



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego Aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja.

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola

AUTOR :

Darwin Antonio Alulima Granda

DIRECTORA:

Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2025

Certificación

Loja, 06 de abril de 2022

Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega, Mg. Sc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego Aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja.** Previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de autoría del estudiante **Darwin Antonio Alulima Granda**, con **cedula de identidad Nro. 1106080631**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**MARIA DEL CISNE
VEINTIMILLA
ORTEGA**

Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, Darwin Antonio Alulima Granda, declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Fecha: Loja, 07 de febrero del 2025

Correo electrónico: darwin.alulima@unl.edu.ec

Teléfono o celular: 0994109069

Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Darwin Antonio Alulima Granda**, declaro ser autor del trabajo de titulación denominado: **Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego Aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los siete días del mes de febrero de dos mil veinticinco.

Firma:



Autor: Darwin Antonio Alulima Granda

Cedula: 1106080631

Dirección: La Banda, Loja

Correo electrónico: darwin.alulima@unl.edu.ec

Celular: 0994109069

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del trabajo de titulación: Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega. Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de titulación especialmente a mis padres Ramiro Alulima y Celina Granda que siempre han estado conmigo en todo momento, por ser el pilar más importante, por creer en mí, aunque hayamos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome su amor ya que, gracias a ustedes soy la persona que soy ahora inculcado de valores y principios.

A mi tía María Piedad Granda a quién la considero como una madre, que con sus consejos y apoyo incondicional me ayudado a salir adelante y a cumplir cada una de mis metas.

A mis hermanos, amigos y demás familiares que han estado presentes brindándome su apoyo y motivación para alcanzar mis metas.

Darwin Antonio Alulima Granda

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios, por tenerme con vida y salud para cumplir esta meta, por guiarme, bendecirme siempre y hacer realidad este sueño anhelado.

Un agradecimiento especial a mi directora de tesis Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega. Mg. Sc., que con sus conocimientos y orientaciones me ayudado a cumplir con mi trabajo de titulación.

De igual manera agradezco la colaboración del Ing. Dans Vilela y Juan León por apoyarme con sus conocimientos y predisposición para realizar cada una de las actividades propuestas en esta investigación.

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, especialmente a la carrera de Ingeniería Agrícola, a su planta docente por aportar conocimientos y ayudarme en la formación como profesional en el campo agrícola.

Darwin Antonio Alulima Granda

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
3.1. Objetivos	5
3.1.1. <i>Objetivo general</i>	5
3.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
4. Marco teórico.....	6
4.1. Arcillas	6
4.2. Origen y formación de las arcillas	6
4.3. Arcilla como material constructivo en la antigüedad.....	7
4.4. Estructura y composición de las arcillas	8
4.5. Clasificación de las arcillas	9
4.5.1. Grupo de caolinitas.....	9
4.5.2. Grupo de Montmorillonitas	9
4.5.3. Grupo de Illitas	9
4.5.4. Grupo de Vermiculitas	9
4.6. Propiedades físicas y químicas de las arcillas.....	10
Superficie específica	10
Capacidad de Intercambio catiónico (CIC).....	10
Capacidad de absorción.....	10
Plasticidad	11
Contracción	11

Tixotropía.....	11
Refractariedad	11
Actividad.....	11
4.7. Pruebas de laboratorio para la caracterización física-mecánica de los suelos	12
4.7.1. Análisis mecánico del suelo	12
4.7.2. Límites de Atterberg.....	14
4.7.3. Compactación.....	15
4.7.4. Clasificación de los suelos	17
4.8. Utilidades de las arcillas en las construcciones rurales.....	21
4.8.1. Construcciones rurales.....	21
4.8.2. Arcillas como material impermeabilizante en reservorios	21
5. Metodología	23
5.1. Ubicación de la investigación	23
5.1.1. Descripción de la zona de investigación	23
5.1.2. <i>Universo de la investigación</i>	23
5.2. Métodos de investigación.....	24
5.3. Materiales y metodología.....	24
5.3.1. <i>Materiales</i>	24
5.3.2. <i>Metodología para el primer objetivo</i>	26
Caracterizar física y mecánicamente las arcillas en el sector contiguo al reservorio del.....	26
Sistema de Riego Aguarongo, perteneciente a la parroquia Chuquiribamba.....	26
5.3.2.1. <i>Mapeo y muestreo.</i>	26
Definir la clasificación de los suelos analizados, utilizando el sistema SUCS y AASHTO....	32
6. Resultados.....	33
6.1. Caracterización físico-mecánica de las arcillas.....	33
6.1.1. <i>Contenido de humedad</i>	33
6.1.2. Granulometría por tamizado	34
6.1.3. <i>Granulometría por medio del hidrómetro</i>	39
6.1.4. <i>Consistencia del suelo</i>	45
6.1.4.1. Límite líquido.....	46
6.1.4.2. Límite plástico e índice de plasticidad.....	49
6.1.4.3. Límite de contracción.....	49
6.1.4.4. Compactación Proctor estándar.	50
6.1.4.5. Compactación Próctor modificado.....	53

6.2. Clasificación del suelo	57
6.2.1. <i>Clasificación del suelo según el sistema SUCS</i>	57
6.2.2. <i>Clasificación del suelo según el sistema AASHTO</i>	58
6.2.3. <i>Clasificación del suelo según el sistema por textura del USDA</i>	59
7. Discusión	62
7.1. Caracterización física-mecánica de las arcillas	62
7.1.4. <i>Actividad</i>	65
7.1.5. <i>Compactación</i>	66
8. Conclusiones	69
9. Recomendaciones	70
10. Bibliografía	71
11. Anexos	76

Índice de tablas:

