97	6.701	16.624	9.923	13.399	6.698	24	48.15
46	7.430	18.164	10.734	14.702	7.272	20	47.61

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
99	6.663	10.535	3.872	9.917	3.254	18.99
44	7.521	11.492	3.971	10.850	3.329	19.29
17	7.326	11.451	4.125	10.783	3.457	19.32
Humedad promedio (%)						19.20



% finos	94.39
Límite líquido	46.66

Límite plástico	19.20
-----------------	-------

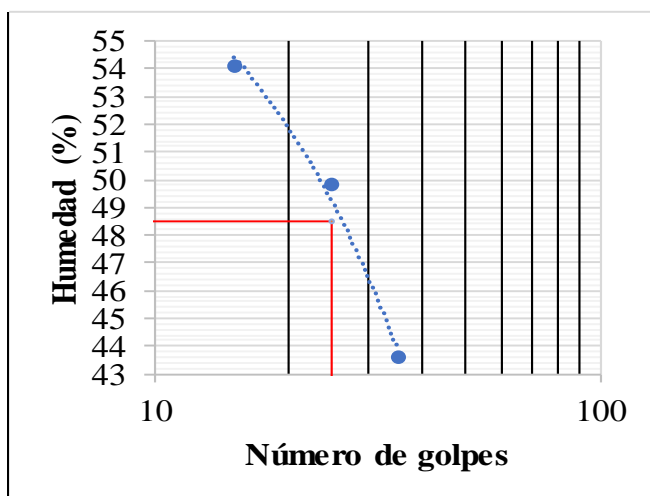
Índice de plasticidad	27.46
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
105	6.505	14.538	8.033	12.099	5.594	35	43.60
94	6.481	15.336	8.855	12.391	5.910	25	49.83
108	7.413	19.232	11.819	15.082	7.669	15	54.11

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
28	7.181	11.460	4.279	10.770	3.589	19.23
11	7.056	11.283	4.227	10.605	3.549	19.10
21	7.364	11.573	4.209	10.892	3.528	19.30
Humedad promedio (%)						19.21



% finos	94.39
Límite líquido	48.48

Límite plástico	19.21
-----------------	-------

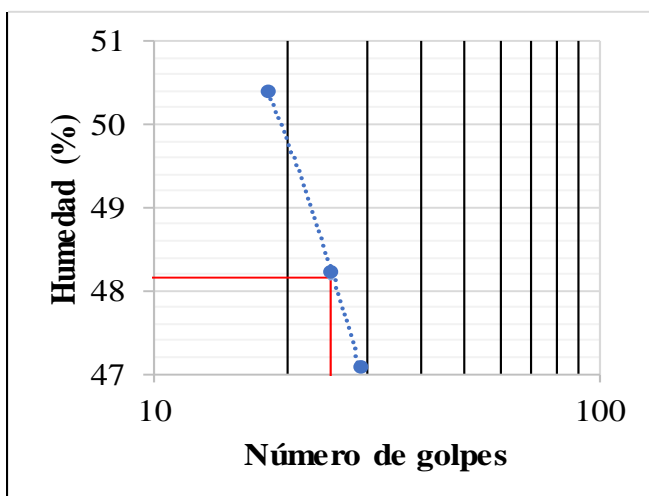
Índice de plasticidad	29.27
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
89	6.845	14.399	7.554	11.981	5.136	29	47.08
96	6.445	14.353	7.908	11.780	5.335	25	48.23
86	6.497	15.540	9.043	12.510	6.013	18	50.39

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
115	6.700	10.128	3.428	9.576	2.876	19.19
40	7.683	11.514	3.831	10.893	3.210	19.35
16	7.360	11.502	4.142	10.835	3.475	19.19
Humedad promedio (%)						19.24



% finos	94.39
Límite líquido	48.15

Límite plástico	19.24
-----------------	-------

Índice de plasticidad	28.91
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372237,495 N	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	840474,352 E	

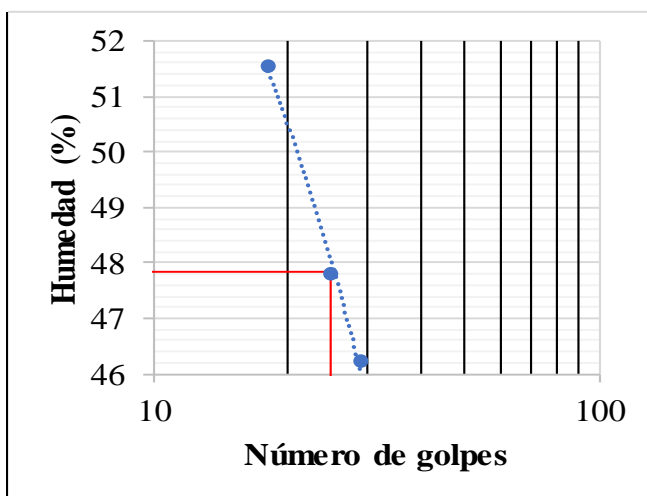
15 % de vidrio + agua potable

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
24	7.509	14.686	7.177	12.417	4.908	29	46.23
3	7.035	17.871	10.836	14.367	7.332	25	47.79
6	7.177	19.280	12.103	15.164	7.987	18	51.53

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
85	6.516	11.582	5.066	10.763	4.247	19.28
26	7.299	12.066	4.767	11.294	3.995	19.32
95	6.591	11.529	4.938	10.734	4.143	19.19
Humedad promedio (%)						19.27



% finos	94.39
Límite líquido	47.85

Límite plástico	19.27
-----------------	-------

Índice de plasticidad	28.58
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

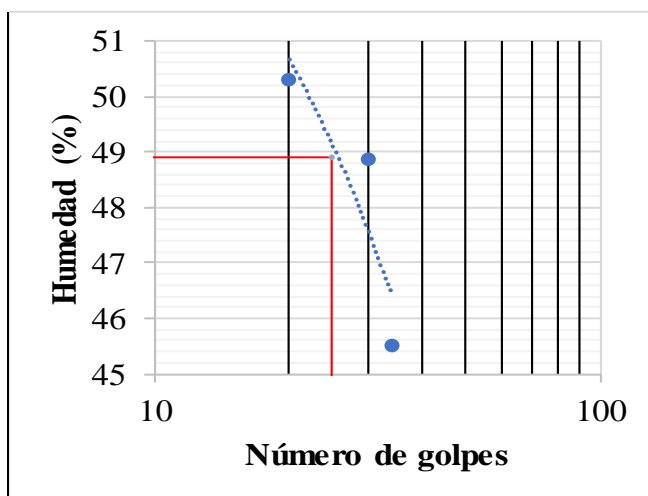
20 % de vidrio + agua potable

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
10	7.396	16.830	9.434	13.880	6.484	34	45.50
27	7.432	18.022	10.590	14.546	7.114	30	48.86
78	6.585	16.648	10.063	13.280	6.695	20	50.31

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
48	7.226	11.223	3.997	10.578	3.352	19.24
109	7.257	11.745	4.488	11.020	3.763	19.27
74	6.506	10.968	4.462	10.249	3.743	19.21
Humedad promedio (%)						19.24



% finos	94.39
Límite líquido	48.91

Límite plástico	19.24
-----------------	-------

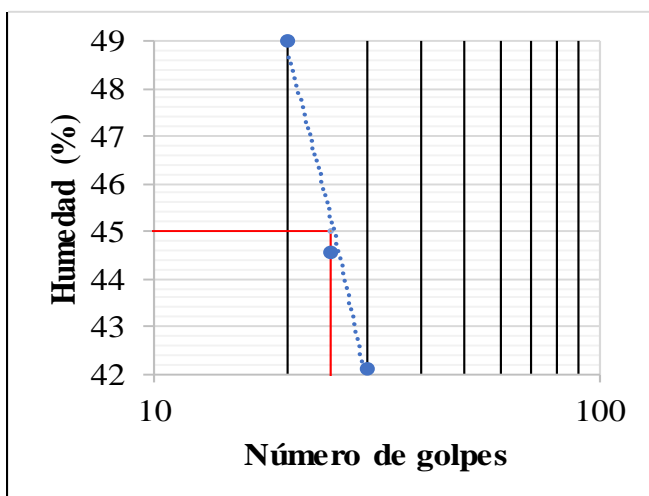
Índice de plasticidad	29.67
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
7	7.274	18.442	11.168	15.132	7.858	30	42.12
69	6.710	15.842	9.132	13.027	6.317	25	44.56
82	6.529	16.189	9.660	13.013	6.484	20	48.98

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
111	6.689	11.211	4.522	10.476	3.787	19.41
98	6.642	11.436	4.794	10.654	4.012	19.49
70	6.591	11.662	5.071	10.839	4.248	19.37
Humedad promedio (%)						19.42



% finos	94.39
Límite líquido	44.99

Límite plástico	19.42
-----------------	-------

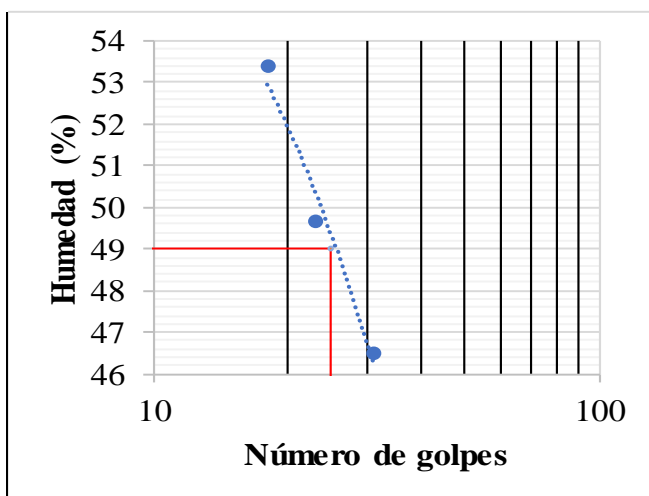
Índice de plasticidad	25.57
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
79	6.725	17.338	10.613	13.969	7.244	31	46.51
9	7.061	17.151	10.090	13.803	6.742	23	49.66
23	7.222	20.041	12.819	15.580	8.358	18	53.37

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
35	7.641	12.715	5.074	11.899	4.258	19.16
42	7.025	12.564	5.539	11.670	4.645	19.25
66	7.206	12.293	5.087	11.470	4.264	19.30
Humedad promedio (%)						19.24



% finos	94.39
Límite líquido	49.02

Límite plástico	19.24
-----------------	-------

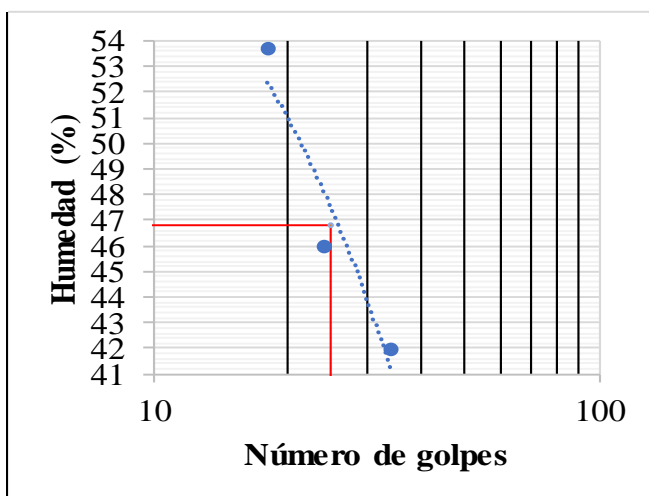
Índice de plasticidad	29.79
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas 1372237,495 N	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	840474,352 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
18	7.124	18.422	11.298	15.084	7.960	34	41.93
25	7.446	16.692	9.246	13.779	6.333	24	46.00
30	7.682	15.642	7.960	12.861	5.179	18	53.70

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
65	6.661	11.078	4.417	10.369	3.708	19.12
113	6.527	11.386	4.859	10.609	4.082	19.03
2	7.337	12.422	5.085	11.601	4.264	19.25
Humedad promedio (%)						19.14



% finos	94.39
Límite líquido	46.83

Límite plástico	19.14
-----------------	-------

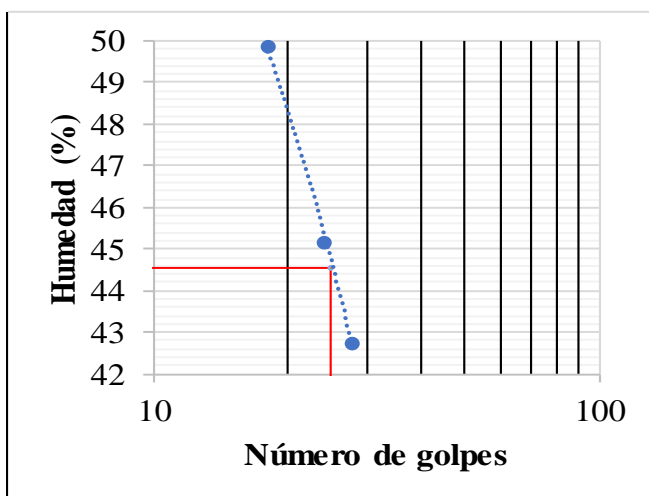
Índice de plasticidad	27.70
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.416	17.615	10.199	14.561	7.145	28	42.74
103	6.733	16.970	10.237	13.786	7.053	24	45.14
20	7.390	18.920	11.530	15.084	7.694	18	49.86

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
68	7.319	11.920	4.601	11.176	3.857	19.29
106	6.570	11.336	4.766	10.579	4.009	18.88
62	7.404	12.239	4.835	11.464	4.060	19.09
Humedad promedio (%)						19.09



% finos	94.39
Límite líquido	44.54

Límite plástico	19.09
-----------------	-------

Índice de plasticidad	25.45
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

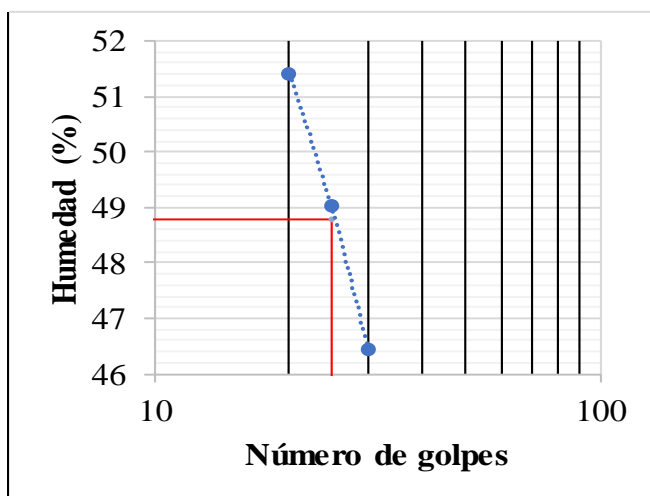
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
3	7.038	13.761	6.723	11.629	4.591	30	46.44
6	7.176	15.369	8.193	12.674	5.498	25	49.02
9	7.033	15.204	8.171	12.430	5.397	20	51.40

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	7.296	11.698	4.402	11.035	3.739	17.73
2	7.346	11.833	4.487	11.140	3.794	18.27
5	7.213	12.119	4.906	11.376	4.163	17.85
Humedad promedio (%)						17.95



% finos	94.39
Límite líquido	48.79

Límite plástico	17.95
-----------------	-------

Índice de plasticidad	30.84
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector:	Los Cerezos	Coordenadas
Muestra N°:	29	Profundidad:	0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E

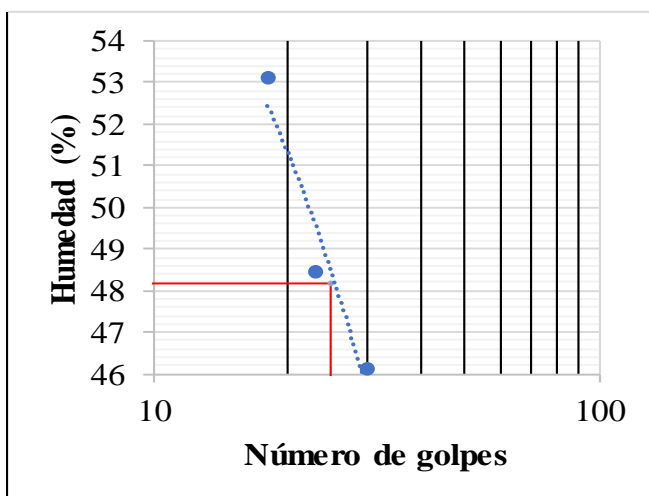
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
12	7.383	13.656	6.273	11.676	4.293	30	46.12
13	7.396	14.659	7.263	12.289	4.893	23	48.44
14	7.325	14.605	7.280	12.080	4.755	18	53.10

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
7	7.263	11.060	3.797	10.450	3.187	19.14
8	7.261	11.455	4.194	10.772	3.511	19.45
10	7.393	11.588	4.195	10.909	3.516	19.31
Humedad promedio (%)						19.30



% finos	94.39
Límite líquido	48.18

Límite plástico	19.30
-----------------	-------

Índice de plasticidad	28.88
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

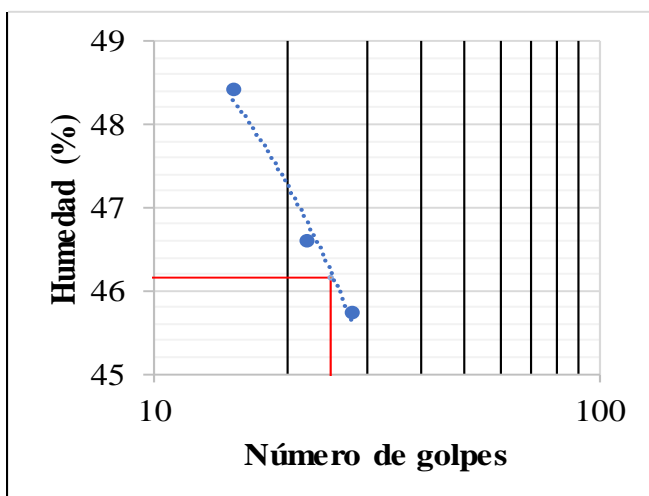
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
19	7.489	14.873	7.384	12.556	5.067	28	45.73
22	7.430	15.607	8.177	13.008	5.578	22	46.59
20	7.389	18.018	10.629	14.551	7.162	15	48.41

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
11	7.047	11.238	4.191	10.581	3.534	18.59
15	7.698	11.918	4.220	11.239	3.541	19.18
16	7.359	11.301	3.942	10.676	3.317	18.84
Humedad promedio (%)						18.87



% finos	94.39
Límite líquido	46.15

Límite plástico	18.87
-----------------	-------

Índice de plasticidad	27.28
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

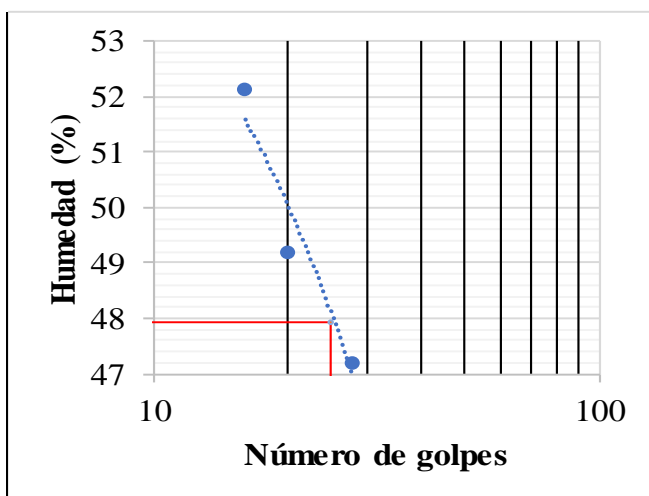
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
29	8.703	18.157	9.454	15.125	6.422	28	47.21
31	7.261	14.220	6.959	11.925	4.664	20	49.21
32	7.513	16.643	9.130	13.515	6.002	16	52.12

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
17	7.324	12.053	4.729	11.327	4.003	18.14
18	7.105	11.726	4.621	11.040	3.935	17.43
23	7.220	12.136	4.916	11.379	4.159	18.20
Humedad promedio (%)						17.92



% finos	94.39
Límite líquido	47.93

Límite plástico	17.92
-----------------	-------

Índice de plasticidad	30.01
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

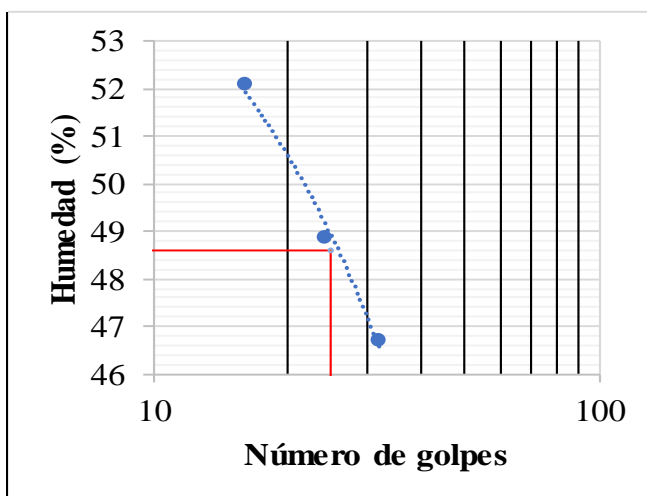
15 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.414	17.132	9.718	14.037	6.623	32	46.73
44	7.514	16.395	8.881	13.479	5.965	24	48.89
45	7.257	16.083	8.826	13.060	5.803	16	52.09

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
24	7.508	11.753	4.245	11.094	3.586	18.38
25	7.359	11.598	4.239	10.920	3.561	19.04
26	7.287	11.813	4.526	11.096	3.809	18.82
Humedad promedio (%)						18.75



% finos	94.39
Límite líquido	48.62

Límite plástico	18.75
-----------------	-------

Índice de plasticidad	29.87
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
48	7.230	15.147	7.917	12.772	5.542	34	42.85
52	7.131	15.694	8.563	12.927	5.796	24	47.74
53	7.155	20.686	13.531	16.164	9.009	20	50.19

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
30	7.651	11.749	4.098	11.161	3.510	16.75
35	7.639	11.944	4.305	11.316	3.677	17.08
37	7.433	12.095	4.662	11.414	3.981	17.11
Humedad promedio (%)						16.98



% finos	94.39
Límite líquido	47.13

Límite plástico	16.98
-----------------	-------

Índice de plasticidad	30.15
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