Tabla 1. Superficie específica de algunas arcillas	10
Tabla 2. C.I.C. de minerales arcillosos.....	10
Tabla 3. Valores de actividad de suelos arcillosos	12
Tabla 4. Clasificación de los suelos según su índice plástico	15
Tabla 5 . Rango de variación de los contenidos de material en las diferentes clases texturales de suelos.	21
Tabla 6. Coordenadas UTM de los sectores determinados	24
Tabla 7. Tiempo de dispersión según el IP	28
Tabla 8. Resultados del contenido de humedad natural del suelo en estudio	33
Tabla 9. Granulometría por método de Tamizado de la muestra M 1a.....	34
Tabla 10. Granulometría por método del Tamizado de la muestra M 1b	35
Tabla 11. Granulometría por método del Tamizado de la muestra M 2a.....	35
Tabla 12. Granulometría por método del Tamizado de la muestra M2b	36
Tabla 13. Granulometría por método del Tamizado de la muestra M 3a.....	37
Tabla 14. Granulometría por método del Tamizado de la muestra M 3b	37
Tabla 15. Granulometría por método del Tamizado de la muestra M 4a.....	38
Tabla 16. Granulometría por método del Tamizado de la muestra M 4	39
Tabla 17. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 1a.....	40
Tabla 18. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 1b.....	40
Tabla 19. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 2a.....	41
Tabla 20. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 2b.....	42
Tabla 21. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 3a.....	42
Tabla 22. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 3b.....	43
Tabla 23. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 4a.....	44
Tabla 24. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 4b.....	44
Tabla 25. Granulometría correspondiente al suelo en estudio	45
Tabla 26 Valores de límite líquido del suelo en estudio	49
Tabla 27. Valores de los límites de consistencia del suelo en estudio	49
Tabla 28. Resultados del límite de contracción del suelo en estudio	50
Tabla 29. Resultados de la curva de compactación de las muestras de suelo en estudio	57
Tabla 30. Resultados del tipo de suelo en estudio, según SUCS	58
Tabla 31. Resultados del tipo de suelo en estudio, según AASHTO	59
Tabla 32. Resultados del tipo de suelo en estudio, según USDA	60

Tabla 33. Resultados finales del tipo de suelo en estudio según los tres sistemas de clasificación 60

Índice de figuras:

Figura 1. Estructura química de las arcillas	8
Figura 2. Series de Tamices	13
Figura 3. Curva de distribución granulométrica por tamizado	13
Figura 4. Límites de Atterberg	14
Figura 5. Principios de compactación	16
Figura 6. Instrumentos para la prueba próctor estándar	17
Figura 7. Clasificación de suelos (AASHTO).....	18
Figura 8. Clasificación de suelos (SUCS).....	19
Figura 9. Diagrama textural de la USDA.....	20
Figura 10 . Ubicación Geográfica de la Parroquia Chuquiribamba	23
Figura 11. Curva Granulométrica M-1a de extracciones a 1.10 metros.	34
Figura 12. Curva Granulométrica M-1b de extracciones a 2.0 metros	35
Figura 13. Curva Granulométrica M-2a de extracciones a 1.10 metros	36
Figura 14. Curva Granulométrica M-2b de extracciones a 2.0 metros	36
Figura 15. Curva Granulométrica M-3a de extracciones a 1.10 metros	37
Figura 16. Curva Granulométrica M-3b de extracciones a 2.0 metros.	38
Figura 17. Curva Granulométrica M-4a de extracciones a 1.10 metros.	38
Figura 18. Curva Granulométrica M-4b de extracciones a 2.0 metros	39
Figura 19. Curva Granulométrica M-1a de extracciones a 1.10 metros	40
Figura 20. Curva Granulométrica M-1b de extracciones a 2.0 metros.	41
Figura 21. Curva Granulométrica M-2a de extracciones a 1.10 metros	41
Figura 22. Curva Granulométrica M-2b de extracciones a 2.0 metros	42
Figura 23. Curva Granulométrica M-3a de extracciones a 1.10 metros	43
Figura 24. Curva Granulométrica M-3b de extracciones a 2.0 metros	43
Figura 25. Curva Granulométrica M-4a de extracciones a 1.10 metros	44
Figura 26. Curva Granulométrica M-4b de extracciones a 1.10 metros	45
Figura 27. Límite Líquido M-1a de extracciones a 1.10 metros	46
Figura 28. Límite Líquido M-1b de extracciones a 2.0 metros.....	46
Figura 29. Límite Líquido M-2a de extracciones a 1.10 metros.	47
Figura 30. Límite Líquido M-2b de extracciones a 2.0 metros.....	47
Figura 31. Límite Líquido M-3a de extracciones a 1.10 metros.	47
Figura 32. Límite Líquido M-3b de extracciones a 2.0 metros.....	48

Figura 33. Límite Líquido M-4a de extracciones a 1.10 metros.....	48
Figura 34. Límite Líquido M-4b de extracciones a 2.0 metros.....	48
Figura 35. Curva de compactación M-1a de extracciones a 1.10 metros	51
Figura 36. Curva de compactación M-1b de extracciones a 2.0 metros.	51
Figura 37. Curva de compactación M-2a de extracciones a 1.10 metros.	51
Figura 38. Curva de compactación M-2b de extracciones a 2.0 metros.	52
Figura 39. Curva de compactación M-3a de extracciones a 1.10 metros.	52
Figura 40. Curva de compactación M-3b de extracciones a 2.0 metros.	52
Figura 41. Curva de compactación M-4a de extracciones a 1.10 metros.	53
Figura 42. Curva de compactación M-4b de extracciones a 2.0 metros.	53
Figura 43. Curva de compactación M-1a de extracciones a 1.10 metros.	54
Figura 44. Curva de compactación M-1b de extracciones a 2.0 metros.	54
Figura 45. Curva de compactación M-2a de extracciones a 1.10 metros.	54
Figura 46. Curva de compactación M-2b de extracciones a 2.0 metros.	55
Figura 47. Curva de compactación M-3a de extracciones a 1.10 metros.	55
Figura 48. Curva de compactación M-3b de extracciones a 2.0 metros.	55
Figura 49. Curva de compactación M-4a de extracciones a 1.10 metros.	56
Figura 50. Curva de compactación M-4b de extracciones a 2.0 metros.	56

Índice de anexos:

Anexo 1. Identificación de los lugares representativos y toma de muestras.....	76
Anexo 2. Ensayos de laboratorio para la caracterización físico mecánica de las arcillas.....	77
Anexo 3. Granulometría mediante el tamizado	78
Anexo 4. Cálculo de los Límites de consistencia.....	102
Anexo 5. Cálculo de Curva de Compactación mediante Próctor Estándar.....	142
Anexo 6. Cálculo de Curva de Compactación mediante Próctor Modificado	158
Anexo 7. Tabla de resumen de clasificación de los suelos en estudio.....	174
Anexo 8. Certificado de traducción del resumen.....	176

1. Título

Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego
Aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja.

2. Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la caracterización físico - mecánica de las arcillas, en los sectores Payama, San Antonio Alto, San Antonio Bajo y Sapul de la parroquia Chuquiribamba, con la finalidad de conocer las propiedades de estas arcillas y orientar su uso, especialmente en las construcciones agropecuarias. Se realizó trabajos de campo y laboratorio para su respectivo análisis. Se efectuaron ensayos físicos y mecánicos sobre ocho muestras con cinco repeticiones, para obtener resultados totalmente confiables. Ensayos como granulometrías por lavado, tamices y sedimentación; límites de Atterberg y de contracción; compactación mediante próctor estándar y próctor modificado, efectuados según las normas NTE – INEN y AASHTO – ASTM. Con los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio, se realizó la tabulación de resultados y se clasificó los suelos mediante los sistemas SUCS y AASHTO. De acuerdo al sistema SUCS, los resultados permitieron clasificar al suelo de los cuatro sectores en estudio como MH y ML, correspondientes a limos elásticos de alta plasticidad y limos arcillosos de baja plasticidad respectivamente. Mediante el sistema AASHTO, pertenecen al grupo A-7-5, identificados como suelos arcillosos. Con los datos analizados se establece que los suelos con mejor contenido de arcilla corresponden a los sectores San Antonio Alto, San Antonio Bajo y Sapul. Considerando que la actividad de la arcilla de los suelos en estudio es relativamente baja, su composición predominante es la caolinita, lo cual ayuda a que estos suelos sean de aplicabilidad en algunos materiales de construcción para el área rural.

Palabras claves: arcilla, granulometría, consistencia, compactación, actividad, caolinita.

Abstract

The current research study aims to characterize the physical and mechanical properties of clays in the Payama, San Antonio Alto, San Antonio Bajo, and Sapul sectors of the Chuquiribamba parish. The primary objective is to determine the properties of these clays and guide their potential applications, particularly in agricultural and livestock construction. Fieldwork and laboratory analyses were conducted for this purpose. Physical and mechanical tests were performed on eight samples, each with five repetitions, to ensure highly reliable results. The tests included particle size analysis through washing, sieving, and sedimentation; Atterberg and shrinkage limits; and compaction tests using the Standard Proctor and Modified Proctor methods, all carried out according to NTE-INEN and AASHTO-ASTM standards. Based on the laboratory test results, data tabulation was performed, and the soils were classified using the Unified Soil Classification System (USCS) and the AASHTO system. According to the USCS classification, the soils from the four studied sectors were identified as MH and ML, corresponding to high-plasticity elastic silts and low-plasticity clayey silts, respectively. According to the AASHTO system, the soils belong to the A-7-5 group, identified as clayey soils. The analysis of the obtained data indicates that the soils with the highest clay content are found in the San Antonio Alto, San Antonio Bajo, and Sapul sectors. Given that the clay activity of the studied soils is relatively low, their predominant composition is kaolinite, which enhances their applicability in certain construction materials for rural areas.

Keywords: clay, particle size distribution, consistency, compaction, activity, kaolinite.

2. Introducción

García et al. (2018) manifiesta, las arcillas son un grupo de minerales de granulometría menor a 2 μm , con características mineralógicas y genéticas muy variadas, de las que se derivan un amplio rango de propiedades y por consiguiente de aplicaciones industriales, las mismas que se las considera como sustancia mineral de empleo más extenso y antiguo que ha utilizado el hombre.

Hoy en día, a nivel global, las arcillas que sirven como materia prima industrial figuran entre los recursos minerales más importantes, tanto por el volumen explotado como por el valor de producción. Un 90 % de la producción se destina preferentemente a la fabricación de materiales de construcción y agregados, un 10 % se dedica a otras industrias, tales como la fabricación de papel, caucho, pinturas, productos químicos, farmacéuticos y a la agricultura (Romero y Barrios, 2006).

Según Amado et al. (2009), en Ecuador el 47 % de las ocurrencias de minerales arcillosos se encuentran dedicadas a la fabricación tradicional de ladrillos y tejas que satisfacen las demandas de las provincias, un 14 % al sector industrial productor de cerámica fina; y, el 39 % del resto se encuentra en fase de determinación de factibilidad de aplicación en el sector cerámico del país. Asimismo, un 44 % de arcillas, feldespatos y caolines, se encuentra en fase de explotación, mientras que un 54 % se encuentra en fases previas de investigación, prospección y exploración.