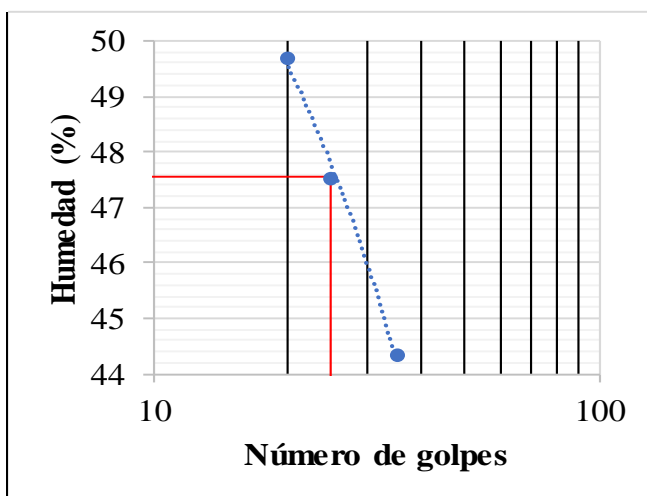
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
54	7.480	14.663	7.183	12.456	4.976	35	44.35
55	7.374	14.846	7.472	12.439	5.065	25	47.52
56	7.446	15.691	8.245	12.954	5.508	20	49.69

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
40	7.687	11.719	4.032	11.128	3.441	17.18
41	7.384	11.334	3.950	10.742	3.358	17.63
42	6.983	11.162	4.179	10.529	3.546	17.85
Humedad promedio (%)						17.55



% finos	94.39
Límite líquido	47.55

Límite plástico	17.55
-----------------	-------

Índice de plasticidad	30.00
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

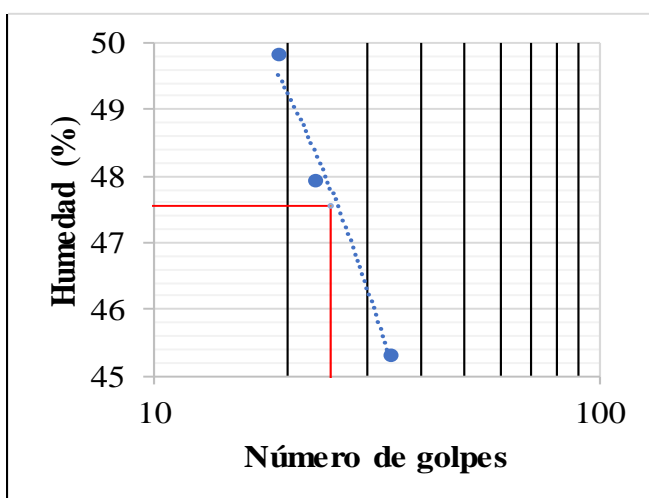
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
57	7.231	15.505	8.274	12.925	5.694	34	45.31
58	7.244	13.882	6.638	11.731	4.487	23	47.94
60	7.596	15.574	7.978	12.921	5.325	19	49.82

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
46	7.431	10.964	3.533	10.497	3.066	15.23
49	7.014	10.630	3.616	10.138	3.124	15.75
51	7.330	10.684	3.354	10.238	2.908	15.34
Humedad promedio (%)						15.44



% finos	94.39
Límite líquido	47.56

Límite plástico	15.44
-----------------	-------

Índice de plasticidad	32.12
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

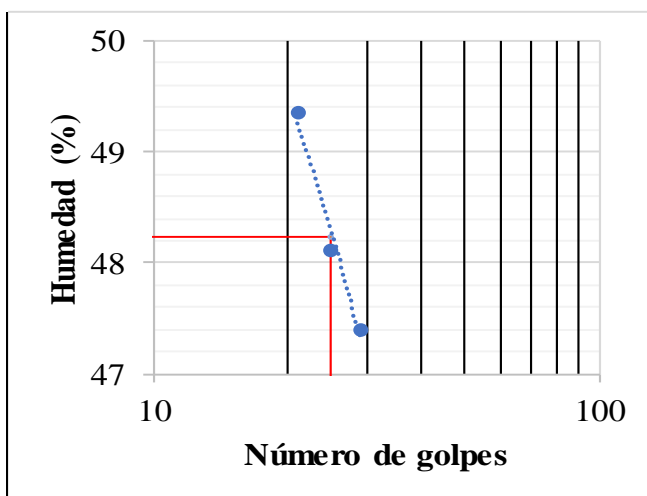
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
64	7.272	14.515	7.243	12.186	4.914	29	47.40
65	6.658	15.407	8.749	12.565	5.907	25	48.11
66	7.217	16.460	9.243	13.406	6.189	21	49.35

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
62	7.394	11.746	4.352	11.098	3.704	17.49
63	7.296	11.976	4.680	11.276	3.980	17.59
67	6.459	11.142	4.683	10.438	3.979	17.69
Humedad promedio (%)						17.59



% finos	94.39
Límite líquido	48.23

Límite plástico	17.59
-----------------	-------

Índice de plasticidad	30.64
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	17	Sector: Los Cerezos	Coordenadas	
Muestra N°:	29	Profundidad: 0.50 m	1372237,495 N 840474,352 E	

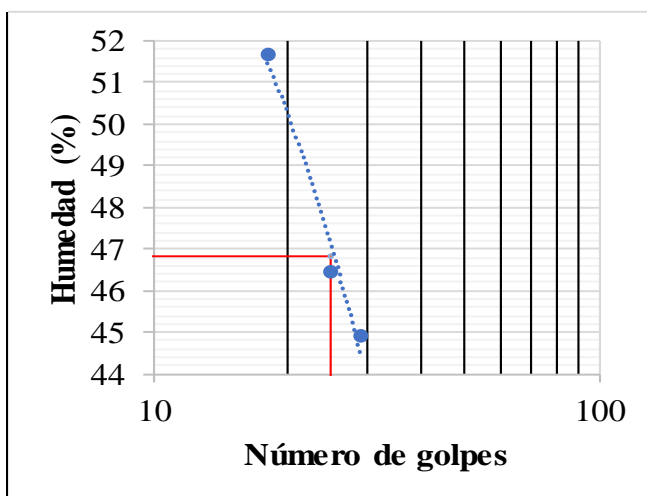
20 % de vidrio + agua residual minera

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
69	6.705	14.606	7.901	12.157	5.452	29	44.92
74	6.504	15.462	8.958	12.621	6.117	25	46.44
77	6.599	15.146	8.547	12.234	5.635	18	51.68

Muestra 29 (Sondeo 17 Nivel 0.50 m)

Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
68	7.314	11.796	4.482	11.115	3.801	17.92
72	6.624	11.188	4.564	10.497	3.873	17.84
73	6.410	11.150	4.740	10.422	4.012	18.15
Humedad promedio (%)						17.97



% finos	94.39
Límite líquido	46.81

Límite plástico	17.97
-----------------	-------

Índice de plasticidad	28.84
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

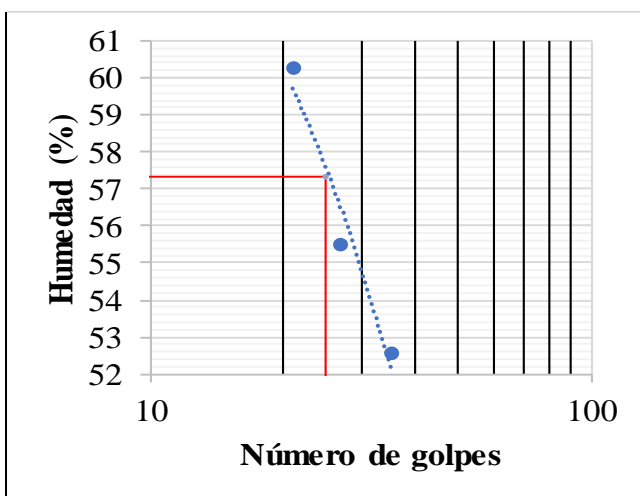


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
1	7.300	13.899	6.599	11.625	4.325	35	52.58
2	7.339	15.648	8.309	12.683	5.344	27	55.48
3	7.035	16.746	9.711	13.094	6.059	21	60.27

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
5	7.213	11.268	4.055	10.592	3.379	20.01
13	7.372	11.734	4.362	11.006	3.634	20.03
15	7.690	11.823	4.133	11.133	3.443	20.04
Humedad promedio (%)						20.03



% finos	94.86
Límite líquido	57.31

Límite plástico	20.03
-----------------	-------

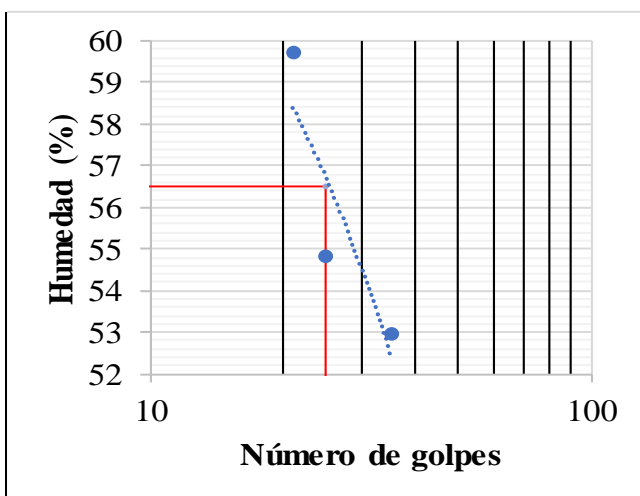
Índice de plasticidad	37.28
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
6	7.181	16.106	8.925	13.016	5.835	35	52.96
7	7.264	14.466	7.202	11.915	4.651	25	54.85
8	7.260	18.491	11.231	14.292	7.032	21	59.71

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
29	8.703	13.593	4.890	12.776	4.073	20.06
31	7.266	11.878	4.612	11.128	3.862	19.42
22	7.434	11.958	4.524	11.220	3.786	19.49
Humedad promedio (%)						19.66



% finos	94.86
Límite líquido	56.50

Límite plástico	19.66
-----------------	-------

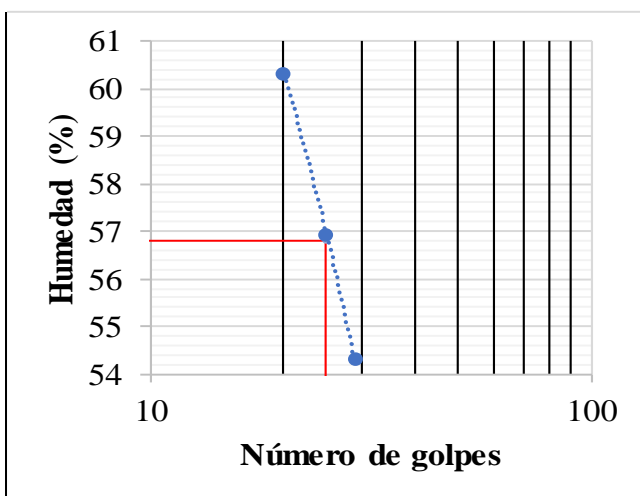
Índice de plasticidad	36.84
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
9	7.058	17.248	10.190	13.662	6.604	29	54.30
10	7.395	18.188	10.793	14.273	6.878	25	56.92
11	7.052	16.075	9.023	12.680	5.628	20	60.32

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
32	7.513	12.717	5.204	11.837	4.324	20.35
43	7.313	12.279	4.966	11.436	4.123	20.45
45	7.264	11.816	4.552	11.069	3.805	19.63
Humedad promedio (%)						20.14



% finos	94.86
Límite líquido	56.78

Límite plástico	20.14
-----------------	-------

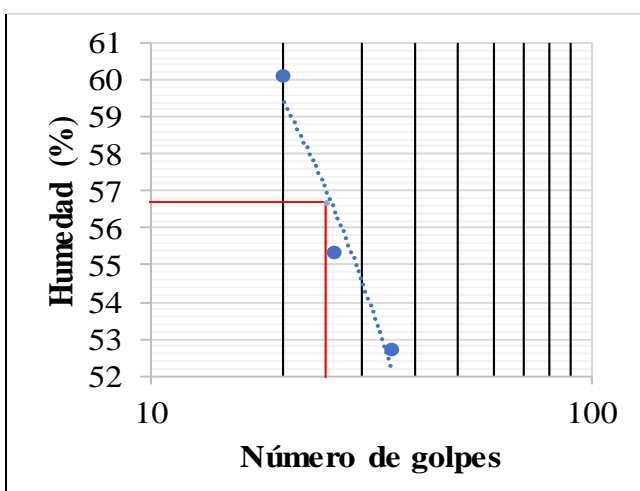
Índice de plasticidad	36.64
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m	1361286,749 N 844116,520 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
14	7.338	17.482	10.144	13.981	6.643	35	52.70
16	7.363	13.862	6.499	11.547	4.184	26	55.33
18	7.116	16.767	9.651	13.143	6.027	20	60.13

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
49	7.023	11.565	4.542	10.765	3.742	21.38
52	7.127	11.928	4.801	11.116	3.989	20.36
53	7.113	12.213	5.100	11.358	4.245	20.14
Humedad promedio (%)						20.63



% finos	94.86
Límite líquido	56.72

Límite plástico	20.63
-----------------	-------

Índice de plasticidad	36.10
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	7.389	15.214	7.825	12.465	5.076	35	54.16
21	7.368	15.409	8.041	12.454	5.086	28	58.10
23	7.222	16.645	9.423	13.060	5.838	21	61.41

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
54	7.486	12.087	4.601	11.252	3.766	22.17
55	7.371	12.469	5.098	11.588	4.217	20.89
56	7.434	12.790	5.356	11.863	4.429	20.93
Humedad promedio (%)						21.33



% finos	94.86
Límite líquido	59.18

Límite plástico	21.33
-----------------	-------

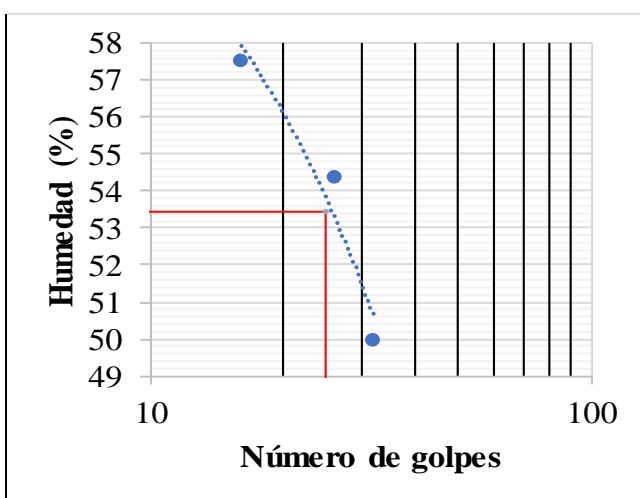
Índice de plasticidad	37.85
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
24	7.512	16.693	9.181	13.634	6.122	32	49.97
25	7.362	18.230	10.868	14.402	7.040	26	54.38
26	7.298	19.791	12.493	15.228	7.930	16	57.54

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
65	6.656	10.683	4.027	10.026	3.370	19.50
64	7.275	11.696	4.421	10.964	3.689	19.84
63	7.301	11.213	3.912	10.571	3.270	19.63
Humedad promedio (%)						19.66



% finos	94.86
Límite líquido	53.42

Límite plástico	19.66
-----------------	-------

Índice de plasticidad	33.76
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
27	7.433	16.000	8.567	13.203	5.770	35	48.47
28	7.178	15.618	8.440	12.771	5.593	30	50.90
30	7.653	16.866	9.213	13.551	5.898	25	56.21

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
67	6.450	10.722	4.272	9.997	3.547	20.44
72	6.629	10.650	4.021	9.966	3.337	20.50
75	6.621	10.676	4.055	9.994	3.373	20.22
Humedad promedio (%)						20.39



% finos	94.86
Límite líquido	55.87

Límite plástico	20.39
-----------------	-------

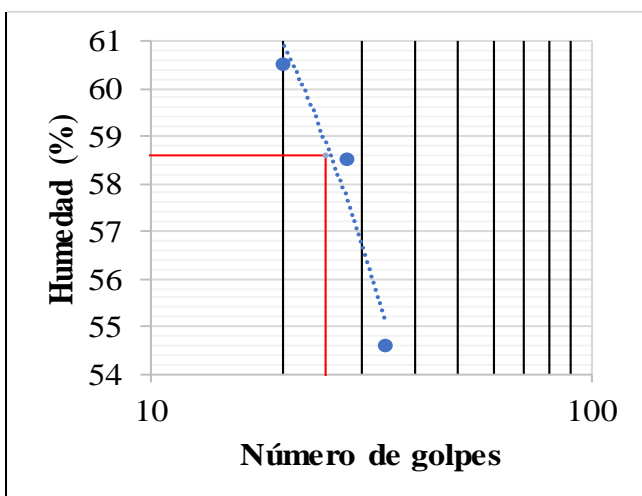
Índice de plasticidad	35.48
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361286,749 N	
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m	844116,520 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
41	7.403	15.665	8.262	12.747	5.344	34	54.60
35	7.636	17.786	10.150	14.039	6.403	28	58.52
33	7.424	17.580	10.156	13.751	6.327	20	60.52

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
87	6.597	10.903	4.306	10.183	3.586	20.08
76	6.541	10.530	3.989	9.871	3.330	19.79
80	6.601	10.479	3.878	9.852	3.251	19.29
Humedad promedio (%)						19.72



% finos	94.86
Límite líquido	58.58

Límite plástico	19.72
-----------------	-------

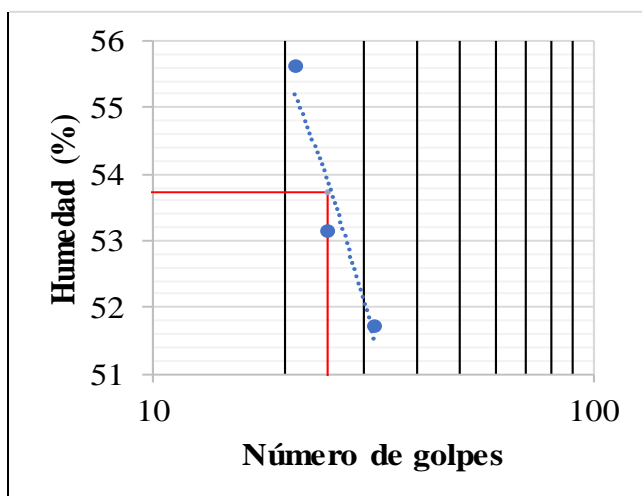
Índice de plasticidad	38.86
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
44	7.520	14.922	7.402	12.399	4.879	32	51.71
42	7.019	17.759	10.740	14.032	7.013	25	53.14
46	7.438	16.533	9.095	13.282	5.844	21	55.63

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
101	6.841	11.480	4.639	10.699	3.858	20.24
93	6.570	10.839	4.269	10.122	3.552	20.19
91	6.627	10.746	4.119	10.062	3.435	19.91
Humedad promedio (%)						20.11



% finos	94.86
Límite líquido	53.71

Límite plástico	20.11
-----------------	-------

Índice de plasticidad	33.60
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361286,749 N	
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m	844116,520 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
51	7.331	17.247	9.916	13.978	6.647	34	49.18
57	7.226	18.361	11.135	14.539	7.313	26	52.26
62	7.400	16.944	9.544	13.434	6.034	18	58.17

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
114	6.620	10.983	4.363	10.304	3.684	18.43
112	6.531	10.787	4.256	10.113	3.582	18.82
107	6.602	10.445	3.843	9.847	3.245	18.43
Humedad promedio (%)						18.56



% finos	94.86
Límite líquido	53.29

Límite plástico	18.56
-----------------	-------

Índice de plasticidad	34.73
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

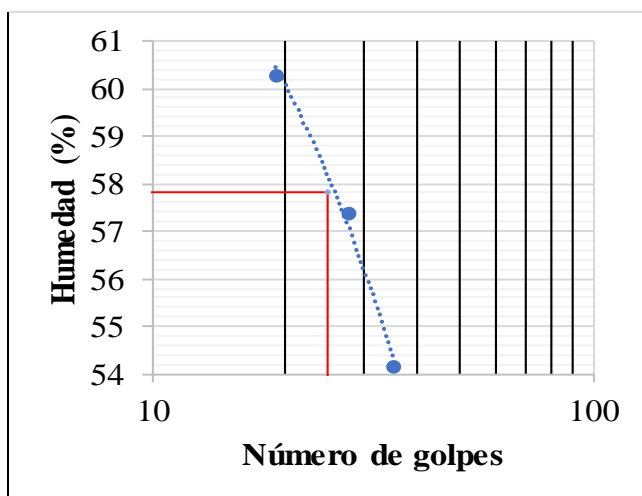


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
3	7.038	14.390	7.352	11.808	4.770	35	54.13
6	7.176	14.909	7.733	12.090	4.914	28	57.37
9	7.033	15.619	8.586	12.390	5.357	19	60.28

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
79	6.728	11.209	4.481	10.410	3.682	21.70
80	6.595	10.932	4.337	10.162	3.567	21.59
81	7.232	11.292	4.060	10.575	3.343	21.45
Humedad promedio (%)						21.58



% finos	94.86
Límite líquido	57.83

Límite plástico	21.58
-----------------	-------

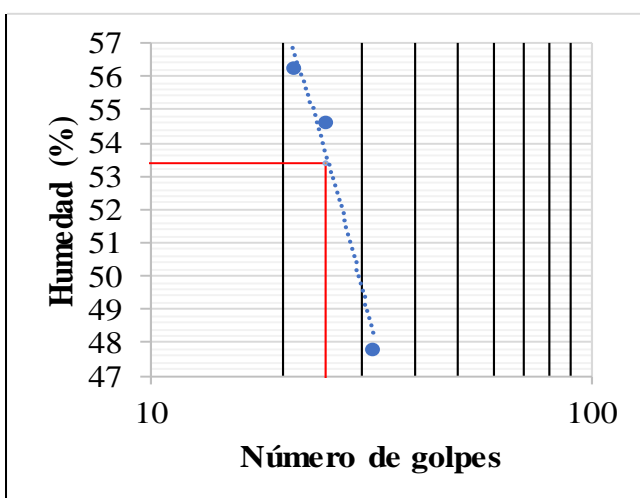
Índice de plasticidad	36.25
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m	1361286,749 N 844116,520 E	

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
12	7.038	16.139	9.101	13.195	6.157	32	47.82
13	7.176	15.901	8.725	12.819	5.643	25	54.62
14	7.033	16.982	9.949	13.401	6.368	21	56.23

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
82	6.538	9.111	2.573	8.713	2.175	18.30
83	6.625	9.476	2.851	9.019	2.394	19.09
84	6.590	10.064	3.474	9.504	2.914	19.22
Humedad promedio (%)						18.87



% finos	94.86
Límite líquido	53.38

Límite plástico	18.87
-----------------	-------

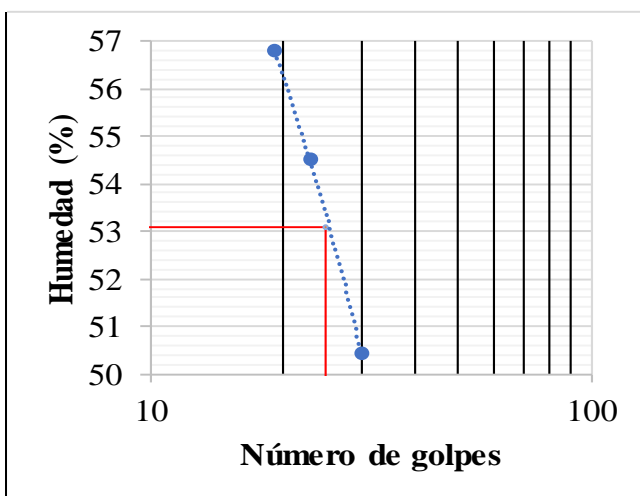
Índice de plasticidad	34.52
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
19	7.489	15.384	7.895	12.737	5.248	30	50.44
20	7.389	15.865	8.476	12.875	5.486	23	54.50
22	7.430	19.135	11.705	14.896	7.466	19	56.78

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
85	6.512	10.389	3.877	9.663	3.151	23.04
86	6.503	10.773	4.270	9.971	3.468	23.13
87	6.599	10.802	4.203	10.001	3.402	23.54
Humedad promedio (%)						23.24



% finos	94.86
Límite líquido	53.09

Límite plástico	23.24
-----------------	-------

Índice de plasticidad	29.85
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

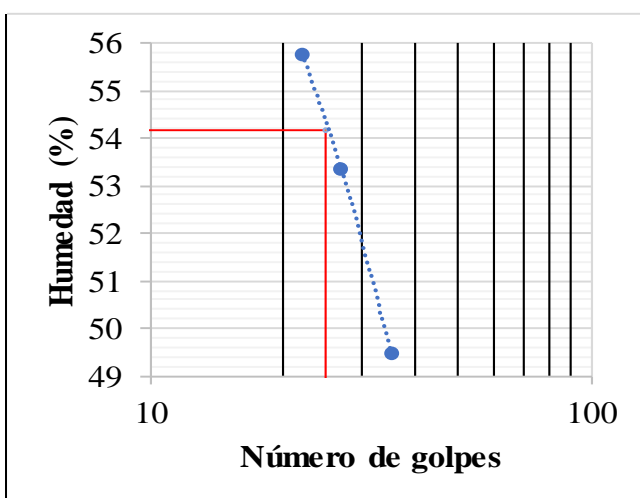


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
29	8.703	14.746	6.043	12.746	4.043	35	49.47
31	7.261	15.934	8.673	12.916	5.655	27	53.37
32	7.513	15.327	7.814	12.530	5.017	22	55.75

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
89	6.738	11.029	4.291	10.238	3.500	22.60
90	6.491	10.712	4.221	9.945	3.454	22.21
91	6.623	11.397	4.774	10.539	3.916	21.91
Humedad promedio (%)						22.24



% finos	94.86
Límite líquido	54.16

Límite plástico	22.24
-----------------	-------

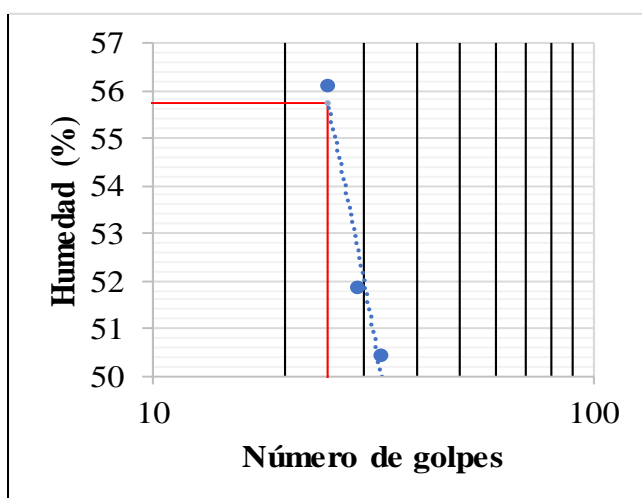
Índice de plasticidad	31.92
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°: 25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°: 38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.414	14.809	7.395	12.330	4.916	33	50.43
44	7.514	16.388	8.874	13.357	5.843	29	51.87
45	7.257	16.379	9.122	13.101	5.844	25	56.09

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
92	7.629	12.095	4.466	11.334	3.705	20.54
93	6.567	11.042	4.475	10.275	3.708	20.69
94	6.480	10.928	4.448	10.178	3.698	20.28
Humedad promedio (%)						20.50



% finos	94.86
Límite líquido	55.72

Límite plástico	20.50
-----------------	-------

Índice de plasticidad	35.22
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361286,749 N	
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m	844116,520 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
48	7.230	15.510	8.280	12.828	5.598	35	47.91
52	7.131	14.882	7.751	12.279	5.148	30	50.56
53	7.155	14.424	7.269	11.856	4.701	22	54.63

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
95	6.592	10.716	4.124	9.959	3.367	22.48
96	6.445	10.394	3.949	9.660	3.215	22.83
97	6.710	10.471	3.761	9.788	3.078	22.19
Humedad promedio (%)						22.50



% finos	94.86
Límite líquido	52.89

Límite plástico	22.50
-----------------	-------

Índice de plasticidad	30.39
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361286,749 N	
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m	844116,520 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
54	7.480	13.930	6.450	11.793	4.313	30	49.55
55	7.374	16.346	8.972	13.251	5.877	23	52.66
56	7.446	18.332	10.886	14.338	6.892	15	57.95

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
98	6.645	10.658	4.013	9.913	3.268	22.80
99	6.661	11.592	4.931	10.668	4.007	23.06
101	6.837	11.814	4.977	10.906	4.069	22.32
Humedad promedio (%)						22.72



% finos	94.86
Límite líquido	51.72

Límite plástico	22.72
-----------------	-------

Índice de plasticidad	29.00
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

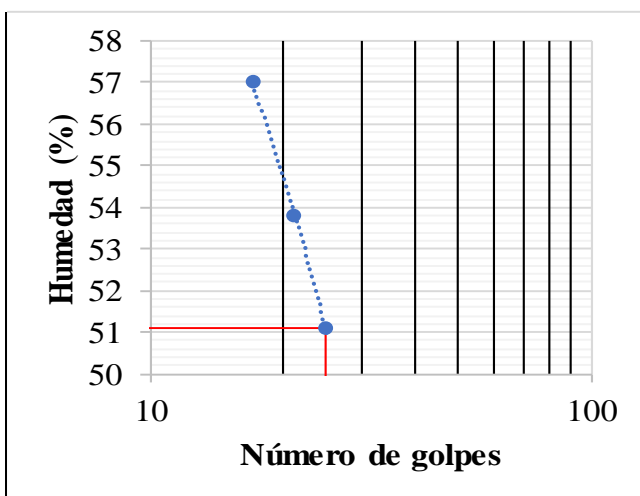


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361286,749 N	
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m	844116,520 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
57	7.231	15.121	7.890	12.453	5.222	25	51.09
58	7.244	16.640	9.396	13.353	6.109	21	53.81
60	7.596	17.098	9.502	13.647	6.051	17	57.03

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
102	6.810	11.082	4.272	10.308	3.498	22.13
103	6.733	11.356	4.623	10.521	3.788	22.04
104	6.653	10.858	4.205	10.064	3.411	23.28
Humedad promedio (%)						22.48



% finos	94.86
Límite líquido	51.10

Límite plástico	22.48
-----------------	-------

Índice de plasticidad	28.62
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
64	7.272	16.571	9.299	13.449	6.177	35	50.54
65	6.658	14.790	8.132	11.947	5.289	30	53.75
66	7.217	15.457	8.240	12.491	5.274	25	56.24

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
105	6.507	11.433	4.926	10.536	4.029	22.26
106	6.566	11.196	4.630	10.352	3.786	22.29
107	6.607	10.864	4.257	10.070	3.463	22.93
Humedad promedio (%)						22.49



% finos	94.86
Límite líquido	56.42

Límite plástico	22.49
-----------------	-------

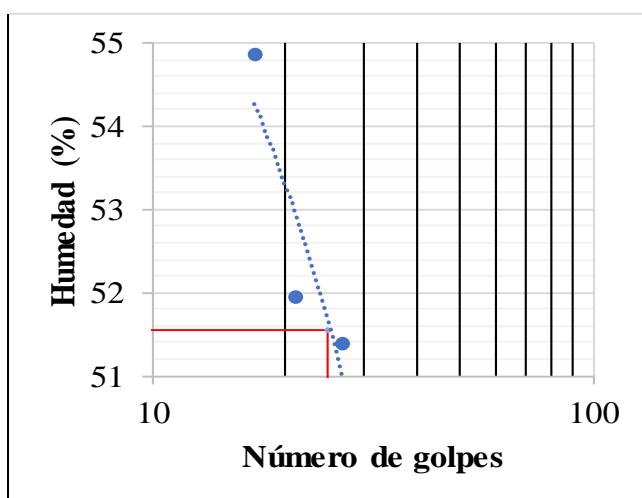
Índice de plasticidad	33.93
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	25	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361286,749 N
Muestra N°:	38	Profundidad: 1.00 m		844116,520 E

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
69	6.705	13.920	7.215	11.471	4.766	27	51.38
74	6.504	12.749	6.245	10.614	4.110	21	51.95
77	6.599	12.902	6.303	10.669	4.070	17	54.86

Muestra 38 (Sondeo 25 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
108	7.404	11.658	4.254	10.864	3.460	22.95
109	7.254	11.398	4.144	10.614	3.360	23.33
110	6.463	10.418	3.955	9.701	3.238	22.14
Humedad promedio (%)						22.81



% finos	94.86
Límite líquido	51.55

Límite plástico	22.81
-----------------	-------

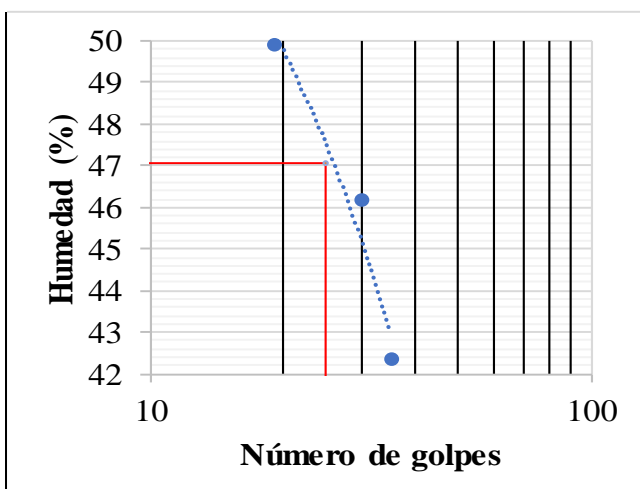
Índice de plasticidad	28.74
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361322,923 N	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	844142,382 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
1	7.300	14.468	7.168	12.336	5.036	35	42.34
2	7.339	15.295	7.956	12.782	5.443	30	46.17
3	7.035	15.861	8.826	12.923	5.888	19	49.90

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
5	7.213	11.041	3.828	10.436	3.223	18.77
13	7.372	11.994	4.622	11.252	3.880	19.12
15	7.690	11.597	3.907	10.985	3.295	18.57
Humedad promedio (%)						18.82



% finos	90.40
Límite líquido	47.06

Límite plástico	18.82
-----------------	-------

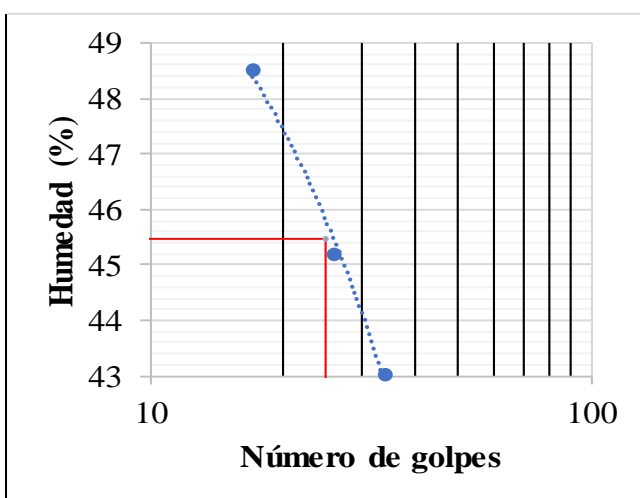
Índice de plasticidad	28.24
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361322,923 N	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	844142,382 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
6	7.181	15.392	8.211	12.922	5.741	34	43.02
7	7.264	16.885	9.621	13.890	6.626	26	45.20
8	7.260	16.845	9.585	13.714	6.454	17	48.51

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
22	7.434	12.830	5.396	11.947	4.513	19.57
31	7.266	13.455	6.189	12.417	5.151	20.15
29	8.703	14.466	5.763	13.525	4.822	19.51
Humedad promedio (%)						19.74



% finos	90.40
Límite líquido	45.48

Límite plástico	19.74
-----------------	-------

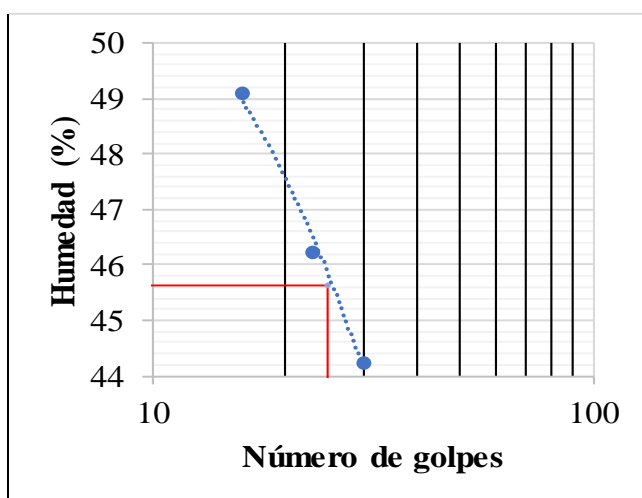
Índice de plasticidad	25.73
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	1361322,923 N 844142,382 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
9	7.058	14.367	7.309	12.125	5.067	30	44.25
10	7.395	17.156	9.761	14.070	6.675	23	46.23
11	7.052	16.635	9.583	13.480	6.428	16	49.08

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
45	7.264	11.568	4.304	10.888	3.624	18.76
43	7.313	10.851	3.538	10.299	2.986	18.49
32	7.513	11.558	4.045	10.930	3.417	18.38
Humedad promedio (%)						18.54



% finos	90.40
Límite líquido	45.63

Límite plástico	18.54
-----------------	-------

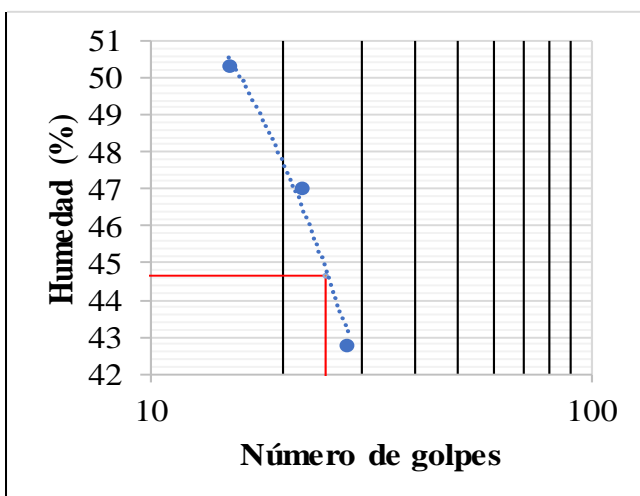
Índice de plasticidad	27.09
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas		1361322,923 N
Muestra N°: 47	Profundidad: 1.00 m			844142,382 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
14	7.338	13.832	6.494	11.886	4.548	28	42.79
16	7.363	16.144	8.781	13.335	5.972	22	47.04
18	7.116	15.734	8.618	12.849	5.733	15	50.32

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
53	7.113	11.407	4.294	10.754	3.641	17.93
52	7.127	11.594	4.467	10.910	3.783	18.08
49	7.023	11.540	4.517	10.840	3.817	18.34
Humedad promedio (%)						18.12



% finos	90.40
Límite líquido	44.66

Límite plástico	18.12
-----------------	-------

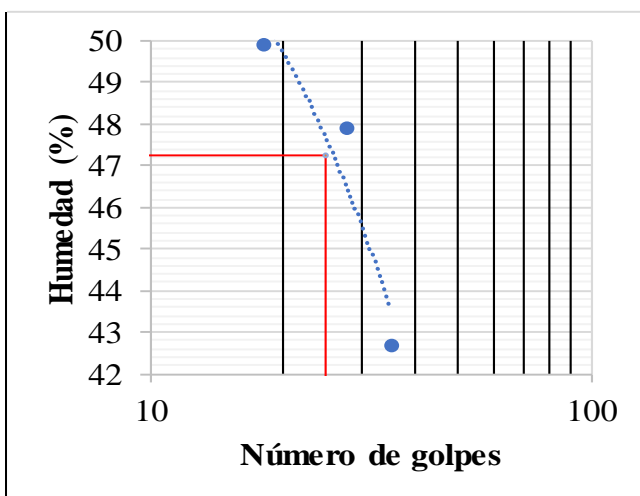
Índice de plasticidad	26.54
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361322,923 N
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m		844142,382 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	7.389	16.185	8.796	13.554	6.165	35	42.68
21	7.368	18.169	10.801	14.670	7.302	28	47.92
23	7.222	16.597	9.375	13.476	6.254	18	49.90

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
56	7.434	11.199	3.765	10.604	3.170	18.77
54	7.486	11.419	3.933	10.792	3.306	18.97
55	7.371	10.538	3.167	10.038	2.667	18.75
Humedad promedio (%)						18.83



% finos	90.40
Límite líquido	47.24

Límite plástico	18.83
-----------------	-------

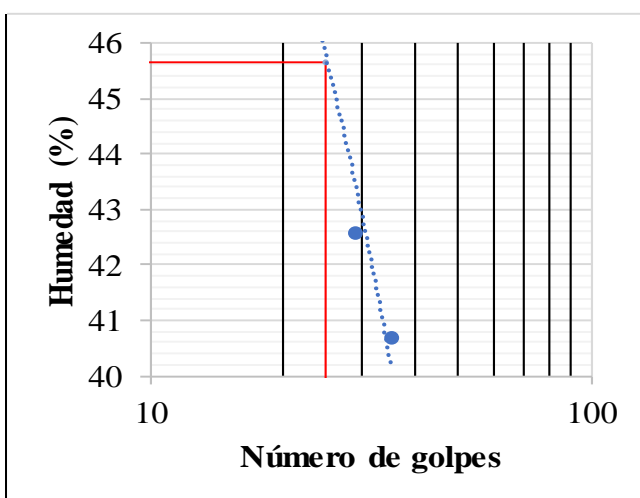
Índice de plasticidad	28.41
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas		1361322,923 N
Muestra N°: 47	Profundidad: 1.00 m			844142,382 E

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
24	7.512	16.436	8.924	13.855	6.343	35	40.69
25	7.362	17.376	10.014	14.386	7.024	29	42.57
26	7.298	17.258	9.960	14.060	6.762	23	47.29

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
65	6.656	11.284	4.628	10.565	3.909	18.39
64	7.275	11.921	4.646	11.182	3.907	18.91
63	7.301	11.952	4.651	11.222	3.921	18.62
Humedad promedio (%)						18.64



% finos	90.40
Límite líquido	45.65

Límite plástico	18.64
-----------------	-------

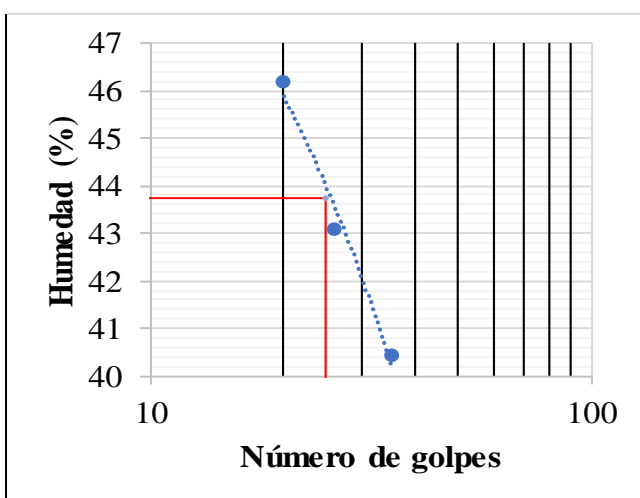
Índice de plasticidad	27.00
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas		1361322,923 N
Muestra N°: 47	Profundidad: 1.00 m			844142,382 E

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
27	7.433	17.864	10.431	14.860	7.427	35	40.45
28	7.178	15.247	8.069	12.818	5.640	26	43.07
30	7.653	16.315	8.662	13.578	5.925	20	46.19

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
75	6.621	10.714	4.093	10.090	3.469	17.99
67	6.450	10.334	3.884	9.754	3.304	17.55
72	6.629	10.233	3.604	9.695	3.066	17.55
Humedad promedio (%)						17.70



% finos	90.40
Límite líquido	43.76

Límite plástico	17.70
-----------------	-------

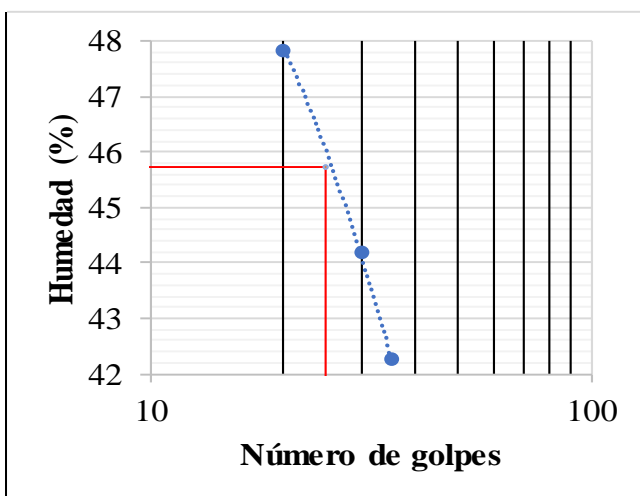
Índice de plasticidad	26.06
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	1361322,923 N 844142,382 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.424	17.994	10.570	14.853	7.429	35	42.28
35	7.636	17.019	9.383	14.143	6.507	30	44.20
41	7.403	17.338	9.935	14.123	6.720	20	47.84

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
80	6.601	10.901	4.300	10.215	3.614	18.98
76	6.541	10.457	3.916	9.858	3.317	18.06
87	6.597	10.885	4.288	10.238	3.641	17.77
Humedad promedio (%)						18.27



% finos	90.40
Límite líquido	45.73

Límite plástico	18.27
-----------------	-------

Índice de plasticidad	27.46
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	1361322,923 N 844142,382 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
42	7.019	14.935	7.916	12.615	5.596	27	41.46
44	7.520	18.644	11.124	15.162	7.642	21	45.56
46	7.438	16.369	8.931	13.392	5.954	15	50.00