En la provincia de Loja, la arcilla es un elemento esencial para la construcción de viviendas de adobe, así como para la fabricación de utensilios cerámicos de tipo artesanal-industrial, elaboración de teja y ladrillo, que aportan al desarrollo socioeconómico de los cantones de Loja, debido a que, la mayor concentración de áreas de explotación de arcillas se localizan en la región austral en las cuencas intermontañosas de Cuenca – Biblian – San Fernando y Loja – Malacatos – Catamayo, donde se puede encontrar arcillas de excelente calidad (Bailón et al., 2019).

De acuerdo al INEC (2010), en la parroquia Chuquiribamba la mayor parte de edificaciones son realizadas con materiales arcillosos, presentando así un tipo de arquitectura propia del lugar, con materiales naturales disponibles en el entorno, los mismos son extraídos para la elaboración de adobe, tapial y bahareque, utilizadas para resolver las necesidades constructivas de la parroquia.

La utilización de la arcilla en la parroquia Chuquiribamba es considerado como un beneficio eficaz dentro de sus sistemas constructivos, la cual, pocos han mostrado su manejo adecuado, debido a que, no hay información detallada sobre sus características y propiedades,

ni parámetros medibles y comparables que permitan dar una base técnica - científica para sus múltiples usos, dando como resultado un desconocimiento de los alcances y beneficios de la misma.

Por ende, al no existir información relacionada con el tema de estudio, se realizó el análisis físico-mecánico del suelo en las formaciones cercanas al reservorio del sistema de riego Aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, para lograr encontrar las potencialidades de la arcilla, ya sea, para ser utilizada como material de construcción en el campo agropecuario o para varios fines comunes conocidos en la actualidad, notando que es un material amigable con la naturaleza y el cual puede ser usado como sustituto de otros materiales geosintéticos, plásticos y cemento, dando mayor beneficio al productor en referencia a los costos de los mismos.

3.1. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

- Identificar las arcillas existentes en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego Aguarongo, de la Parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, con la finalidad de caracterizarlas física y mecánicamente.

3.1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar física y mecánicamente las arcillas en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego Aguarongo, perteneciente a la parroquia Chuquiribamba.
- Definir la clasificación de los suelos analizados, utilizando el sistema SUCS y AASHTO.

3. Marco teórico

Como parte de la revisión bibliográfica se identificaron los principales conceptos que abordan el tema de estudio en cuanto al origen, estructura, composición, propiedades, clasificación, descripción de cada ensayo a realizar y usos de la arcilla, de manera que estos conceptos se enmarcan dentro del ámbito de estudio de las arcillas, los cuales son enfatizados por diferentes autores y fuentes, proporcionando una visión sobre el estado del tema.

4.1. Arcillas

De manera general, las arcillas resultan de los agentes de meteorización físico-químicos que inciden directamente sobre la roca madre, para posteriormente dar lugar a las acumulaciones naturales, ya sean, consolidadas o no consolidadas, presentando un tamaño de grano fino menor a 2 μm y constituidas por silicatos alumínicos hidratados, acompañados con otros minerales como, cuarzo, feldespatos y carbonatos (Rodríguez y Torrecillas, 2002).

Romero y Barrios (2006), comprenden a la arcilla desde diferentes puntos de vista:

- Desde el punto de vista mineralógico, hace referencia al grupo de minerales de la arcilla, que en su mayor parte son filosilicatos, donde la estructura y el tamaño inferior a 2 mm, están adheridos a sus propiedades físico-químicas.
- Desde el punto de vista petrológico, mencionan que la arcilla pertenece a una roca de tipo sedimentaria, que posee características propias, con sedimentos inferiores a 2 mm en lo que respecta al tamaño del grano.
- Desde el punto de vista económico, se considera a una arcilla como mineral industrial, de la cual se percibirá características tanto mineralógicas como genéticas, para ser distinguidas mediante propiedades tecnológicas, de acuerdo a las aplicaciones que se les otorgue.

4.2. Origen y formación de las arcillas

Los materiales arcillosos se encuentran mayormente en la superficie de la corteza terrestre, algunos formando rocas, otros en depósitos sedimentarios tanto autóctonos como alóctonos; y, una gran cantidad formando parte de los suelos agrícolas. Su origen inicia desde la meteorización de las rocas mediante factores como: la temperatura, el agua, y el oxígeno, los cuales van descomponiendo a la roca, dando formación a minerales y rocas arcillosas (Betancourt, 2017).

Según Zárate (2005), aproximadamente el 95 % de la corteza terrestre está formada principalmente por silicatos, los cuales son los constituyentes de rocas ígneas y metamórficas. Además, en la corteza terrestre de cada 100 átomos, más de 60 son de oxígeno, más de 20 son

de silicio y de seis a siete de aluminio, correspondiendo unos dos átomos más a cada uno de los elementos, como, hierro, calcio, magnesio, sodio y potasio.

De acuerdo con Martínez (2017), es necesario enmarcar a las arcillas para su estudio teniendo en cuenta las características particulares que poseen los yacimientos donde se encuentran, estos pueden ser de tres tipos:

- Residuales o primarios: Son aquellos productos residuales del desgaste de las rocas, es decir que, aquellas arcillas que son formadas bajo estas características van a sufrir algunas alteraciones in situ en lo que concierne a su estructura de aluminosilicatos, generando así una baja calidad, entre los minerales más conocidos que están presentes en estos yacimientos tenemos, los feldespatos, los ferromagnesio y las micas.
- Sedimentarios o secundarios: Se encuentran formando parte de los depósitos aluviales indiferenciados, es decir, son depósitos constituidos por materiales rocosos que han sido transportados, sedimentados y erosionados por factores meteorológicos, los cuales pueden dar lugar a grandes depósitos.
- Hidrotermales: Son el resultado de yacimientos primarios, a través de las lavas y tobas andesíticas, las cuales son alteradas de forma hidrotermal e hipogénicamente.