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
91	6.627	10.490	3.863	9.909	3.282	17.70
93	6.570	9.749	3.179	9.278	2.708	17.39
101	6.841	10.109	3.268	9.622	2.781	17.51
Humedad promedio (%)						17.54



% finos	90.40
Límite líquido	42.74

Límite plástico	17.54
-----------------	-------

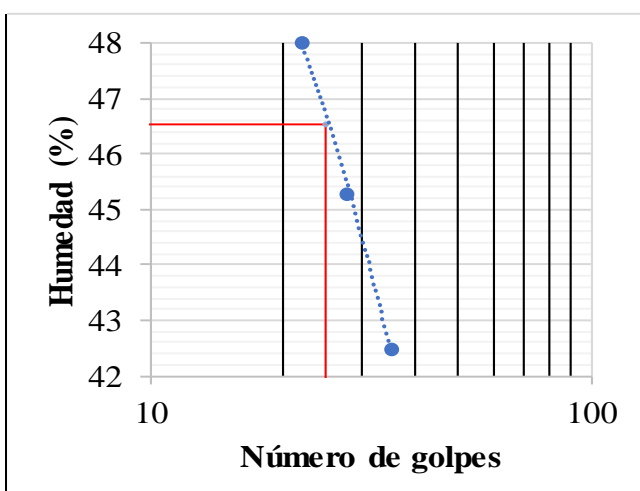
Índice de plasticidad	25.21
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361322,923 N	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	844142,382 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
51	7.331	16.814	9.483	13.987	6.656	35	42.47
57	7.226	18.047	10.821	14.674	7.448	28	45.29
62	7.400	17.668	10.268	14.338	6.938	22	48.00

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
107	6.602	9.926	3.324	9.444	2.842	16.96
112	6.531	9.943	3.412	9.456	2.925	16.65
114	6.620	10.207	3.587	9.687	3.067	16.95
Humedad promedio (%)						16.85



% finos	90.40
Límite líquido	46.53

Límite plástico	16.85
-----------------	-------

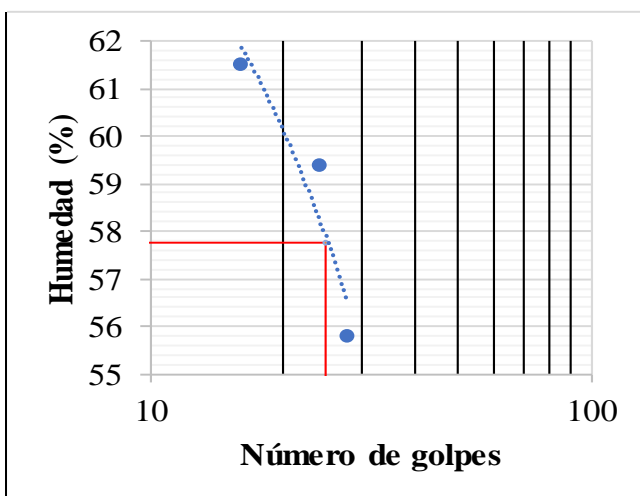
Índice de plasticidad	29.67
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361322,923 N
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m		844142,382 E

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
3	7.038	14.802	7.764	12.021	4.983	28	55.81
6	7.176	13.705	6.529	11.272	4.096	24	59.40
9	7.033	17.218	10.185	13.339	6.306	16	61.51

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	7.296	11.195	3.899	10.567	3.271	19.20
2	7.346	11.443	4.097	10.780	3.434	19.31
5	7.213	10.551	3.338	10.010	2.797	19.34
Humedad promedio (%)						19.28



% finos	90.40
Límite líquido	57.76

Límite plástico	19.28
-----------------	-------

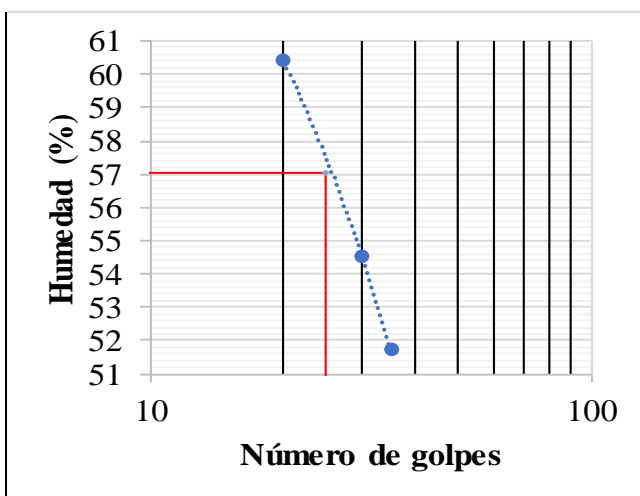
Índice de plasticidad	38.48
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	20

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas		1361322,923 N
Muestra N°: 47	Profundidad: 1.00 m			844142,382 E

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
12	7.383	15.730	8.347	12.884	5.501	35	51.74
13	7.396	16.088	8.692	13.021	5.625	30	54.52
14	7.325	18.416	11.091	14.240	6.915	20	60.39

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
7	7.263	10.914	3.651	10.364	3.101	17.74
8	7.261	10.550	3.289	10.067	2.806	17.21
10	7.393	11.091	3.698	10.521	3.128	18.22
Humedad promedio (%)						17.72



% finos	90.40
Límite líquido	57.05

Límite plástico	17.72
-----------------	-------

Índice de plasticidad	39.33
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361322,923 N	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	844142,382 E	

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
19	7.489	15.673	8.184	12.856	5.367	30	52.49
20	7.430	14.918	7.488	12.243	4.813	25	55.58
22	7.389	16.913	9.524	13.420	6.031	17	57.92

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
11	7.047	10.728	3.681	10.113	3.066	20.06
15	7.698	11.041	3.343	10.425	2.727	22.59
16	7.359	11.345	3.986	10.733	3.374	18.14
Humedad promedio (%)						20.26



% finos	90.40
Límite líquido	54.72

Límite plástico	20.26
-----------------	-------

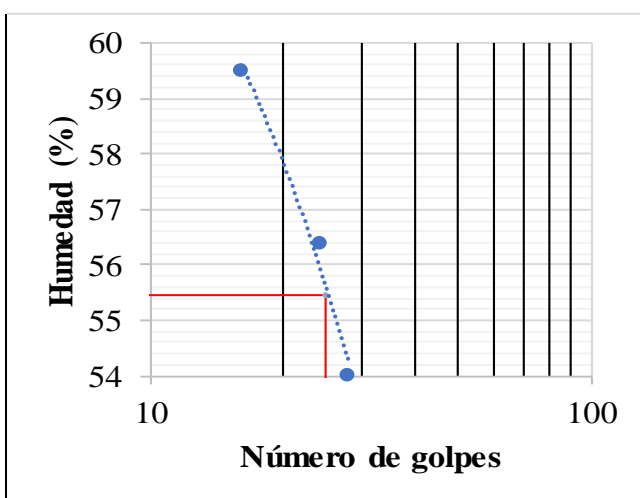
Índice de plasticidad	34.45
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	1361322,923 N 844142,382 E	

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
29	8.703	16.376	7.673	13.685	4.982	28	54.01
31	7.261	16.024	8.763	12.864	5.603	24	56.40
32	7.513	17.172	9.659	13.569	6.056	16	59.49

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
17	7.324	11.346	4.022	10.666	3.342	20.35
18	7.105	11.093	3.988	10.428	3.323	20.01
23	7.220	11.412	4.192	10.741	3.521	19.06
Humedad promedio (%)						19.81



% finos	90.40
Límite líquido	55.47

Límite plástico	19.81
-----------------	-------

Índice de plasticidad	35.66
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas		1361322,923 N
Muestra N°: 47	Profundidad: 1.00 m			844142,382 E

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.414	14.566	7.152	12.103	4.689	35	52.53
44	7.514	15.138	7.624	12.375	4.861	27	56.84
45	7.257	18.701	11.444	14.320	7.063	16	62.03

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
24	7.508	10.423	2.915	9.863	2.355	23.78
25	7.359	10.426	3.067	9.880	2.521	21.66
26	7.287	10.729	3.442	10.162	2.875	19.72
Humedad promedio (%)						21.72



% finos	90.40
Límite líquido	57.00

Límite plástico	21.72
-----------------	-------

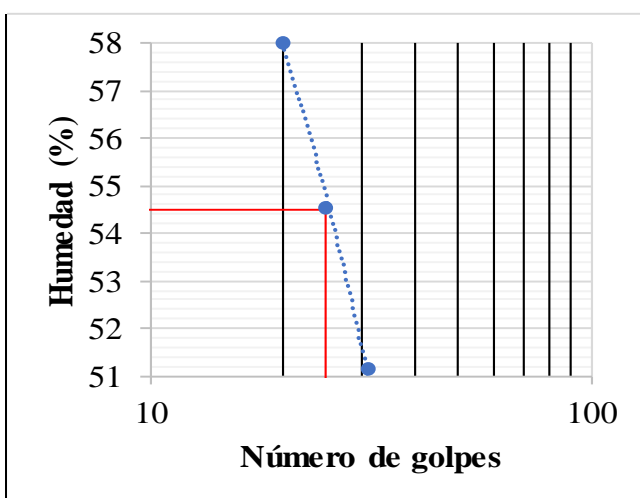
Índice de plasticidad	35.28
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	1361322,923 N 844142,382 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
48	7.230	16.155	8.925	13.135	5.905	31	51.14
52	7.131	14.290	7.159	11.764	4.633	25	54.52
53	7.155	16.262	9.107	12.919	5.764	20	58.00

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
1	7.296	11.284	3.988	10.521	3.225	23.66
2	7.346	11.485	4.139	10.697	3.351	23.52
5	7.213	11.115	3.902	10.381	3.168	23.17
Humedad promedio (%)						23.45



% finos	90.40
Límite líquido	54.51

Límite plástico	23.45
-----------------	-------

Índice de plasticidad	31.06
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361322,923 N
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m		844142,382 E

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
54	7.480	15.302	7.822	12.735	5.255	33	48.85
55	7.374	15.362	7.988	12.614	5.240	26	52.44
56	7.446	16.355	8.909	13.159	5.713	19	55.94

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
7	7.263	11.523	4.260	10.717	3.454	23.34
8	7.261	11.121	3.860	10.399	3.138	23.01
10	7.393	11.403	4.010	10.664	3.271	22.59
Humedad promedio (%)						22.98



% finos	90.40
Límite líquido	52.59

Límite plástico	22.98
-----------------	-------

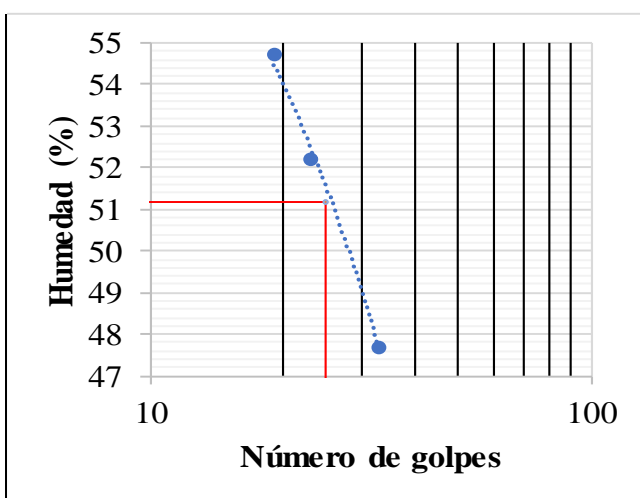
Índice de plasticidad	29.61
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361322,923 N
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m		844142,382 E

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
57	7.231	14.332	7.101	12.039	4.808	33	47.69
58	7.244	15.676	8.432	12.784	5.540	23	52.20
60	7.596	17.981	10.385	14.309	6.713	19	54.70

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
11	7.047	10.681	3.634	10.052	3.005	20.93
15	7.698	12.003	4.305	11.234	3.536	21.75
16	7.359	11.459	4.100	10.725	3.366	21.81
Humedad promedio (%)						21.50



% finos	90.40
Límite líquido	51.19

Límite plástico	21.50
-----------------	-------

Índice de plasticidad	29.70
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	1361322,923 N 844142,382 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
64	7.272	16.107	8.835	13.164	5.892	28	49.95
65	6.658	15.980	9.322	12.806	6.148	24	51.63
66	7.217	16.839	9.622	13.392	6.175	16	55.82

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
17	7.324	11.401	4.077	11.190	3.866	5.46
18	7.105	11.436	4.331	10.647	3.542	22.28
23	7.220	10.937	3.717	10.265	3.045	22.07
Humedad promedio (%)						16.60



% finos	90.40
Límite líquido	51.16

Límite plástico	16.60
-----------------	-------

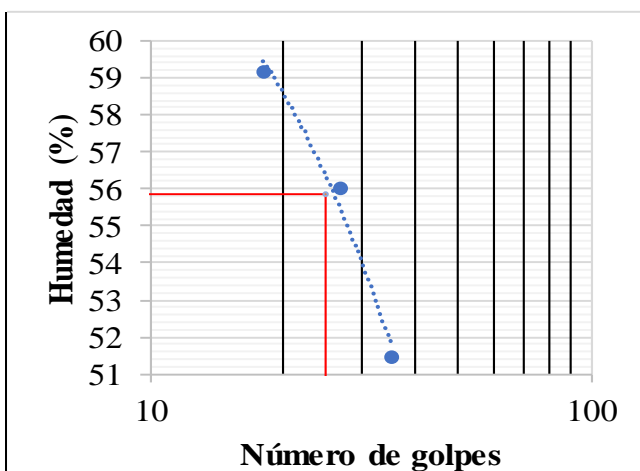
Índice de plasticidad	34.56
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	29	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	47	Profundidad: 1.00 m	1361322,923 N 844142,382 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
69	6.705	14.109	7.404	11.593	4.888	35	51.47
74	6.504	15.830	9.326	12.481	5.977	27	56.03
77	6.599	13.654	7.055	11.031	4.432	18	59.18

Muestra 47 (Sondeo 29 Nivel 1.00 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
24	7.508	11.769	4.261	10.976	3.468	22.87
25	7.359	11.804	4.445	11.001	3.642	22.05
26	7.287	11.149	3.862	9.914	2.627	47.01
Humedad promedio (%)						30.64



% finos	90.40
Límite líquido	55.88

Límite plástico	30.64
-----------------	-------

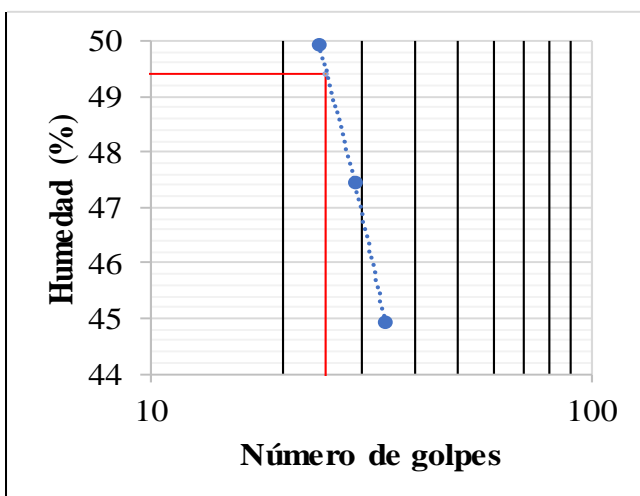
Índice de plasticidad	25.24
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	MH
AASHTO	A-7-5
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
1	7.300	16.130	8.830	13.393	6.093	34	44.92
2	7.339	15.576	8.237	12.926	5.587	29	47.43
3	7.035	17.015	9.980	13.691	6.656	24	49.94

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
5	7.213	10.913	3.700	10.335	3.122	18.51
13	7.372	11.069	3.697	10.498	3.126	18.27
15	7.690	11.562	3.872	10.963	3.273	18.30
Humedad promedio (%)						18.36



% finos	91.52
Límite líquido	49.42

Límite plástico	18.36
-----------------	-------

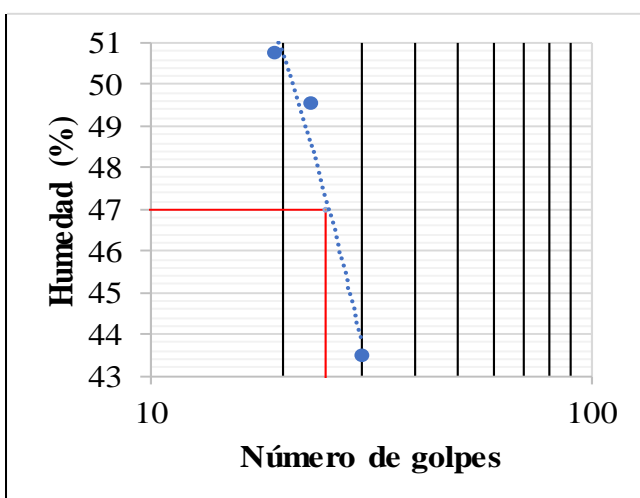
Índice de plasticidad	31.06
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361326,566 N
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m		844155,570 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
6	7.181	14.579	7.398	12.336	5.155	30	43.51
7	7.264	15.627	8.363	12.856	5.592	23	49.55
8	7.260	17.782	10.522	14.240	6.980	19	50.74

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
31	7.266	10.798	3.532	10.272	3.006	17.50
22	7.434	10.821	3.387	10.331	2.897	16.91
29	8.703	12.311	3.608	11.780	3.077	17.26
Humedad promedio (%)						17.22



% finos	91.52
Límite líquido	46.98

Límite plástico	17.22
-----------------	-------

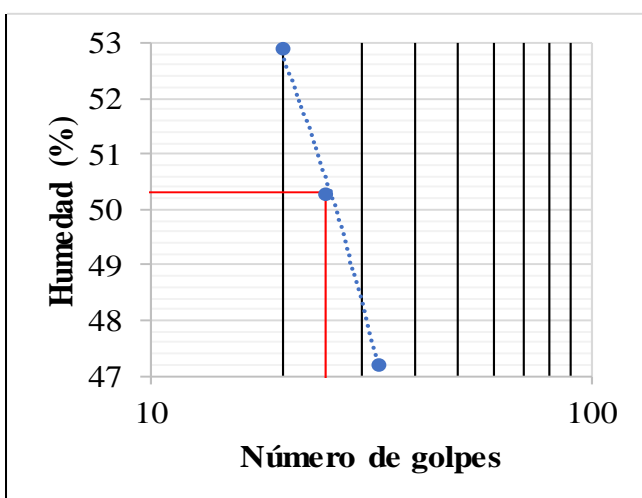
Índice de plasticidad	29.76
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°: 31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°: 51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
9	7.058	15.461	8.403	12.767	5.709	33	47.19
10	7.395	14.367	6.972	12.035	4.640	25	50.26
11	7.052	16.534	9.482	13.254	6.202	20	52.89

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
45	7.264	11.561	4.297	10.859	3.595	19.53
43	7.313	11.698	4.385	10.993	3.680	19.16
32	7.513	11.584	4.071	10.918	3.405	19.56
Humedad promedio (%)						19.41



% finos	91.52
Límite líquido	50.32

Límite plástico	19.41
-----------------	-------

Índice de plasticidad	30.90
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361326,566 N
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m		844155,570 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
14	7.338	15.982	8.644	13.167	5.829	32	48.29
16	7.363	17.210	9.847	13.835	6.472	22	52.15
18	7.116	17.042	9.926	13.564	6.448	16	53.94

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
53	7.113	10.647	3.534	10.099	2.986	18.35
52	7.127	10.008	2.881	9.569	2.442	17.98
49	7.023	10.401	3.378	9.882	2.859	18.15
Humedad promedio (%)						18.16



% finos	91.52
Límite líquido	50.56

Límite plástico	18.16
-----------------	-------

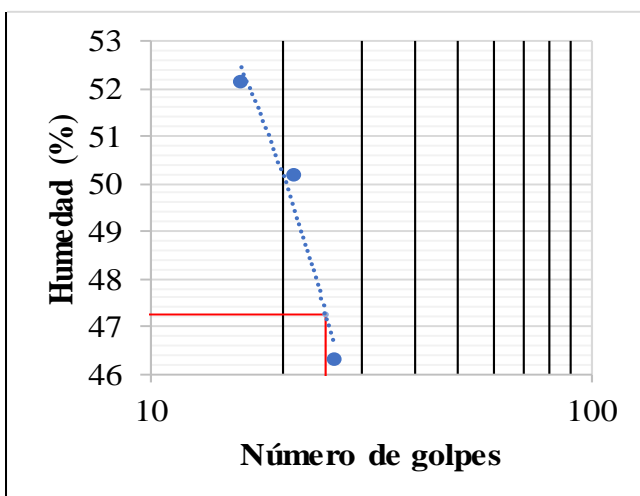
Índice de plasticidad	32.40
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°: 31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas		1361326,566 N
Muestra N°: 51	Profundidad: 0.50 m			844155,570 E

15 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
20	7.389	16.741	9.352	13.780	6.391	26	46.33
21	7.368	15.387	8.019	12.708	5.340	21	50.17
23	7.222	16.162	8.940	13.098	5.876	16	52.14

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
56	7.434	11.339	3.905	10.715	3.281	19.02
55	7.371	11.191	3.820	10.586	3.215	18.82
54	7.486	10.874	3.388	10.356	2.870	18.05
Humedad promedio (%)						18.63



% finos	91.52
Límite líquido	47.27

Límite plástico	18.63
-----------------	-------

Índice de plasticidad	28.64
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

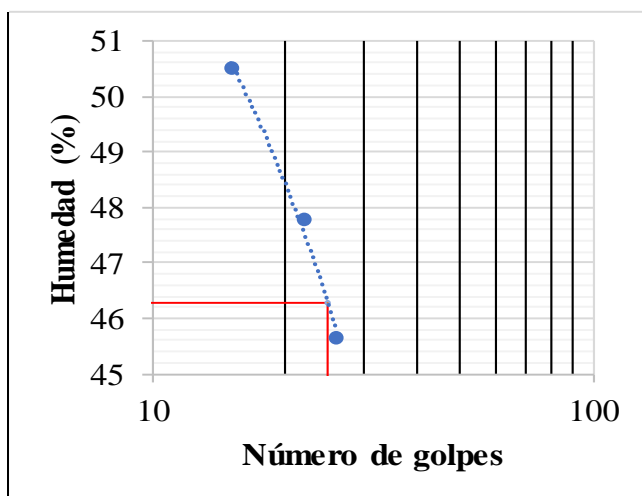


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082
LÍMITE LÍQUIDO & LÍMITE PLÁSTICO

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
24	7.512	18.465	10.953	15.032	7.520	26	45.65
25	7.362	15.275	7.913	12.716	5.354	22	47.80
26	7.298	14.998	7.700	12.414	5.116	15	50.51

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
65	6.656	9.810	3.154	9.354	2.698	16.90
64	7.275	10.582	3.307	10.106	2.831	16.81
63	7.301	10.460	3.159	10.002	2.701	16.96
Humedad promedio (%)						16.89



% finos	91.52
Límite líquido	46.28

Límite plástico	16.89
-----------------	-------

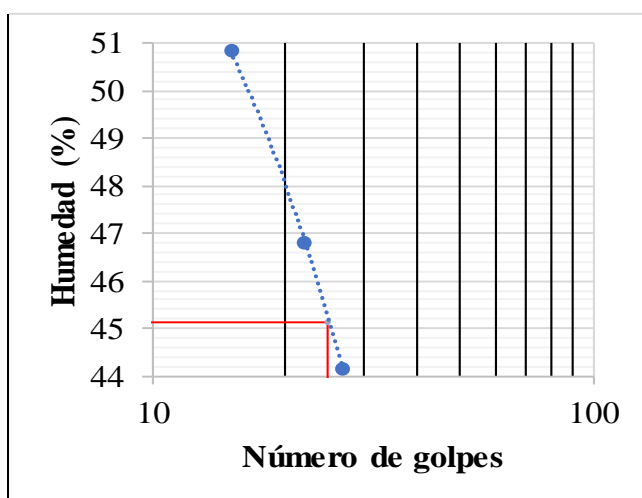
Índice de plasticidad	29.39
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	17

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
27	7.433	16.424	8.991	13.671	6.238	27	44.13
28	7.178	17.108	9.930	13.942	6.764	22	46.81
30	7.653	15.306	7.653	12.726	5.073	15	50.86

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
75	6.621	10.369	3.748	9.808	3.187	17.60
67	6.450	9.781	3.331	9.295	2.845	17.08
72	6.629	10.143	3.514	9.632	3.003	17.02
Humedad promedio (%)						17.23



% finos	91.52
Límite líquido	45.14

Límite plástico	17.23
-----------------	-------

Índice de plasticidad	27.91
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361326,566 N
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m		844155,570 E

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.424	15.126	7.702	12.881	5.457	35	41.14
35	7.636	18.269	10.633	14.990	7.354	29	44.59
41	7.403	18.719	11.316	15.055	7.652	21	47.88

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
87	6.597	10.698	4.101	10.065	3.468	18.25
80	6.601	10.564	3.963	9.949	3.348	18.37
76	6.541	10.462	3.921	9.851	3.310	18.46
Humedad promedio (%)						18.36



% finos	91.52
Límite líquido	45.87

Límite plástico	18.36
-----------------	-------

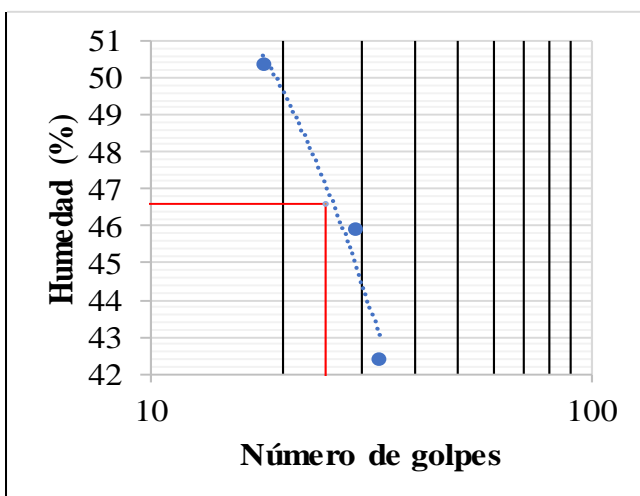
Índice de plasticidad	27.51
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
42	7.019	17.413	10.394	14.319	7.300	33	42.38
44	7.520	17.477	9.957	14.345	6.825	29	45.89
46	7.438	16.299	8.861	13.330	5.892	18	50.39

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
101	6.841	11.263	4.422	10.525	3.684	20.03
91	6.627	10.791	4.164	10.134	3.507	18.73
93	6.570	10.501	3.931	9.892	3.322	18.33
Humedad promedio (%)						19.03



% finos	91.52
Límite líquido	46.62

Límite plástico	19.03
-----------------	-------

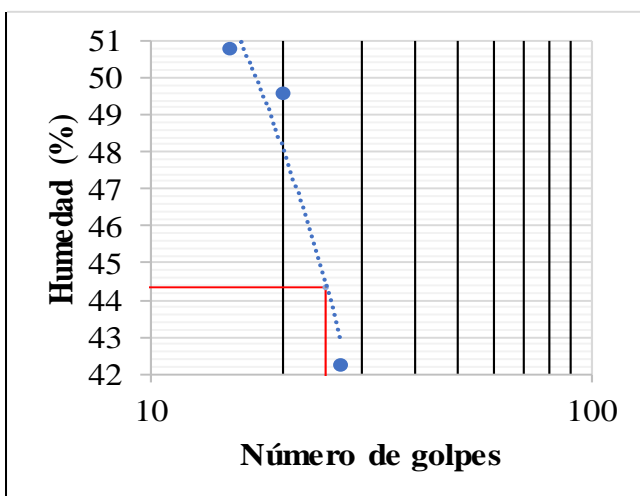
Índice de plasticidad	27.58
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	16

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua potable							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
51	7.331	18.126	10.795	14.919	7.588	27	42.26
57	7.226	17.764	10.538	14.271	7.045	20	49.58
62	7.400	15.750	8.350	12.938	5.538	15	50.78

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
114	6.620	11.105	4.485	10.366	3.746	19.73
112	6.531	11.144	4.613	10.389	3.858	19.57
107	6.602	10.940	4.338	10.236	3.634	19.37
Humedad promedio (%)						19.56



% finos	91.52
Límite líquido	44.35

Límite plástico	19.56
-----------------	-------

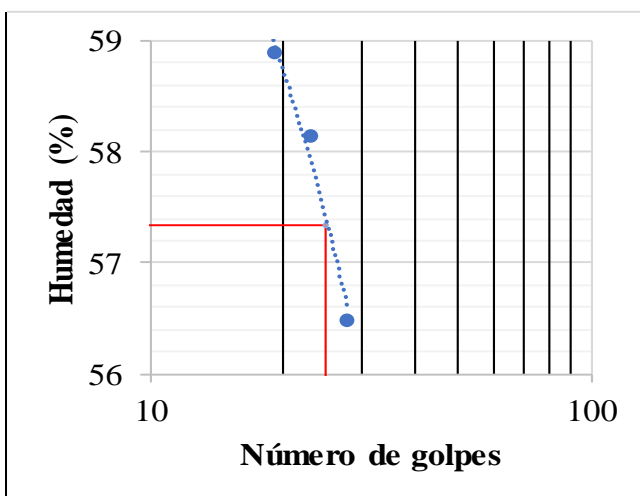
Índice de plasticidad	24.80
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CL
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	15

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
2	7.346	14.615	7.269	11.991	4.645	28	56.49
5	7.213	14.054	6.841	11.539	4.326	23	58.14
7	7.263	14.208	6.945	11.634	4.371	19	58.89

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
81	7.232	11.037	3.805	10.429	3.197	19.02
79	6.728	9.572	2.844	9.105	2.377	19.65
80	6.595	10.442	3.847	9.834	3.239	18.77
Humedad promedio (%)						19.15



% finos	91.52
Límite líquido	57.33

Límite plástico	19.15
-----------------	-------

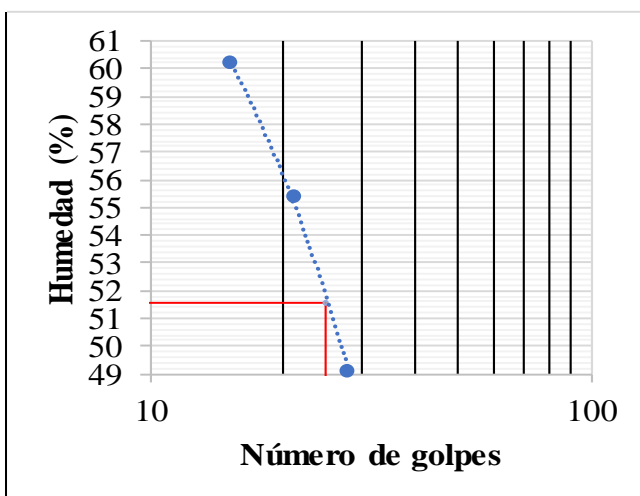
Índice de plasticidad	38.19
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
3	7.038	12.534	5.496	10.723	3.685	28	49.15
6	7.176	13.460	6.284	11.219	4.043	21	55.43
9	7.033	16.251	9.218	12.786	5.753	15	60.23

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
85	6.512	9.882	3.370	9.294	2.782	21.14
86	6.503	10.333	3.830	9.634	3.131	22.33
87	6.599	10.663	4.064	9.919	3.320	22.41
Humedad promedio (%)						21.96



% finos	91.52
Límite líquido	51.57

Límite plástico	21.96
-----------------	-------

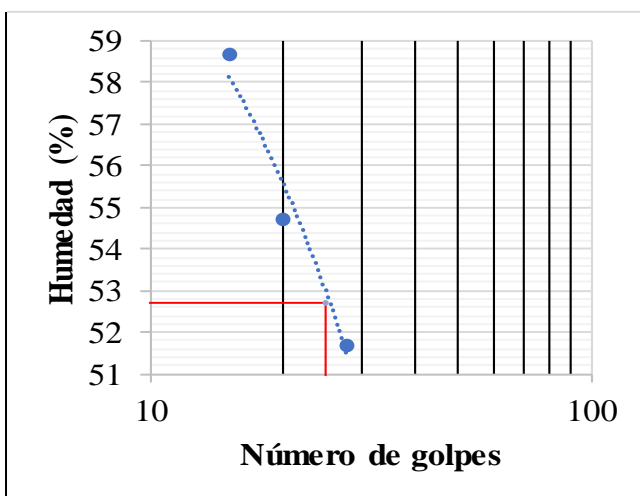
Índice de plasticidad	29.61
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
11	7.047	13.896	6.849	11.562	4.515	28	51.69
15	7.698	14.139	6.441	11.861	4.163	20	54.72
23	7.220	13.130	5.910	10.945	3.725	15	58.66

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
95	6.592	10.125	3.533	9.467	2.875	22.89
96	6.445	10.592	4.147	9.853	3.408	21.68
97	6.710	10.019	3.309	9.426	2.716	21.83
Humedad promedio (%)						22.13



% finos	91.52
Límite líquido	52.73

Límite plástico	22.13
-----------------	-------

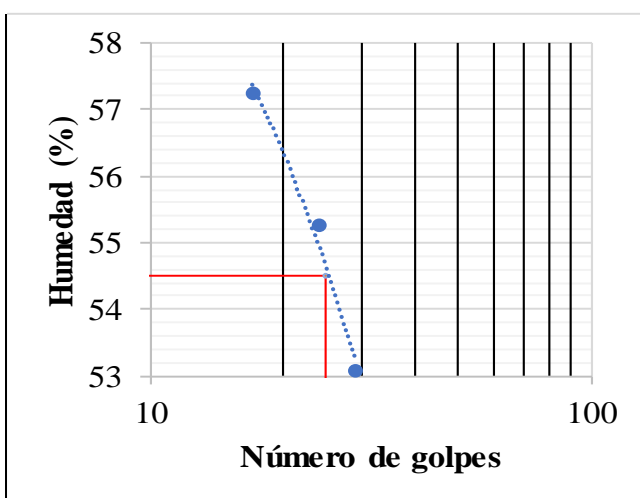
Índice de plasticidad	30.59
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	1361326,566 N
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m		844155,570 E

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
30	7.651	13.629	5.978	11.556	3.905	29	53.09
35	7.639	12.857	5.218	11.000	3.361	24	55.25
37	7.433	15.311	7.878	12.443	5.010	17	57.25

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
101	6.837	11.904	5.067	10.983	4.146	22.21
99	6.661	10.797	4.136	10.056	3.395	21.83
98	6.645	10.925	4.280	10.130	3.485	22.81
Humedad promedio (%)						22.28



% finos	91.52
Límite líquido	54.50

Límite plástico	22.28
-----------------	-------

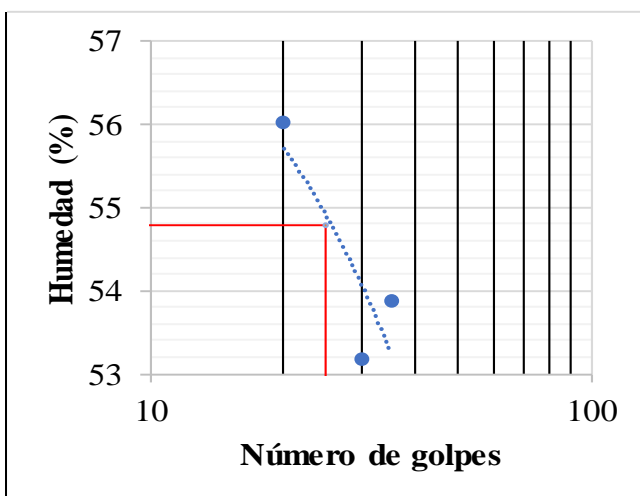
Índice de plasticidad	32.21
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	1361326,566 N 844155,570 E	

15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
62	7.394	13.668	6.274	11.490	4.096	30	53.17
63	7.296	13.837	6.541	11.547	4.251	35	53.87
67	6.459	16.020	9.561	12.587	6.128	20	56.02

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
104	6.653	10.919	4.266	10.156	3.503	21.78
103	6.733	10.979	4.246	10.215	3.482	21.94
102	6.810	11.476	4.666	10.626	3.816	22.27
Humedad promedio (%)						22.00



% finos	91.52
Límite líquido	54.80

Límite plástico	22.00
-----------------	-------

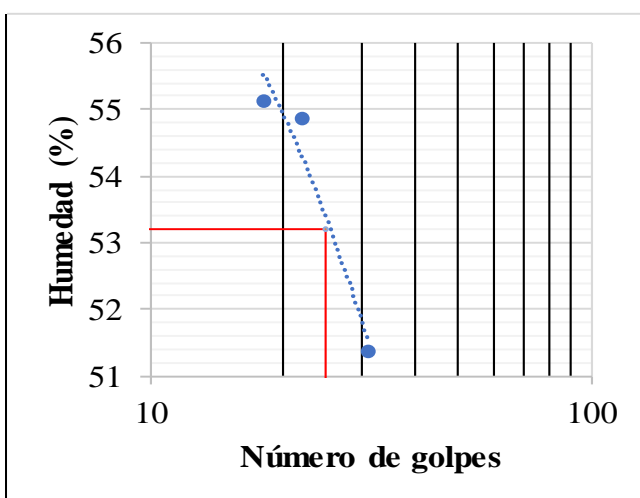
Índice de plasticidad	32.80
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
19	7.489	13.460	5.971	11.434	3.945	31	51.36
20	7.389	13.655	6.266	11.435	4.046	22	54.87
22	7.430	13.131	5.701	11.105	3.675	18	55.13

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
84	6.590	10.737	4.147	10.049	3.459	19.89
82	6.538	10.921	4.383	10.173	3.635	20.58
83	6.625	10.967	4.342	10.244	3.619	19.98
Humedad promedio (%)						20.15



% finos	91.52
Límite líquido	53.20

Límite plástico	20.15
-----------------	-------

Índice de plasticidad	33.05
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
29	8.703	16.916	8.213	14.133	5.430	29	51.25
31	7.261	16.700	9.439	13.410	6.149	25	53.50
32	7.513	17.605	10.092	13.988	6.475	20	55.86

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
89	6.738	9.831	3.093	9.469	2.731	13.26
90	6.491	10.031	3.540	9.430	2.939	20.45
91	6.623	10.058	3.435	9.293	2.670	28.65
Humedad promedio (%)						20.79



% finos	91.52
Límite líquido	53.23

Límite plástico	20.79
-----------------	-------

Índice de plasticidad	32.45
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(125-13; 126-13)	
Sondeo N°: 31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°: 51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
33	7.414	15.492	8.078	12.738	5.324	34	51.73
44	7.514	16.362	8.848	13.207	5.693	27	55.42
45	7.257	15.473	8.216	12.467	5.210	19	57.70

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
92	7.629	11.812	4.183	11.060	3.431	21.92
94	6.480	10.692	4.212	9.970	3.490	20.69
93	6.567	10.859	4.292	10.096	3.529	21.62
Humedad promedio (%)						21.41



% finos	91.52
Límite líquido	55.31

Límite plástico	21.41
-----------------	-------

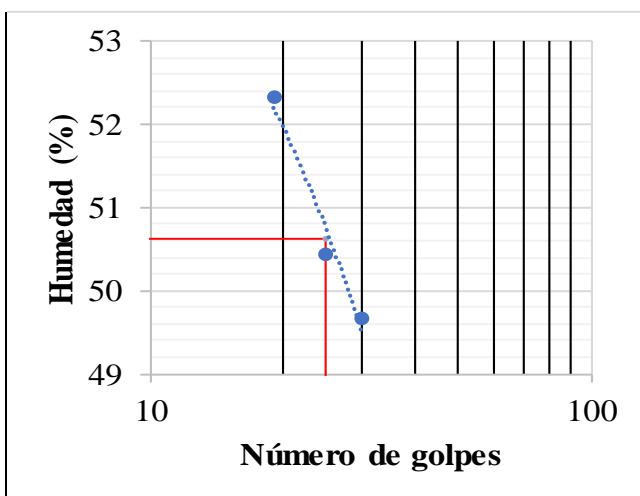
Índice de plasticidad	33.90
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
40	7.687	13.903	6.216	11.840	4.153	30	49.67
41	7.384	15.130	7.746	12.533	5.149	25	50.44
42	6.983	15.410	8.427	12.515	5.532	19	52.33

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
105	6.507	9.975	3.468	9.383	2.876	20.58
106	6.566	10.136	3.570	9.508	2.942	21.35
107	6.607	10.480	3.873	9.811	3.204	20.88
Humedad promedio (%)						20.94



% finos	91.52
Límite líquido	50.63

Límite plástico	20.94
-----------------	-------

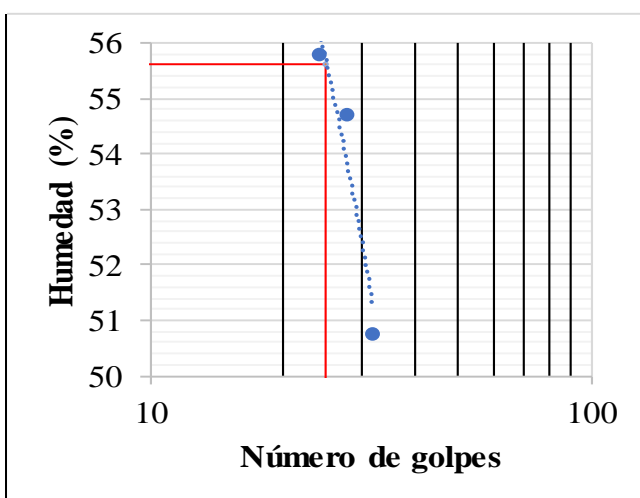
Índice de plasticidad	29.70
-----------------------	-------

Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	18

Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(125-13; 126-13)
Sondeo N°:	31	Sector: Barrio Bellavista	Coordenadas 1361326,566 N	
Muestra N°:	51	Profundidad: 0.50 m	844155,570 E	

20 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)							
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	N° de golpes	Humedad (%)
55	7.374	13.021	5.647	11.120	3.746	32	50.75
57	7.231	15.315	8.084	12.456	5.225	28	54.72
58	7.244	16.097	8.853	12.926	5.682	24	55.81

Muestra 51 (Sondeo 31 Nivel 0.50 m)						
Número tapa	Tapa (g)	Tapa + suelo húmedo (g)	Suelo húmedo (g)	Tapa + suelo seco (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
108	7.404	11.575	4.171	10.831	3.427	21.71
109	7.254	11.687	4.433	10.894	3.640	21.79
110	6.463	10.450	3.987	9.755	3.292	21.11
Humedad promedio (%)						21.54




% finos	91.52
Límite líquido	55.60

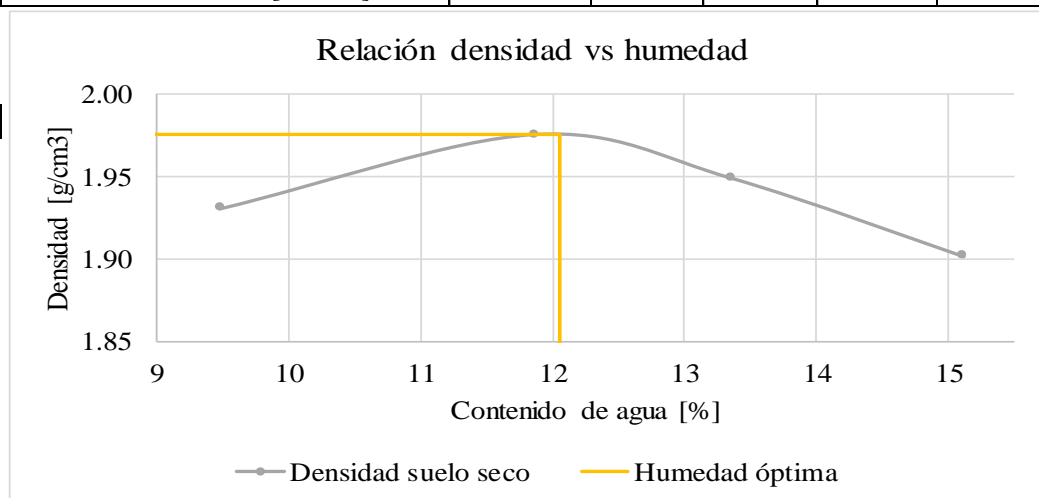
Límite plástico	21.54
-----------------	-------


Índice de plasticidad	34.07
-----------------------	-------

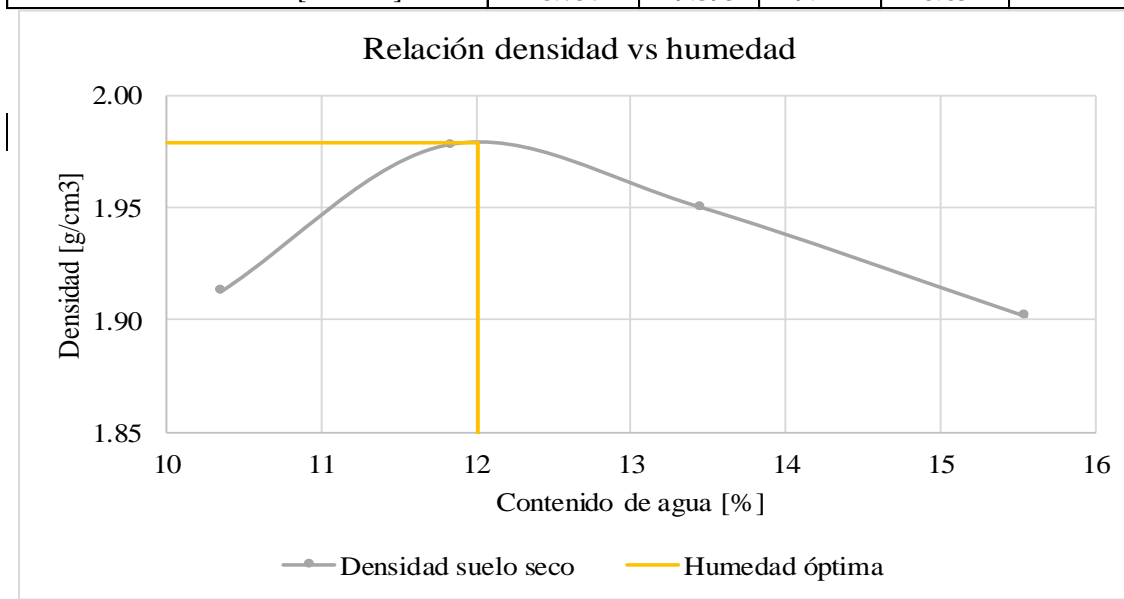
Clasificación del suelo	
USCS	CH
AASHTO	A-7-6
Índice de Grupo	19


Anexo 10. Proctor Modificado-Tratamientos.