4.3. Arcilla como material constructivo en la antigüedad

Desde la antigüedad el hombre ha manejado las construcciones de manera ancestral, con materiales que lo rodeaban o con aquellos que tenían al alcance de la mano, uno de ellos era la arcilla, la cual la empleaban para realizar un sin número de trabajos, tales como, figuras, templos, palacios y edificios con fines propagandísticos, donde eran levantados utilizando otros materiales acompañantes que resultaban de mayor costo y presentaban dificultad en el trabajo (Osorio, 2005).

El uso de las arcillas en las construcciones, empezó a difundirse primeramente en Egipto y al lejano Oriente, pasando después a Europa a través de Grecia y Roma. Los primeros núcleos de habitación en los que aparecen construcciones realizadas en material imperecedero se dan en Mesopotámica, Tell Mureybet y Ali Kosh, en el siglo IX a.c. Se trata de casas rectangulares construidas en tapial, con mezcla de material orgánico, arcilla y elementos aglutinantes, de características muy primitivas (Osorio, 2005).

Según Mamani (2015), la obtención de arcilla para la construcción podría realizarse de diversas formas, aunque dos eran los procedimientos fundamentales de extracción:

- Uno de ellos es la arcilla que se hallaba en la orilla de los ríos, que resultaba un sistema sencillo y que permitía la obtención del material en numerosas zonas, pero presentaba

inconvenientes como, traer consigo gran cantidad de materia orgánica, el cual era una limitación para el constructor, ya que deberá eliminar totalmente para la posterior cocción si deseaba obtener un procedimiento correcto.

- Otra forma era perforando el suelo hasta encontrar una veta arcillosa, la cual era expuesta completamente, separándola primeramente de la capa de suelo orgánico. Así se creaba de esta manera una mina a cielo abierto, la cual se explotaba sin medida, para obtener arcilla, cortándosela en bloques rectangulares.

4.4. Estructura y composición de las arcillas

Las arcillas presentan una estructura laminar, la cual les permite almacenar agua en el espacio inter laminar, donde se forman agregados que son difíciles de romper. Un mecanismo que posee la arcilla es resistir los efectos mecánicos destructivos, donde la combinación de la misma, con la materia orgánica del suelo y con algunos óxidos minerales, favorecen a la estabilidad en su estructura, la cual es necesaria para suplir estos efectos (Osorio, 2005).

Merino (2004), menciona que en general las arcillas están formadas por la combinación de dos elementos fundamentales, un tetraedro que está conformado por cuatro átomos de oxígeno que rodean a un solo átomo de silicio; y, un octaedro en el que un átomo de aluminio, hierro, magnesio, se encuentran rodeado por seis átomos de oxígeno e iones hidroxilos (Figura 1).

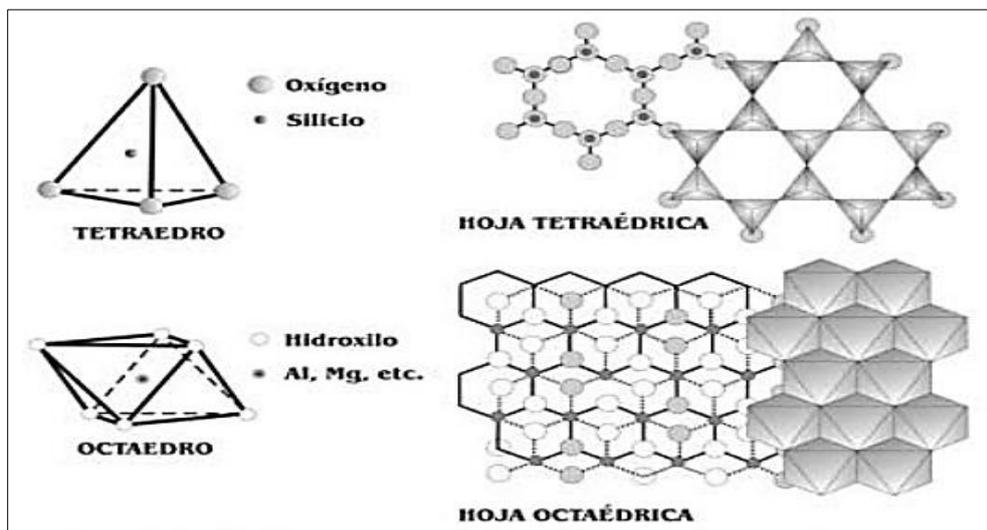


Figura 1. Estructura química de las arcillas
Fuente: Merino (2004)

4.5. Clasificación de las arcillas

De acuerdo con Valles y Becerrit (2004), las arcillas pueden ser clasificadas de manera mineralógica, dependiendo de su apilación de láminas y del tipo de iones que unen las mismas en cuatro grupos minerales, identificados como, caolinita, ilita, montmorillonita y vermiculita.

4.5.1. Grupo de caolinitas

Las caolinitas ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), presentan mayor estabilidad en presencia de agua, debido a que la unión de todas sus retículas son lo suficientemente firmes, lo cual no permite que se ejecute la adsorción entre ellas. Además están compuestas principalmente por una lámina silícica y una alumínica, incorporadas interminablemente (Valles y Becerrit, 2004). Se los considera uno de los grupos más importantes en la determinación de aplicaciones industriales, tales como en la fabricación de materiales de porcelana y cerámica, debido a que controlan sus propiedades físicas y químicas mediante su estructura y composición (Venegas y Cruz, 2007).