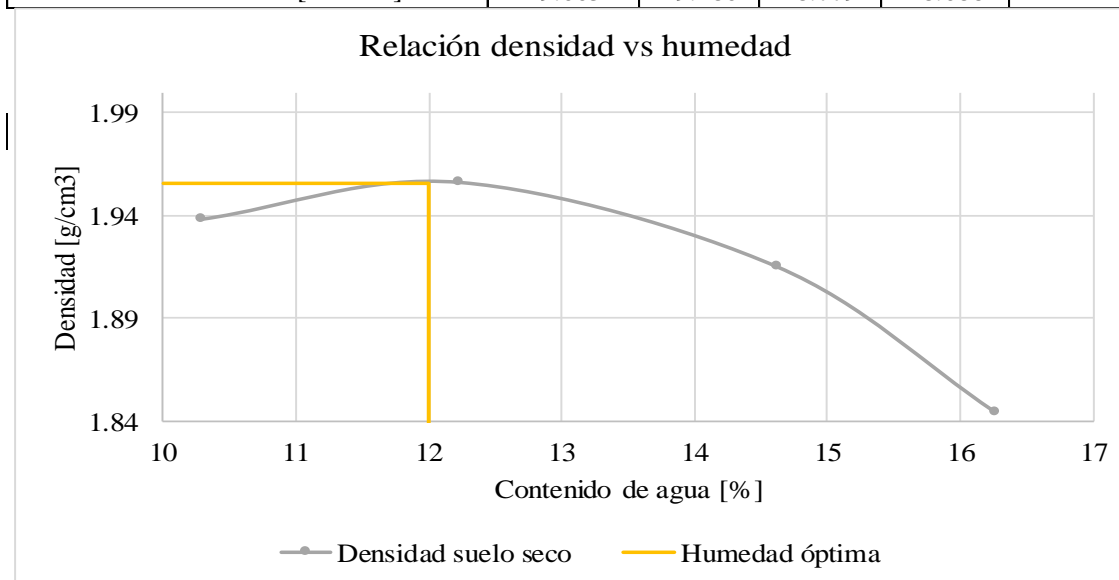
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Sector: Las Delicias		Coodenadas 1362121,584 N	
Sondeo N°: 1	Muestras N°: 2	Profundidad: 0.50 m		839397,320 E	
15 % de vidrio + agua potable					
Muestra 2 (Sondeo 1 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba		1	2	3	4
Masa molde [g]		3717.0	3717.0	3717.0	3717.0
Volumen molde [cm ³]		940.449			
Masa (suelo compactado + molde) [g]		5695.5	5785.4	5785.4	5766.9
Masa del suelo compactado [g]		1978.5	2068.4	2068.4	2049.9
Humedad	N° frasco	W50	Y 310	58	A 5
		A 6	55	41	E 14
		32	77 N	M 1	H 7
	Masa frasco [g]	72.102	75.523	87.395	75.069
		74.938	74.488	75.698	79.912
		74.550	77.943	74.244	75.654
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	177.253	199.215	189.976	166.709
		184.118	156.524	158.421	158.460
		192.265	174.428	172.882	162.766
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	168.675	186.910	178.249	154.796
		175.391	148.097	148.892	149.001
		182.178	164.415	161.807	151.258
Humedad promedio		8.981	11.358	12.858	14.618
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.104	2.199	2.199	2.180
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.930	1.975	1.949	1.902
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		20.631	21.568	21.568	21.375
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		18.931	19.368	19.111	18.649




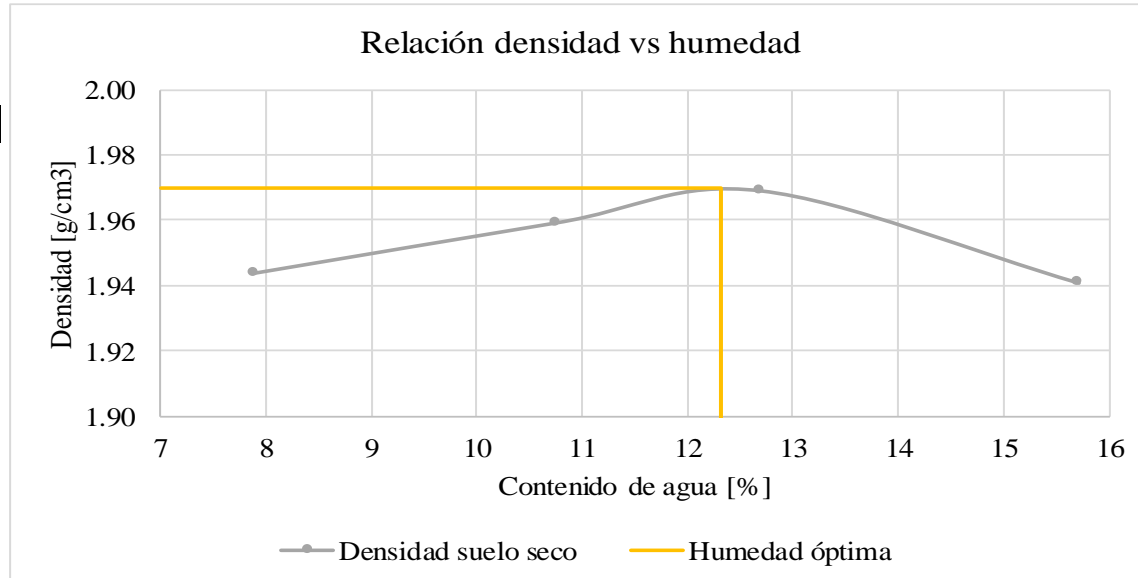
		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO				
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)				
Sondeo N°:	1	Sector: Las Delicias	Coodenadas 1362121,584 N			
Muestras N°:	2	Profundidad: 0.50 m	839397,320 E			
20 % de vidrio + agua potable						
Muestra 2 (Sondeo 1 Nivel -0.50 m)						
Número de prueba	1	2	3	4	5	
Masa molde [g]	3252.3	3252.3	3252.3	3252.3		
Volumen molde [cm ³]	940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5237.2	5332.3	5332.9	5319.1		
Masa del suelo compactado [g]	1984.9	2080.0	2080.6	2066.8	-	
Humedad	N° frasco	51	113	42	95	
		S 9	GEO 6	180	1	
		192	26	D 105	7 S	
	Masa frasco [g]	80.751	72.776	81.076	75.901	
		74.128	78.996	78.334	70.973	
		85.639	76.986	73.657	75.446	
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	176.390	175.676	172.990	147.993	
		174.740	183.287	170.535	171.541	
		192.420	177.650	162.774	149.968	
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	167.07	165.019	161.969	138.582	
		165.56	172.391	160.034	158.251	
		182.527	166.644	151.921	139.457	
Humedad promedio	10.349	11.832	13.448	15.554		
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.111	2.212	2.212	2.198		
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.913	1.978	1.950	1.902		
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	20.698	21.689	21.696	21.552		
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	18.757	19.395	19.124	18.651		




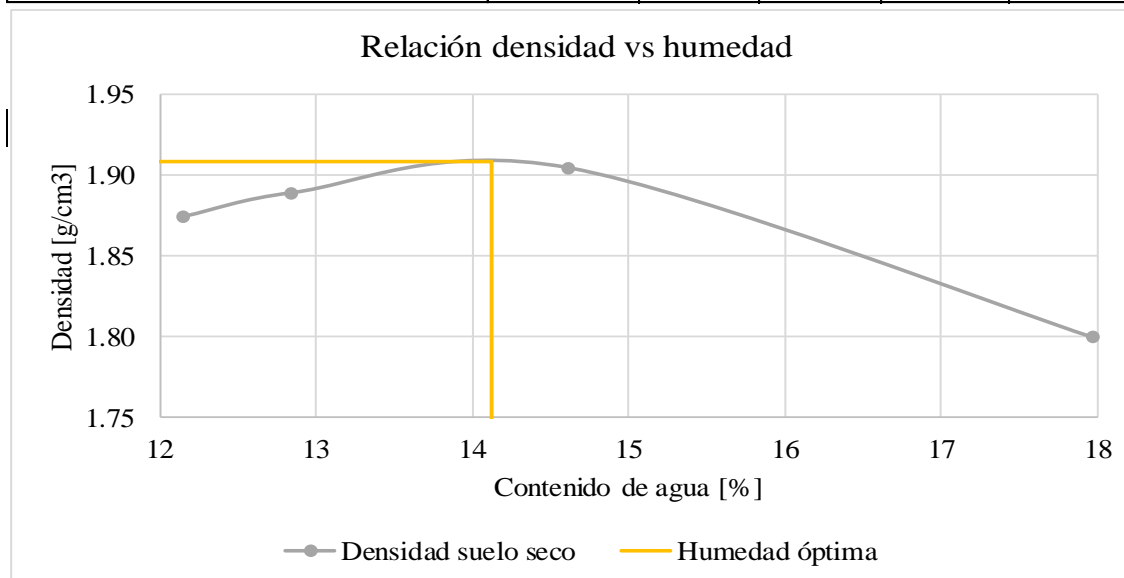
		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°:	1	Sector: Las Delicias	Coordenadas		
Muestras N°:	2	Profundidad: 0.50 m	1362121,584 N 839397,320 E		
15 % de vidrio + agua residual minera					
Muestra 2 (Sondeo 1 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	3716.8	3716.8	3716.8	3716.8	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5727.0	5781.2	5781.0	5733.4	
Masa del suelo compactado [g]	2010.2	2064.4	2064.2	2016.6	-
Humedad	N° frasco	47	244	94	20
		98	30	71	60
		248	37	14	86
	Masa frasco [g]	78.453	79.557	72.822	76.933
		75.409	80.559	70.190	78.179
		78.340	80.758	76.158	87.551
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	166.849	171.165	162.146	162.870
		163.138	160.047	152.956	173.549
		159.361	166.207	164.849	180.202
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	158.583	161.285	151.178	150.845
		154.902	151.614	141.834	160.124
		151.861	156.550	153.723	167.324
Humedad promedio	10.293	12.233	14.622	16.265	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.137	2.195	2.195	2.144	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.938	1.956	1.915	1.844	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	20.962	21.527	21.525	21.028	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	19.005	19.180	18.779	18.086	




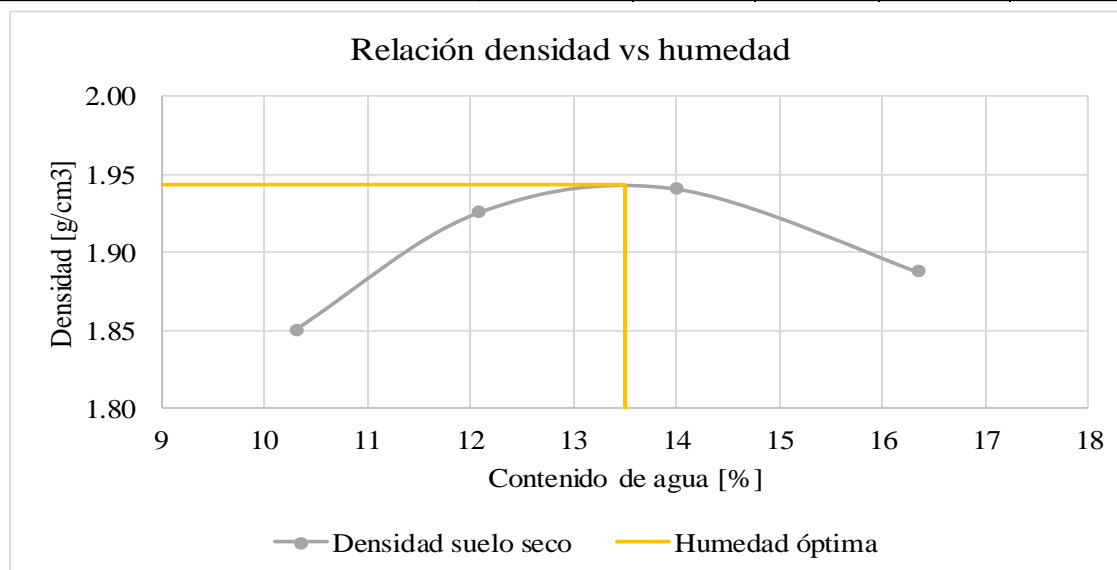
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)	
Sondeo N°:	1	Sector: Las Delicias	Coordenadas 1362121,584 N		
Muestras N°:	2	Profundidad: 0.50 m	839397,320 E		
20 % de vidrio + agua residual minera					
Muestra 2 (Sondeo 1 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	2837.9	3716.8	3716.8	2837.9	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	4810.5	5757.5	5803.7	4950.2	
Masa del suelo compactado [g]	1972.6	2040.7	2086.9	2112.3	
Humedad	N° frasco	67	7	287	217
		56	280	103	241
		209	63	25	247
	Masa frasco [g]	73.183	81.066	69.790	74.776
		80.637	90.020	68.963	75.654
		69.475	70.856	74.510	75.711
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	190.706	181.826	146.006	179.184
		167.519	199.685	165.873	173.584
		192.434	177.834	166.061	167.786
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	182.860	172.092	137.276	165.649
		160.345	188.845	155.169	159.793
		183.831	167.595	155.718	155.184
Humedad promedio	7.892	10.749	12.696	15.714	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.098	2.170	2.219	2.246	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.944	1.959	1.969	1.941	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	20.569	21.280	21.761	22.026	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	19.065	19.214	19.310	19.035	




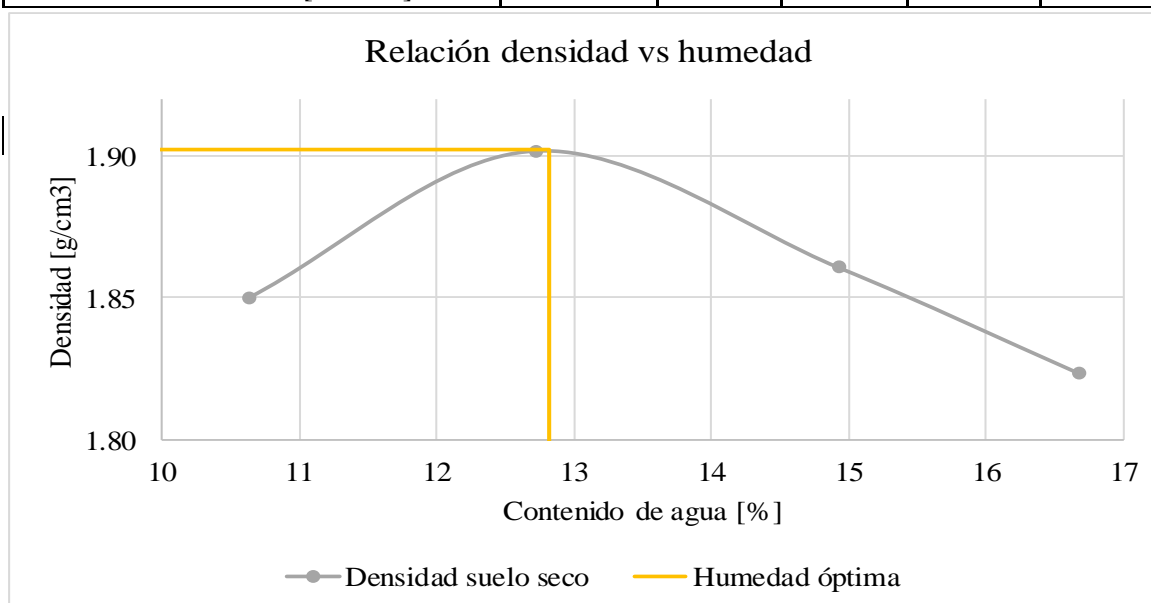
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
		Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	
Sondeo N°: 4 Muestras N°: 14		Sector: Las Delicias Profundidad: 0.50 m		Coodenadas 1362093,863 N 839415,610 E	
15 % de vidrio + agua potable					
Muestra 14 (Sondeo 4 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	3717.2	3717.2	3717.2	3717.2	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5694.2	5722.0	5769.8	5713.6	
Masa del suelo compactado [g]	1977.0	2004.8	2052.6	1996.4	-
Humedad	N° frasco	31	Y 8	6	LT 2
		44	M 16	DZ	NR 1
		5	113	MH	DM 16
	Masa frasco [g]	73.996	80.362	80.308	80.430
		74.476	74.989	82.202	75.715
		87.145	77.410	74.240	73.129
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	163.404	170.367	162.551	166.369
		183.058	186.027	155.311	166.398
		174.924	217.501	153.213	157.981
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	153.889	160.476	152.072	153.096
		170.875	173.399	146.145	152.863
		165.576	200.974	142.964	144.965
Humedad promedio	12.156	12.851	14.617	17.976	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.102	2.132	2.183	2.123	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.874	1.889	1.904	1.799	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	20.615	20.905	21.404	20.818	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	18.381	18.525	18.674	17.646	




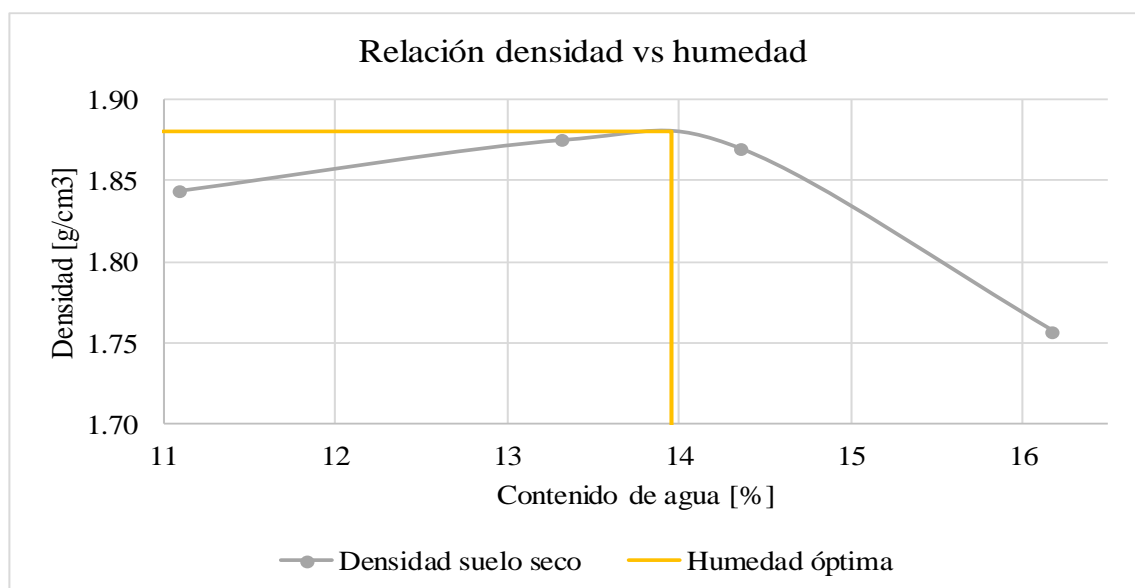
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)	
Sondeo N°:	4	Sector:	Las Delicias	Coodenadas	1362093,863 N
Muestras N°:	14	Profundidad:	0.50 m		839415,610 E
20 % de vidrio + agua potable					
Muestra 14 (Sondeo 4 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba		1	2	3	4
Masa molde [g]		3252.3	3252.3	3252.3	3252.3
Volumen molde [cm ³]		940.449			
Masa (suelo compactado + molde) [g]		5171.7	5281.5	5333.0	5317.6
Masa del suelo compactado [g]		1919.4	2029.2	2080.7	2065.3
Humedad	N° frasco	27	110	J 10	54
		21	Q 111	211	M 81
		SJ 07	77	107	155
	Masa frasco [g]	75.762	86.934	79.800	74.381
		82.395	79.829	71.712	79.446
		73.495	72.840	70.267	85.503
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	185.811	194.432	184.539	168.973
		164.004	165.467	176.047	174.456
		159.789	170.262	173.312	177.668
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	175.424	182.693	171.500	155.852
		156.096	155.835	163.244	161.005
		152.123	160.385	160.842	164.674
Humedad promedio		10.301	12.071	13.991	16.337
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.041	2.158	2.212	2.196
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.850	1.925	1.941	1.888
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		20.015	21.160	21.697	21.536
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		18.146	18.881	19.034	18.512




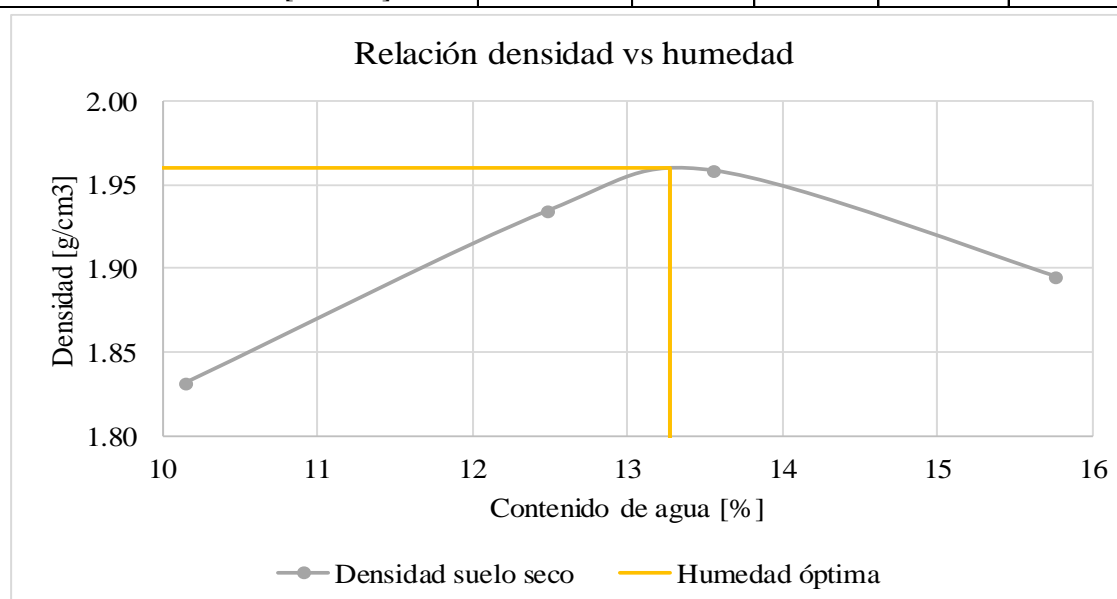
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO							
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)					
Sondeo N°: 4	Sector: Las Delicias	Coodenadas		1362093,863 N			
Muestras N°: 14	Profundidad: 0.50 m			839415,610 E			
15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 14 (Sondeo 4 Nivel -0.50 m)							
Número de prueba		1	2	3	4	5	
Masa molde [g]		3716.8	2837.9	3716.8	2837.9		
Volumen molde [cm ³]		940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]		5641.3	4853.8	5727.8	4838.6		
Masa del suelo compactado [g]		1924.5	2015.9	2011.0	2000.7	-	
Humedad	N° frasco		56	7	63	60	
			25	30	247	217	
			67	248	20	244	
	Masa frasco [g]		80.637	81.066	70.856	78.179	
			74.510	80.559	75.711	74.776	
			73.183	78.340	76.933	79.557	
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]		179.141	185.610	179.694	174.472	
			169.338	163.686	154.512	157.797	
			180.524	155.696	157.368	166.614	
	Masa (frasco + suelo seco) [g]		169.294	174.168	165.726	161.400	
			159.345	154.386	144.436	145.687	
			171.650	146.623	146.624	153.801	
	Humedad promedio	10.633	12.725	14.934	16.681		
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.046	2.144	2.138	2.127		
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.850	1.902	1.860	1.823		
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		20.068	21.021	20.970	20.862		
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		18.139	18.648	18.245	17.880		




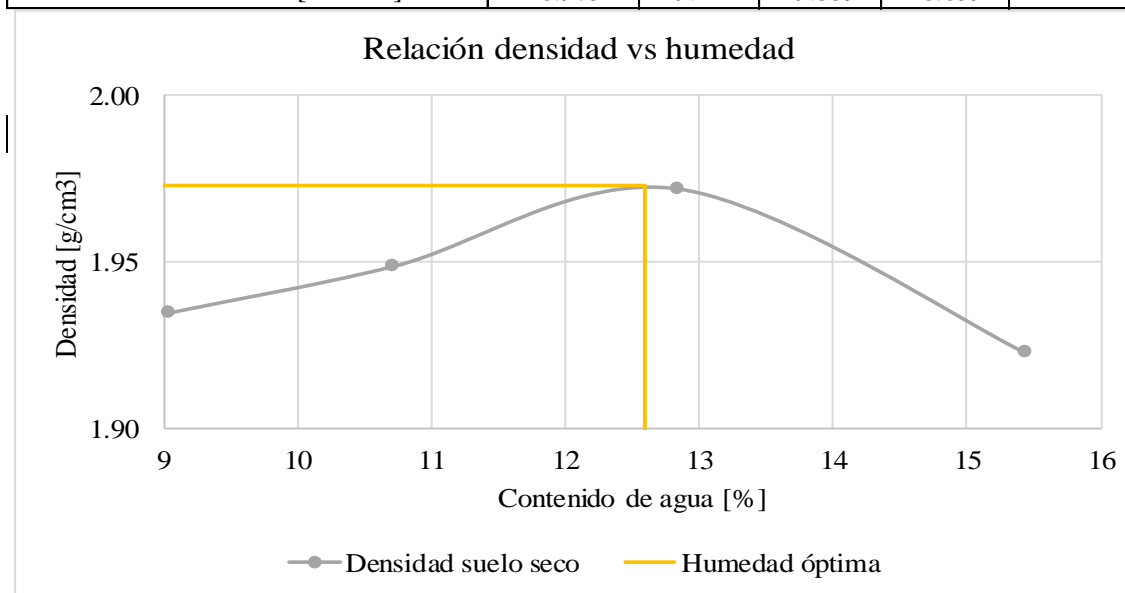
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO						
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia				INVIAS E-(142-13)
Sondeo N°: 4	Sector: Las Delicias	Coodenadas		1362093,863 N		
Muestras N°: 14	Profundidad: 0.50 m			839415,610 E		
20 % de vidrio + agua residual minera						
Muestra 14 (Sondeo 4 Nivel -0.50 m)						
Número de prueba		1	2	3	4	5
Masa molde [g]		3716.8	2837.9	3716.8	2837.9	
Volumen molde [cm ³]		940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]		5642.9	4836.3	5727.6	4757.5	
Masa del suelo compactado [g]		1926.1	1998.4	2010.8	1919.6	-
Humedad	N° frasco	256	71	94	14	
		203	86	241	209	
		292	280	287	296	
	Masa frasco [g]	90.360	70.190	72.822	76.158	
		75.530	87.551	75.654	69.475	
		70.170	90.020	69.790	71.460	
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	201.709	176.611	162.173	169.512	
		180.049	196.142	171.282	160.002	
		157.908	199.127	156.442	178.241	
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	192.711	163.788	151.914	156.130	
		168.867	184.126	157.878	146.879	
		148.153	185.865	145.919	164.431	
Humedad promedio		11.094	13.326	14.365	16.180	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.048	2.125	2.138	2.041	
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.844	1.875	1.870	1.757	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		20.085	20.838	20.968	20.017	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		18.079	18.388	18.334	17.229	




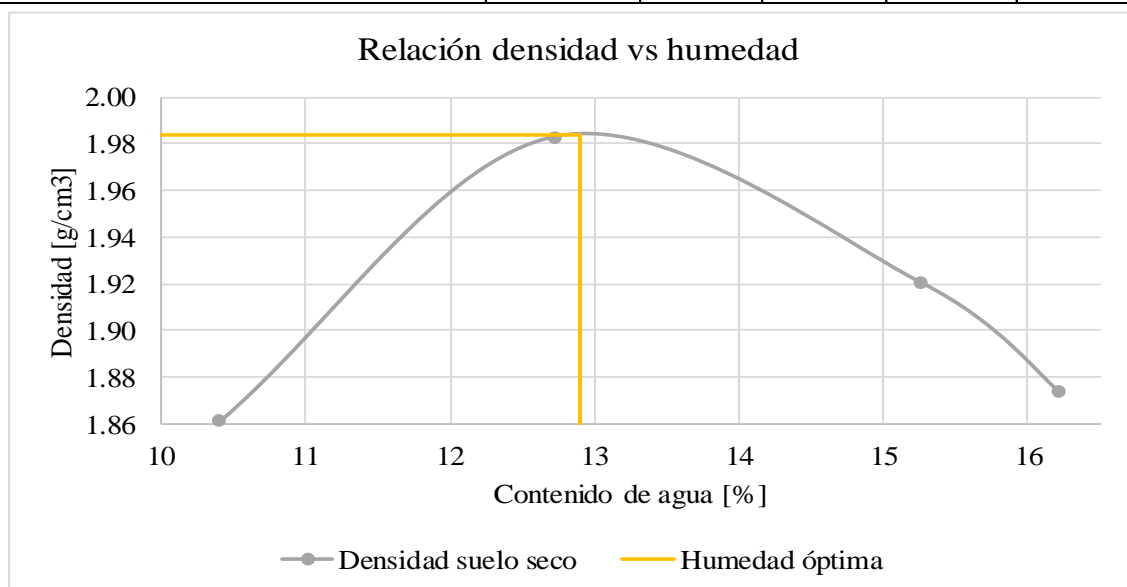
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
		Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)
Sondeo N°: 16	Sector: Los Cerezos	Coodenadas		1372237,463 N	
Muestras N°: 28	Profundidad: 0.50 m			840483,542 E	
15 % de vidrio + agua potable					
Muestra 28 (Sondeo 4 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	3252.0	3252.0	3252.0	3252.0	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5149.4	5298.2	5343.1	5315.0	
Masa del suelo compactado [g]	1897.4	2046.2	2091.1	2063.0	-
Humedad	N° frasco	257	262	101	209
		219	12	20	103
		116	115	84	204
	Masa frasco [g]	85.389	89.971	70.930	69.478
		69.249	75.929	76.938	68.964
		70.667	72.738	76.180	74.231
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	210.122	193.659	169.149	175.269
		200.555	185.724	164.233	168.647
		193.612	189.738	187.559	184.082
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	198.101	181.903	157.186	160.522
		188.602	174.348	153.697	155.199
		182.673	176.176	174.700	169.344
Humedad promedio	10.149	12.486	13.549	15.763	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.018	2.176	2.224	2.194	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.832	1.934	1.958	1.895	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.785	21.337	21.805	21.512	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.962	18.969	19.203	18.583	




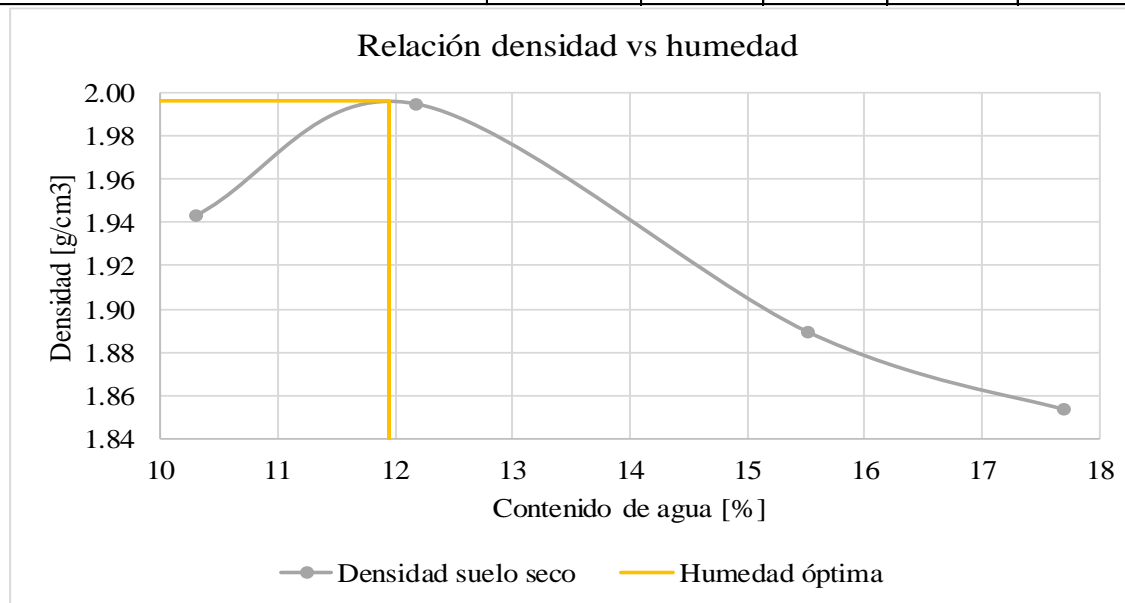
		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°: 16	Sector: Los Cerezos	Coodenadas		1372237,463 N	
Muestras N°: 28	Profundidad: 0.50 m			840483,542 E	
20 % de vidrio + agua potable					
Muestra 28 (Sondeo 4 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	3252.0	3252.0	3252.0	3252.0	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5236.1	5280.9	5344.8	5339.6	
Masa del suelo compactado [g]	1984.1	2028.9	2092.8	2087.6	-
Humedad	N° frasco	232	282	227	22
		214	192	235	24
		47	270	122	67
	Masa frasco [g]	90.256	72.984	70.945	72.088
		89.910	85.639	71.604	80.858
		78.457	89.342	80.640	73.193
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	214.226	189.185	179.223	167.864
		213.811	208.694	184.389	181.962
		182.233	178.868	186.560	168.962
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	203.105	178.280	166.881	155.118
		204.954	196.768	171.765	168.587
		173.182	169.976	174.327	155.977
Humedad promedio	9.036	10.705	12.842	15.427	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.110	2.157	2.225	2.220	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.935	1.949	1.972	1.923	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	20.689	21.156	21.823	21.769	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	18.975	19.111	19.339	18.859	




 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
		Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia	
		INVIAS E-(142-13)			
Sondeo N°:	16	Sector: Los Cerezos	Coodenadas 1372237,463 N		
Muestras N°:	28	Profundidad: 0.50 m	840483,542 E		
15 % de vidrio + agua residual minera					
Muestra 28 (Sondeo 15 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba		1	2	3	4
Masa molde [g]		3716.8	2837.9	3716.8	2837.9
Volumen molde [cm ³]		940.449			
Masa (suelo compactado + molde) [g]		5640.5	4930.7	5789.3	4876.9
Masa del suelo compactado [g]		1923.7	2092.8	2072.5	2039.0
Humedad	N° frasco	60	7	71	247
		86	280	14	217
		20	63	94	241
	Masa frasco [g]	78.179	81.066	70.190	75.711
		87.551	90.020	76.158	74.776
		76.933	70.856	72.822	75.654
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	166.472	191.051	157.558	150.555
		169.836	193.590	162.922	165.845
		166.122	185.769	158.459	169.692
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	158.735	178.645	146.589	140.220
		161.750	182.246	151.724	153.416
		158.604	173.759	147.216	157.193
Humedad promedio		9.902	12.228	14.763	15.718
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.046	2.225	2.204	2.168
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.861	1.983	1.920	1.874
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		20.060	21.823	21.611	21.262
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		18.252	19.445	18.831	18.374

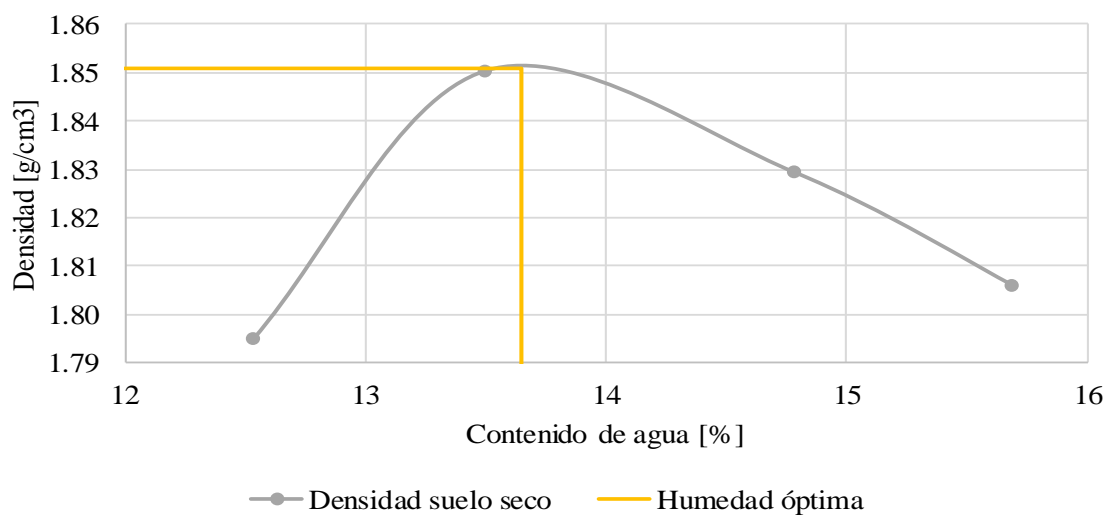



 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia		INVIAS E-(142-13)	
Sondeo N°:	16	Sector:	Los Cerezos	Coodenadas	1372237,463 N
Muestras N°:	28	Profundidad:	0.50 m		840483,542 E
20 % de vidrio + agua residual minera					
Muestra 28 (Sondeo 16 Nivel -0.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	3716.8	2837.9	3716.8	2837.9	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5732.6	4942.8	5770.0	4890.1	
Masa del suelo compactado [g]	2015.8	2104.9	2053.2	2052.2	-
Humedad	N° frasco	47	287	209	248
		30	25	67	244
		37	103	56	98
	Masa frasco [g]	78.453	69.790	69.475	78.340
		80.559	74.510	73.183	79.557
		80.758	68.963	80.637	75.409
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	176.070	188.919	160.838	164.973
		168.890	177.123	159.024	176.875
		180.614	153.388	169.874	162.654
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	167.269	176.894	149.108	151.734
		160.452	165.648	148.260	162.096
		171.190	143.854	156.601	149.882
Humedad promedio	10.297	12.183	15.513	17.698	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.143	2.238	2.183	2.182	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.943	1.995	1.890	1.854	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	21.020	21.949	21.410	21.399	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	19.057	19.565	18.535	18.182	

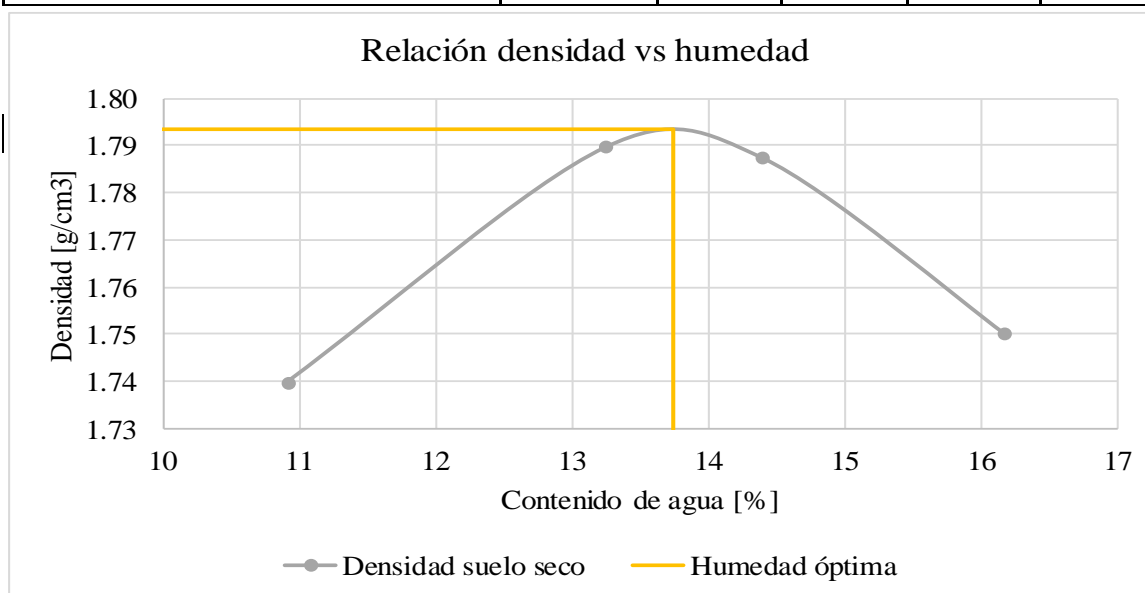



 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander			Normatividad de referencia		
			INVIAS E-(142-13)		
Sondeo N°: 26	Sector: Barrio Bellavista		Coodenadas		1361297,478 N
Muestras N°: 41	Profundidad: 1.50 m				844124,216 E
15 % de vidrio + agua potable					
Muestra 41 (Sondeo 26 Nivel -1.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	3252.0	3252.0	3252.0	3252.0	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5151.6	5227.1	5226.8	5217.0	
Masa del suelo compactado [g]	1899.6	1975.1	1974.8	1965.0	
Humedad	N° frasco	278	269	281	254
		114	263	252	CA
		34	292	261	212
	Masa frasco [g]	70.269	90.121	76.083	70.056
		86.515	70.467	72.744	76.799
		80.695	70.158	70.286	71.060
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	176.091	160.944	155.598	161.145
		169.991	152.789	165.359	169.030
		187.505	163.710	163.559	170.032
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	165.426	153.347	145.336	148.973
		176.974	153.318	153.638	156.370
		160.334	142.605	151.362	156.564
Humedad promedio	12.535	13.503	14.784	15.695	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	2.020	2.100	2.100	2.089	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.795	1.850	1.829	1.806	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	19.808	20.595	20.592	20.490	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.602	18.145	17.940	17.710	