4.5.2. Grupo de Montmorillonitas

Las montmorillonitas presentan una fuerte inestabilidad en presencia del agua a causa de su débil unión entre sus retículas, de esta manera el agua puede ingresar y penetrar con facilidad a su estructura, dando lugar a una expansión (Rodríguez y Torrecillas, 2002). De acuerdo con Zárate (2005), una de las rocas principales que se forman en este grupo de minerales es la bentonita, la cual presenta características de extremada plasticidad, por lo que contiene proporciones variables de sodio, calcio, magnesio y silicio, brindándole a la arcilla una mayor facilidad en la absorción de agua hasta que logre hincharse cuatro o cinco veces más su volumen en seco.

4.5.3. Grupo de Ialitas

Según Venegas y Cruz (2007), relacionan a las ilitas con las caolinitas de acuerdo a su tendencia a la absorción del agua, donde las ilitas sobresalen en este campo y por lo tanto, indican mayor susceptibilidad a la retracción y a la expansión.

4.5.4. Grupo de Vermiculitas

La vermiculita presenta una similar estructura a la montmorillonita en lo que concierne a la contracción y expansión, pero con diferencia en sus magnitudes, la cual viene a ser menor. Además este grupo de minerales abarca principalmente productos de la meteorización de la biotita y la clorita (Valles y Becerrit, 2004).

4.6. Propiedades físicas y químicas de las arcillas

Superficie específica

De acuerdo con Romero y Barrios (2006), las arcillas por lo general presentan una elevada superficie específica de acuerdo al grupo de minerales que pertenezca, la cual se detalla como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna por unidad de masa y se la expresa en m^2/g (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie específica de arcillas más comunes

Tipo de Arcilla	m^2/g
Caolinita	5-20
Illita	100-200
Montmorillonita	300-500
Vermiculita	700-800

Fuente: Romero y Barrios (2006)

Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)

De acuerdo con Betancourt (2017), se trata de una propiedad química del suelo, la cual consiste en medir la cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo y representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por la superficie. La mayor influencia sobre las CIC viene de las arcillas del suelo y de la materia orgánica (Tabla 2).

Tabla 2. C.I.C. de minerales arcillosos.

Tipos de Arcillas	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)
	Meq/100g de suelo
Caolinita	3-5
Haloisita	5-10
Montmorillonita	80-120
Vermiculita	100-150
Illita	20-50

Fuente: Betancourt (2017)

Capacidad de absorción

Tiene relación intrínsecamente con las características texturales de la arcilla, las cuales pueden darse de forma aislada mediante dos procesos, tanto de absorción como de adsorción, en donde, cada uno presenta mecanismos particulares como retención por capilaridad e interacción entre el adsorbente o arcilla (Romero, s.f.).

Plasticidad

Las arcillas son predominantemente plásticas debido a su morfología laminar, al tamaño de su partícula, a su elevada área superficial y a su alta capacidad de hinchamiento, las cuales facilitan el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas (Osorio, 2005).

Contracción

Se acuerdo con García et al. (2018), es la propiedad de las arcillas que produce una disminución en las dimensiones de lo que se esté moldeando al perder humedad. Al momento de realizar el moldeado, la arcilla se encuentra húmeda y con un alto contenido de agua, y cuando se realiza el proceso de secado la mezcla pierde el agua que contenía produciendo una reducción en el tamaño de la pieza moldeada.

Tixotropía

Es una propiedad que mide la pérdida de resistencia de un coloide al amasarlo, ya que, al realizar esta manipulación, la arcilla se convertirá en un líquido, perdiendo totalmente la cohesión y para que se vuelva a reestablecer a su forma sólida, habría que dejarlo en reposo en un tiempo considerable (Almanza, 2019).

Refractariedad

Consiste en la resistencia que presentan algunas arcillas al momento de aumentar la temperatura, dentro de este contexto, son pocas las que presentan un mayor grado de refractariedad, debido a que unas poseen bajos contenidos químicos de aluminio y silicio (Mamani, 2015).

Actividad

De acuerdo con García et al. (2018) ésta propiedad depende de varios factores, cuya combinación aporta un amplio rango de valores de actividad, y su valor depende de la cantidad de caolinita y montmorillonita presentes. A más actividad de un suelo, mayor es la influencia de la fracción arcillosa en sus propiedades. Apoyada en los límites de Atterberg se definió la ecuación para la actividad de suelos arcillosos entre el cociente del índice de plasticidad (I_p) y el porcentaje en peso de los granos más finos que 2 micras (C) (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de actividad de suelos arcillosos

Clasificación	A	Mineral Predominante
Baja	$A \leq 1$	Caolinita
Mediana	$1 < A \leq 4$	Ilita
Alta	$A > 4$	Montmorillonita

Fuente: (García et al., 2018)

4.7. Pruebas de laboratorio para la caracterización física-mecánica de los suelos

4.7.1. Análisis mecánico del suelo

De acuerdo con Valles y Becerrit (2004), el análisis mecánico comprende todos los métodos para la separación de un suelo en diferentes fracciones, según sus tamaños, expresados como un porcentaje del peso seco total. Para encontrar la distribución de tamaño de partícula de un sustrato, generalmente existen dos métodos tradicionales, los cuales se relacionan con el tamaño de las partículas.

4.7.1.1. Análisis mediante tamiz.

Se usa para obtener las fracciones correspondientes a los tamaños mayores del suelo, generalmente se llega así hasta el tamaño correspondiente a la malla N° 200, es decir, la muestra de suelo pasa sucesivamente por un juego de tamices que se hallan puestas en orden jerárquico con aberturas descendentes hasta llegar a la última, la cual corresponde a la malla N° 200 de diámetro 0,074 mm (Cordero, 2018). (Figura 2).

El procedimiento siguiente es obtener los datos de peso de las muestras totales, los cuales consisten en pesar las muestras retenidas, que se han acumulado en cada malla y el porcentaje que éste represente respecto al peso total de la muestra se lo suma conjuntamente a los porcentajes retenidos en todas las mallas de mayor tamaño. Finalmente se grafica la curva de distribución de tamaño de partícula con el porcentaje más fino que se ha obtenido por cada tamiz (Valles y Becerrit, 2004). (Figura 3).

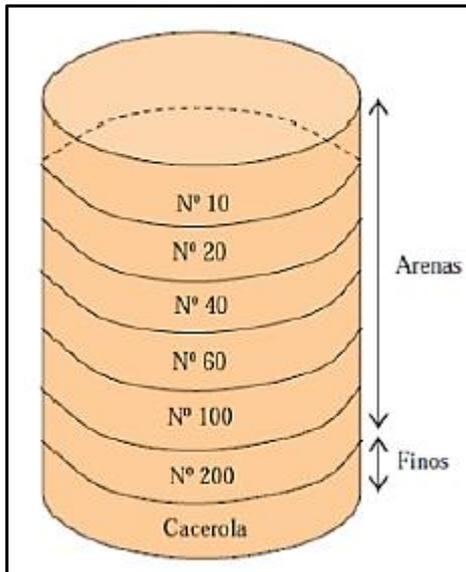


Figura 2. Conjunto de tamices
Fuente: Merino (2004)

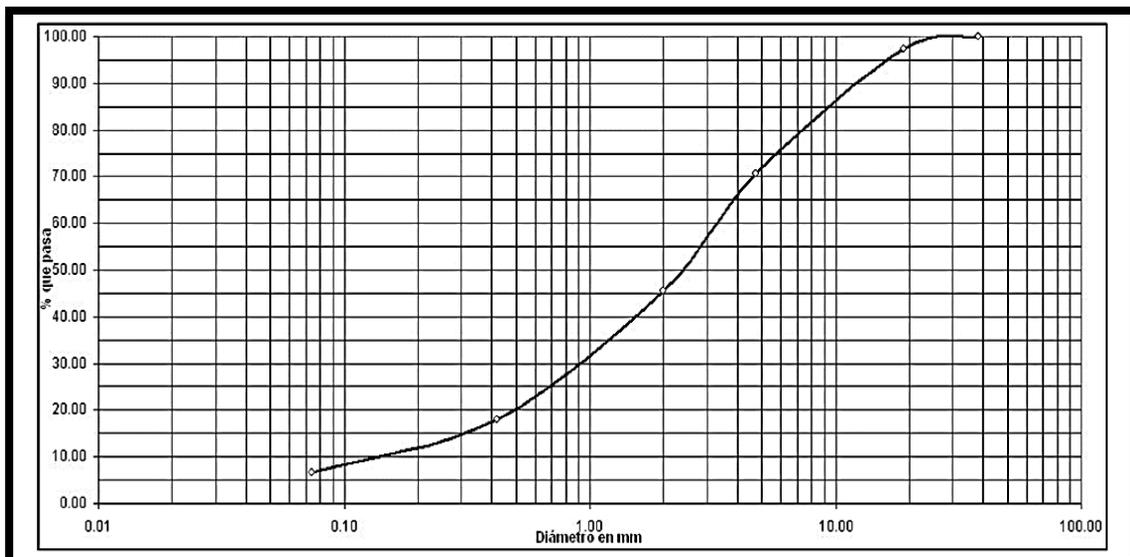


Figura 3. Curva de distribución granulométrica por tamizado
Fuente: Cordero (2018)

4.7.1.2. Análisis mediante hidrómetro.

Consiste en determinar el porcentaje de partículas que se hallan dispersadas en un líquido en función de su tamaño a partir de un tiempo prolongado. Este método fue propuesto por Goldschmidt en Noruega de 1926 y por Bouyoucos en Estados Unidos en 1927 (González, 2020).

El procedimiento para graficar la curva granulométrica se basa principalmente en medir el peso específico relativo que resulta de la suspensión de partículas del suelo a igual profundidad y en diferentes tiempos (Cordero, 2018). Las estimaciones de velocidad de

partículas de sedimentación del suelo, están generalmente basadas en la ley de Stokes, la cual se representa mediante la fórmula entre el cociente de la densidad de las partículas del suelo (P_s) menos la densidad del agua (P_w) y 18 por el número de viscosidad del agua (n), todo esto multiplicado por el diámetro de las partículas elevado al cuadrado (D^2).

$$v = \frac{P_s - P_w}{18 n} D^2$$

4.7.2. Límites de Atterberg

Conocidos también como límites de consistencia de suelos cohesivos, que dependen primordialmente del contenido de agua y del tipo o proporción de la arcilla que contenga, para determinar el comportamiento mecánico e hidráulico de estos materiales (Betancourt, 2017). (Figura 4).