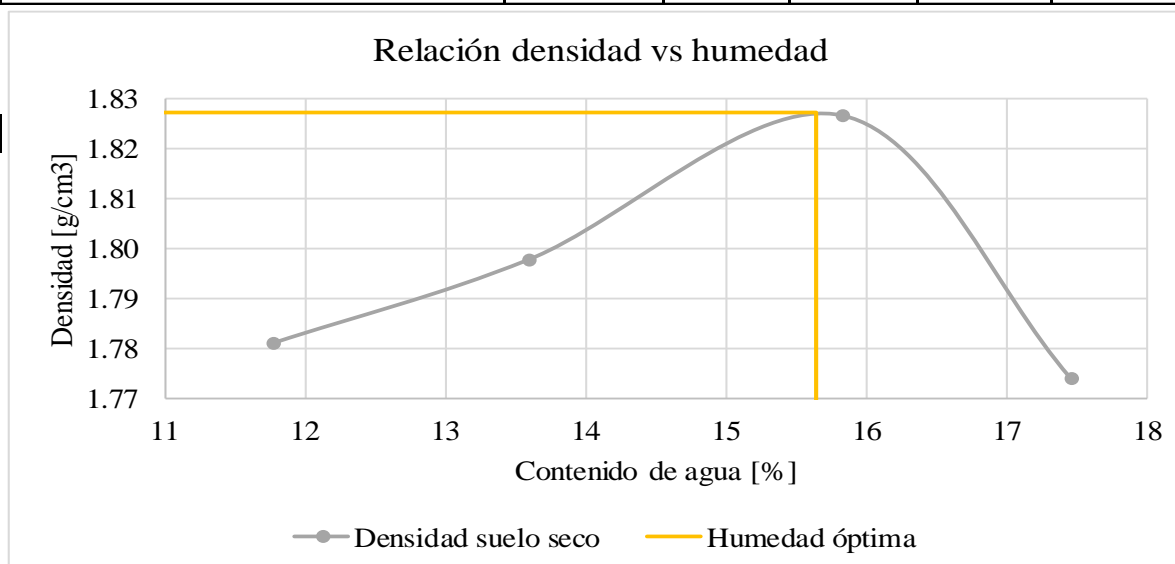
Relación densidad vs humedad




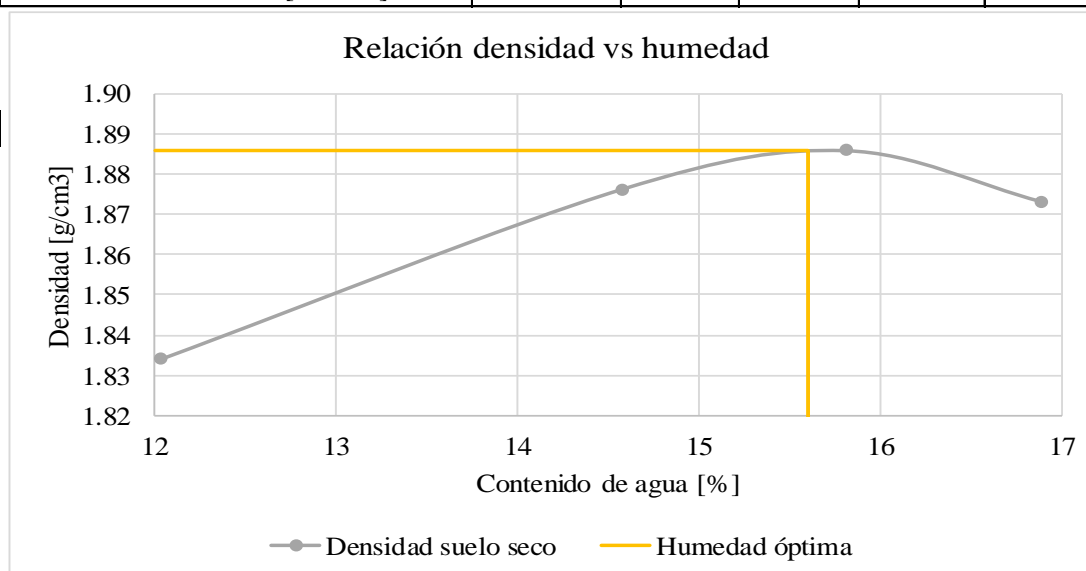
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO					
Localización: Cúcuta, Norte de Santander			Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)		
Sondeo N°: 26	Sector: Barrio Bellavista		Coodenadas		1361297,478 N
Muestras N°: 41	Profundidad: 1.50 m				844124,216 E
20 % de vidrio + agua potable					
Muestra 41 (Sondeo 26 Nivel -1.50 m)					
Número de prueba	1	2	3	4	5
Masa molde [g]	3716.6	3716.6	3716.6	3716.6	
Volumen molde [cm ³]	940.449				
Masa (suelo compactado + molde) [g]	5531.2	5622.6	5639.7	5628.8	
Masa del suelo compactado [g]	1814.6	1906.0	1923.1	1912.2	
Humedad	N° frasco	271	7	228	222
		264	256	110	25
		226	258	37	211
	Masa frasco [g]	89.419	81.071	71.861	70.542
		90.288	90.328	69.488	74.516
		71.001	89.867	80.758	71.709
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	193.212	170.287	179.172	169.306
		191.684	170.441	160.365	159.158
		187.348	173.289	175.890	175.963
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	183.564	159.428	164.956	155.365
		181.559	160.987	149.946	146.781
		175.454	164.021	163.492	162.408
Humedad promedio	10.909	13.245	14.402	16.169	
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]	1.930	2.027	2.045	2.033	
Densidad suelo seco [g/cm ³]	1.740	1.790	1.787	1.750	
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]	18.922	19.875	20.053	19.940	
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]	17.061	17.550	17.529	17.164	




 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO							
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Normatividad de referencia				INVIAS E-(142-13)	
Sondeo N°: 26	Sector: Barrio Bellavista	Coodenadas		1361297,478 N		844124,216 E	
Muestras N°: 41	Profundidad: 1.50 m						
15 % de vidrio + agua residual minera							
Muestra 41 (Sondeo 26 Nivel -1.50 m)							
Número de prueba		1	2	3	4	5	
Masa molde [g]		3716.8	3716.8	3716.8	3716.8		
Volumen molde [cm ³]		940.449					
Masa (suelo compactado + molde) [g]		5588.9	5637.4	5706.7	5676.6		
Masa del suelo compactado [g]		1872.1	1920.6	1989.9	1959.8		
Humedad	N° frasco	47	86	203	266		
		7	98	25	287		
		94	256	63	296		
	Masa frasco [g]	78.453	87.551	75.530	90.050		
		81.066	75.409	74.510	69.790		
		72.822	90.360	70.856	71.460		
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	174.363	174.788	153.826	163.638		
		180.558	144.400	155.811	148.385		
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	164.316	164.672	143.723	152.002		
		169.677	135.270	144.301	137.604		
	Humedad promedio		11.771	13.598	15.837	17.462	
	Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		1.991	2.042	2.116	2.084	
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.781	1.798	1.827	1.774		
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		19.521	20.027	20.750	20.436		
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		17.466	17.630	17.913	17.398		



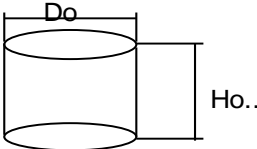
 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PROYECTO DE GRADO 1112075-1112082 PROCTOR MODIFICADO		Normatividad de referencia INVIAS E-(142-13)			
Localización: Cúcuta, Norte de Santander		Sector: Barrio Bellavista		Coodenadas 1361297,478 N	
Sondeo N°: 26		Profundidad: 1.50 m		844124,216 E	
20 % de vidrio + agua residual minera					
Muestra 41 (Sondeo 26 Nivel -1.50 m)					
Número de prueba		1	2	3	4
Masa molde [g]		2837.9	2837.9	2837.9	2837.9
Volumen molde [cm ³]		940.449			
Masa (suelo compactado + molde) [g]		4770.2	4859.5	4891.8	4897.1
Masa del suelo compactado [g]		1932.3	2021.6	2053.9	2059.2
Humedad	N° frasco	292	14	241	67
		30	247	71	20
		244	103	280	209
	Masa frasco [g]	70.170	76.158	75.654	73.183
		80.559	75.711	70.190	76.933
		79.557	68.963	90.020	69.475
	Masa (frasco + suelo húmedo) [g]	182.462	188.158	175.370	166.269
		191.932	168.570	148.747	163.544
		199.384	165.471	185.545	161.432
	Masa (frasco + suelo seco) [g]	170.052	174.496	161.954	152.947
		180.232	156.457	137.414	151.289
		186.624	153.014	173.071	147.739
Humedad promedio		12.027	14.572	15.808	16.893
Densidad suelo húmedo [g/cm ³]		2.055	2.150	2.184	2.190
Densidad suelo seco [g/cm ³]		1.834	1.876	1.886	1.873
Peso unitario suelo húmedo [KN/m ³]		20.149	21.080	21.417	21.472
Peso unitario suelo seco [KN/m ³]		17.986	18.399	18.494	18.369



Anexo 11. Ensayo compresión inconfínada

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES
---	--

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :		Anillo Vial Occidental-Los Cerezos		
APIQUE No. :		31		
MUESTRA No. :		Arcilla		
PROFUNDIDAD :		0.5 metros		
Ho (cm):	9.45	Peso Humedo (W1):	349.46	
Do (cm):	4.70	Peso seco(W2):	300.937	
Ao (cm²):	17.35	Peso tara(W3):	0.00	
Vo (cm³):	163.95	Humedad(%):	16.12	
Wo muestra	349.46			
TIPO DE FALLA				

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA (0,0001in)	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ϵ	ϵ (%)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
0	0	0.000	17.349	0.0000	0.00	0.00
5	4	4.757	17.373	0.0013	0.13	0.27
10	8	9.513	17.396	0.0027	0.27	0.55
15	11	13.081	17.420	0.0040	0.40	0.75
20	14.5	17.242	17.443	0.0054	0.54	0.99
30	20.5	24.377	17.490	0.0081	0.81	1.39
40	26	30.918	17.538	0.0108	1.08	1.76
50	30	35.674	17.586	0.0134	1.34	2.03
60	34.5	41.025	17.634	0.0161	1.61	2.33
70	37	43.998	17.682	0.0188	1.88	2.49
80	40	47.565	17.731	0.0215	2.15	2.68
100	44	52.322	17.829	0.0269	2.69	2.93
120	47.5	56.484	17.928	0.0323	3.23	3.15
140	49	58.268	18.028	0.0376	3.76	3.23
160	50.5	60.051	18.129	0.0430	4.30	3.31
180	48	57.079	18.232	0.0484	4.84	3.13
200	43	51.133	18.335	0.0538	5.38	2.79
220	33.5	39.836	18.440	0.0591	5.91	2.16
240	25	29.728	18.546	0.0645	6.45	1.60
260	18	21.404	18.653	0.0699	6.99	1.15

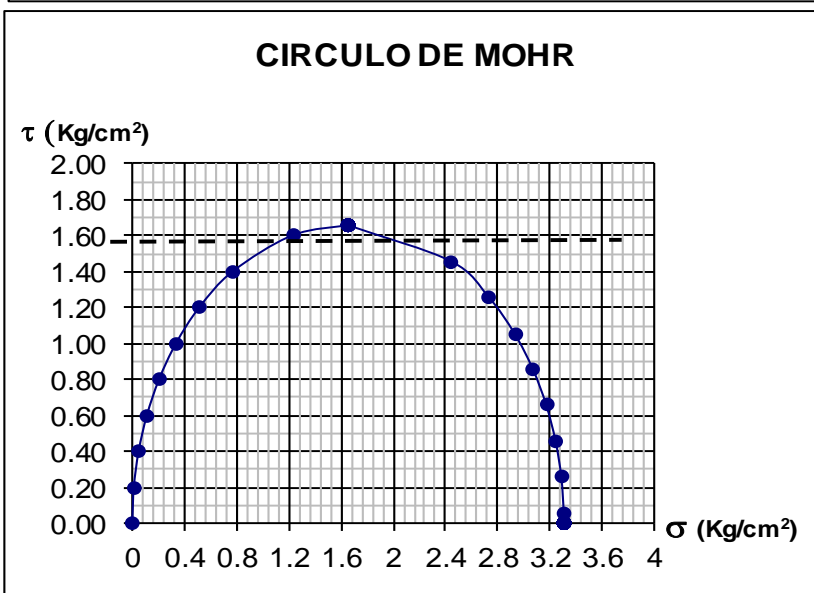
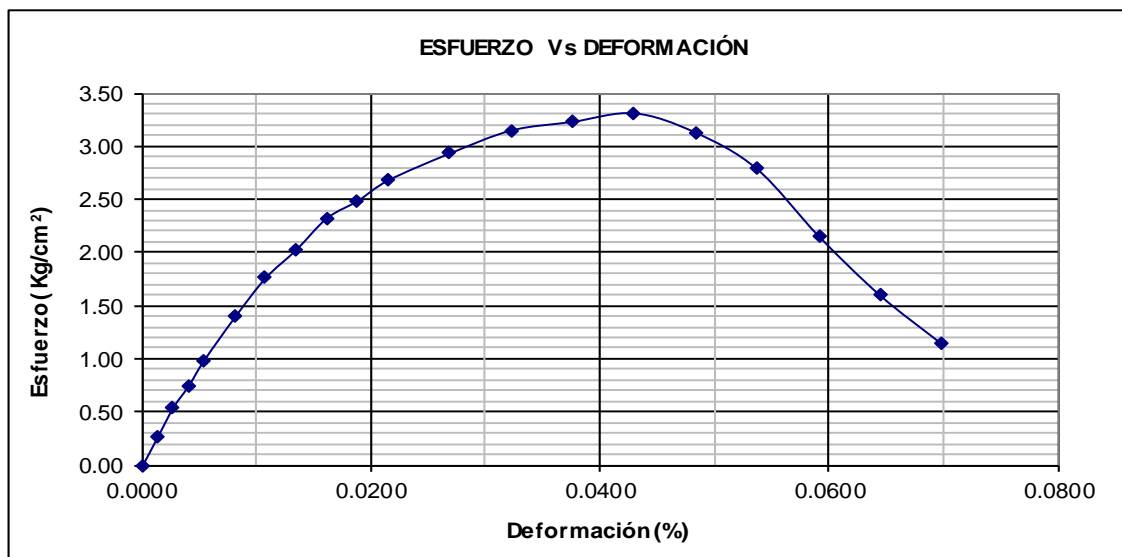


Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

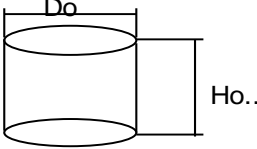
LOCALIZACIÓN :	Anillo Vial Occidental-Los Cerezos
SONDEO No. :	31
MUESTRA No. :	Arcilla
PROFUNDIDAD :	0.5 metros



Cohesión:	1.66	Kg/cm ²
Peso Unitario Húmedo	2.131	Gr/cm ³
Peso Unitario Seco	1.836	Gr/cm ³

 <p>Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación</p>	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES</p>
---	--

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :		Anillo Vial Occidental-Los Cerezos		
APIQUE No. :		31		
MUESTRA No. :		Arcilla + 15% Vidrio		
PROFUNDIDAD :		0.5 metros		
Ho (cm):	9.45	Peso Humedo (W1):	344.51	
Do (cm):	4.70	Peso seco(W2):	300.185	
Ao (cm ²):	17.35	Peso tara(W3):	0.00	
Vo (cm ³):	163.95	Humedad(%):	14.77	
Wo muestra	344.51			
				TIPO DE FALLA

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA (0,0001in)	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ϵ	ϵ (%)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
0	0	0.000	17.349	0.0000	0.00	0.00
5	3.5	4.162	17.373	0.0013	0.13	0.24
10	6	7.135	17.396	0.0027	0.27	0.41
15	8	9.513	17.420	0.0040	0.40	0.55
20	10.5	12.486	17.443	0.0054	0.54	0.72
30	13	15.459	17.490	0.0081	0.81	0.88
40	17	20.215	17.538	0.0108	1.08	1.15
50	20	23.783	17.586	0.0134	1.34	1.35
60	22.5	26.756	17.634	0.0161	1.61	1.52
80	26.5	31.512	17.731	0.0215	2.15	1.78
100	29.5	35.080	17.829	0.0269	2.69	1.97
120	32.5	38.647	17.928	0.0323	3.23	2.16
140	35.5	42.214	18.028	0.0376	3.76	2.34
160	36	42.809	18.129	0.0430	4.30	2.36
180	37	43.998	18.232	0.0484	4.84	2.41
200	37.5	44.593	18.335	0.0538	5.38	2.43
220	38	45.187	18.440	0.0591	5.91	2.45
240	39	46.376	18.546	0.0645	6.45	2.50
250	39	46.376	18.599	0.0672	6.72	2.49
260	39	46.376	18.653	0.0699	6.99	2.49
280	39.5	5.832	18.761	0.0753	7.53	0.31
300	39.5	5.832	18.871	0.0806	8.06	0.31
350	39	5.758	19.151	0.0941	9.41	0.30
400	38	5.610	19.439	0.1075	10.75	0.29

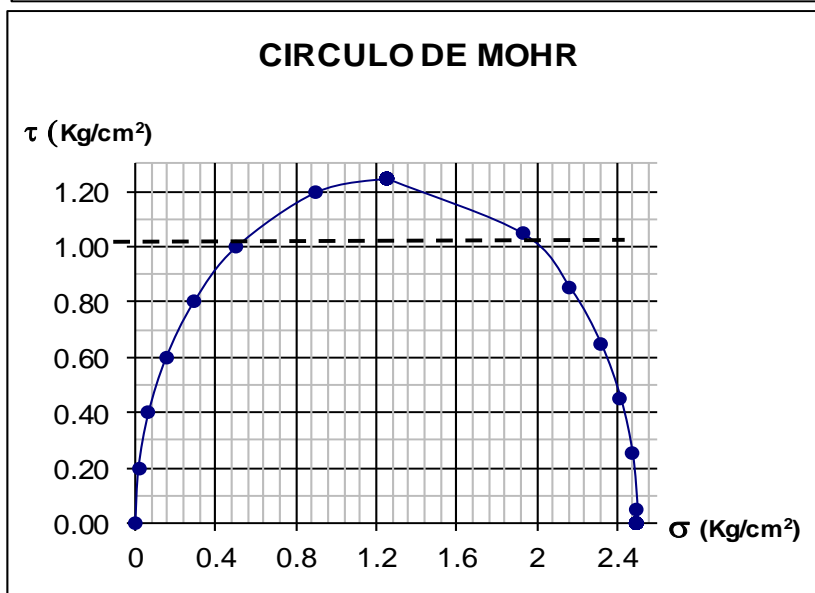
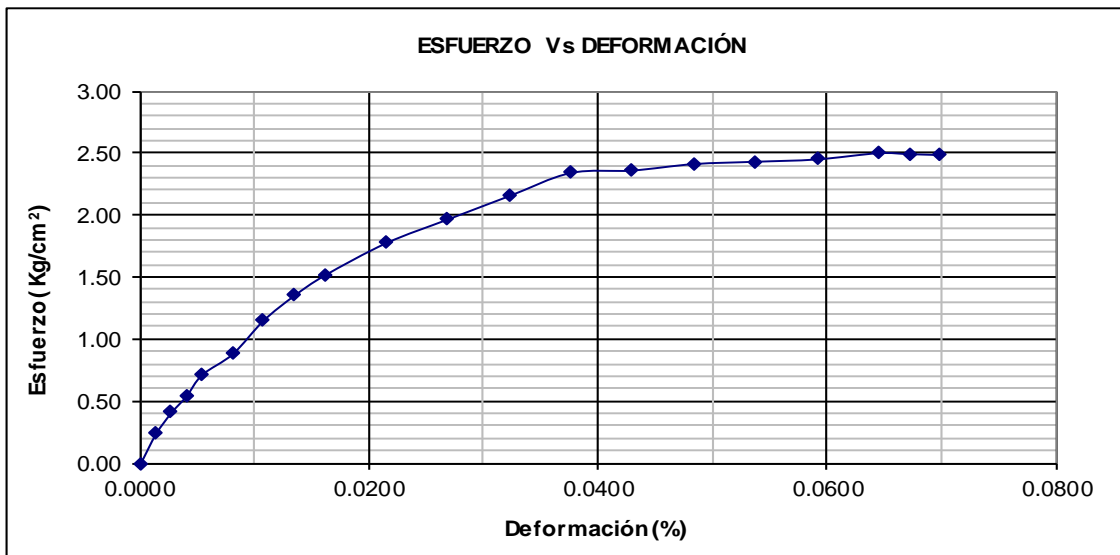


Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

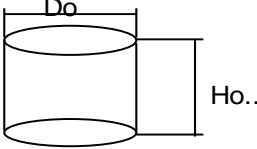
LOCALIZACIÓN :	Anillo Vial Occidental-Los Cerezos
SONDEO No. :	31
MUESTRA No. :	Arcilla + 15% Vidrio
PROFUNDIDAD :	0.5 metros



Cohesión:	1.25 Kg/cm ²
Peso Unitario Húmedo	2.101 Gr/cm ³
Peso Unitario Seco	1.831 Gr/cm ³

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación</p>
--

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :		Anillo Vial Occidental-Los Cerezos		 <p style="text-align: center; font-size: small;">TIPO DE FALLA</p>
APIQUE No. :		31		
MUESTRA No. :		Arcilla + 20% Vidrio		
PROFUNDIDAD :		0.5 metros		
Ho (cm):	9.52	Peso Humedo (W1):	354.05	
Do (cm):	4.68	Peso seco(W2):	308.226	
Ao (cm ²):	17.20	Peso tara(W3):	0.00	
Vo (cm ³):	163.76	Humedad(%):	14.87	
Wo muestra	354.05			

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA (0,0001in)	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ε	ε (%)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
0	0	0.000	17.202	0.0000	0.00	0.00
5	3	3.567	17.225	0.0013	0.13	0.21
10	5	5.946	17.248	0.0027	0.27	0.34
15	7	8.324	17.271	0.0040	0.40	0.48
20	8	9.513	17.294	0.0053	0.53	0.55
30	11	13.081	17.341	0.0080	0.80	0.75
40	13	15.459	17.388	0.0107	1.07	0.89
60	19.5	23.188	17.482	0.0160	1.60	1.33
80	23	27.350	17.577	0.0213	2.13	1.56
100	25	29.728	17.674	0.0267	2.67	1.68
120	27	32.107	17.771	0.0320	3.20	1.81
140	29	34.485	17.870	0.0374	3.74	1.93
160	30	35.674	17.969	0.0427	4.27	1.99
180	31	36.863	18.070	0.0480	4.80	2.04
200	32	38.052	18.172	0.0534	5.34	2.09
220	33	39.242	18.275	0.0587	5.87	2.15
240	34	40.431	18.379	0.0640	6.40	2.20
260	34	40.431	18.484	0.0694	6.94	2.19
280	35	41.620	18.591	0.0747	7.47	2.24
300	35	41.620	18.699	0.0800	8.00	2.23
320	35.2	5.197	18.808	0.0854	8.54	0.28
340	35.5	5.241	18.918	0.0907	9.07	0.28
360	35.5	5.241	19.030	0.0961	9.61	0.28
380	35.5	5.241	19.143	0.1014	10.14	0.27
400	35	5.167	19.257	0.1067	10.67	0.27

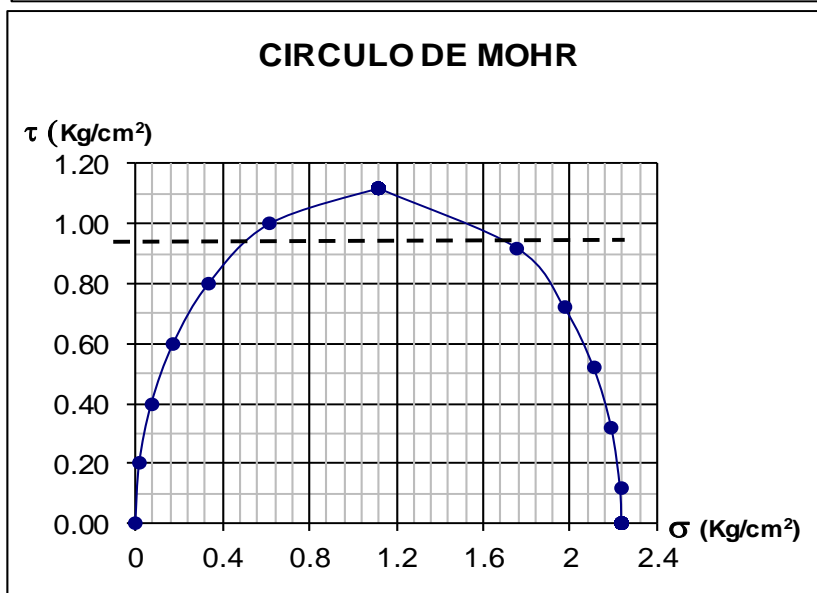


Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

LOCALIZACIÓN :	Anillo Vial Occidental-Los Cerezos
SONDEO No. :	31
MUESTRA No. :	Arcilla + 20% Vidrio
PROFUNDIDAD :	0.5 metros



Cohesión:	1.12	Kg/cm ²
Peso Unitario Húmedo	2.162	Gr/cm ³
Peso Unitario Seco	1.882	Gr/cm ³