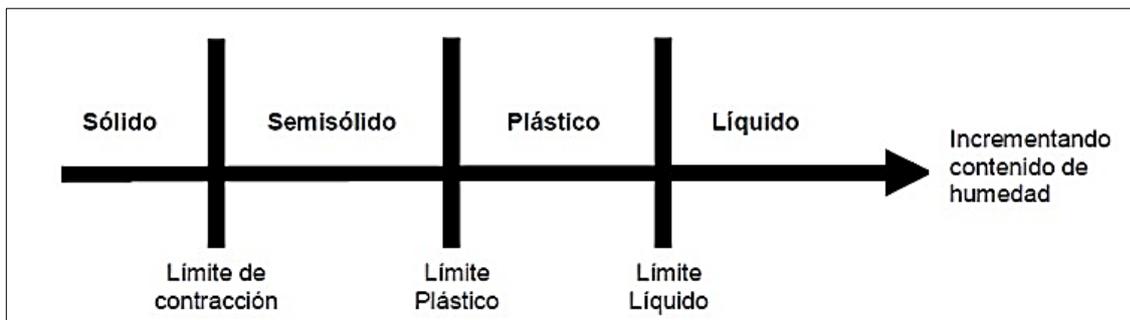


Figura 4. Límites de Atterberg
Fuente: Valles & Becerrit (2004)

Cordero (2018), describe a estos límites como ensayos de laboratorio debidamente normalizados, los cuales permiten obtener límites en los rangos de humedad del suelo, donde permanecerán constantes dentro de cada uno de sus estados de consistencia ya sea, sólida, semisólida, plástica, semiplástica y líquida.

4.7.2.1. Contenido de Humedad.

Se puede definir que el contenido de humedad (ω) es el peso del agua libre más la absorbida ($W\omega$) sobre el peso de los sólidos o suelo seco (W_s), es decir, peso suelo húmedo menos peso suelo seco en un volumen dado de suelo, expresado en porcentaje. Es decir:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

4.7.2.2. Límite Líquido (LL).

Es considerado como el porcentaje del contenido de humedad que guarda relación con el peso de la materia seca mediante el cual, se produce un cambio de estado plástico a estado semilíquido, por medio de la denominada copa de Casagrande, donde el estado plástico presenta

una resistencia al esfuerzo cortante demasiadamente pequeña y que según Casagrande es de 25 g/cm² (Valles y Becerrit, 2004).

4.7.2.3. Límite plástico (LP).

Utiliza el mismo mecanismo del límite líquido en cuanto al porcentaje del contenido de humedad, con la diferencia de que la masa pasa de estado semisólido al estado plástico, al contrario del límite anterior (González, 2020).

4.7.2.4. Límite de contracción (Lc).

Canales (2008), considera que el siguiente límite se encuentra como frontera convencional entre el estado sólido y el estado semisólido, es decir, tendría una muestra de suelo seca, si todos sus vacíos estuviesen llenos de agua.

4.7.2.5. Índice de plasticidad (IP).

Según Betancourt (2017), es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, los cuales dependen de la cantidad y tipo de arcilla presente en una muestra de suelo, representando un rango de humedad establecido al momento de estar en un estado totalmente plástico (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de los suelos según su índice plástico.

IP	Clasificación
0	No plástico (suelos exentos de arcilla)
1-5	Ligeramente plástico
5-10	Baja plasticidad
10-20	Medianamente plasticidad
20-40	Alta plasticidad
>40	Muy alta plasticidad

Fuente: Betancourt (2017)

4.7.3. Compactación

Es considerada como el afianzamiento del suelo a través de una extracción de aire, lo cual requiere de energía mecánica, ya que su grado de compactación se mide mediante términos de su peso específico seco (Crespo, 2004).

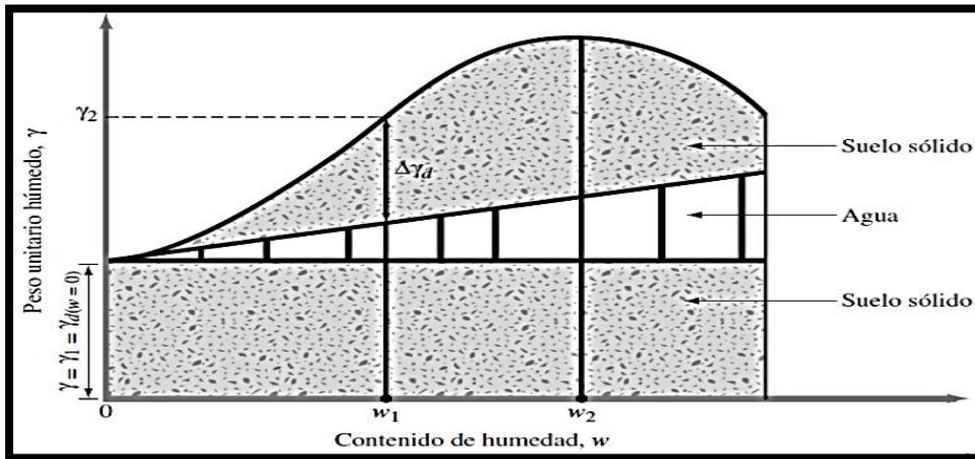


Figura 5. Principios de compactación.
Fuente: Barragán (2001)

Según González (2020), manifiesta que a la compactación se la entiende como el proceso en el que un peso volumétrico de un material granular aumenta de manera extraordinaria, generando algunos beneficios, tales como, mejorar la estabilidad de cimentaciones y pavimentos, en la cual se reducen los asentamientos y así mismo la permeabilidad de un suelo. (Figura 5).

De esta manera, para obtener el peso unitario seco máximo de compactación y el contenido óptimo de humedad en el laboratorio, se maneja el ensayo de Proctor de compactación, aunque también se utilizan las pruebas Proctor estándar y la modificada, dando el resultado final la diferencia entre el peso del martillo y la altura de caída del mismo (Barragán, 2001).

4.7.3.1. Prueba de Proctor estándar.

En la prueba Proctor, el suelo se compacta en un molde que tiene un volumen de 943,30 cm³. El diámetro del molde es 101,60 mm. Durante la prueba de laboratorio el molde se une a una placa de base en la parte inferior y a una extensión en la parte superior. El suelo se mezcla con cantidades variables de agua y luego es compactado en tres capas iguales por un martillo que entrega 25 golpes a cada capa. El martillo pesa 24,4 N, (Figura 6).

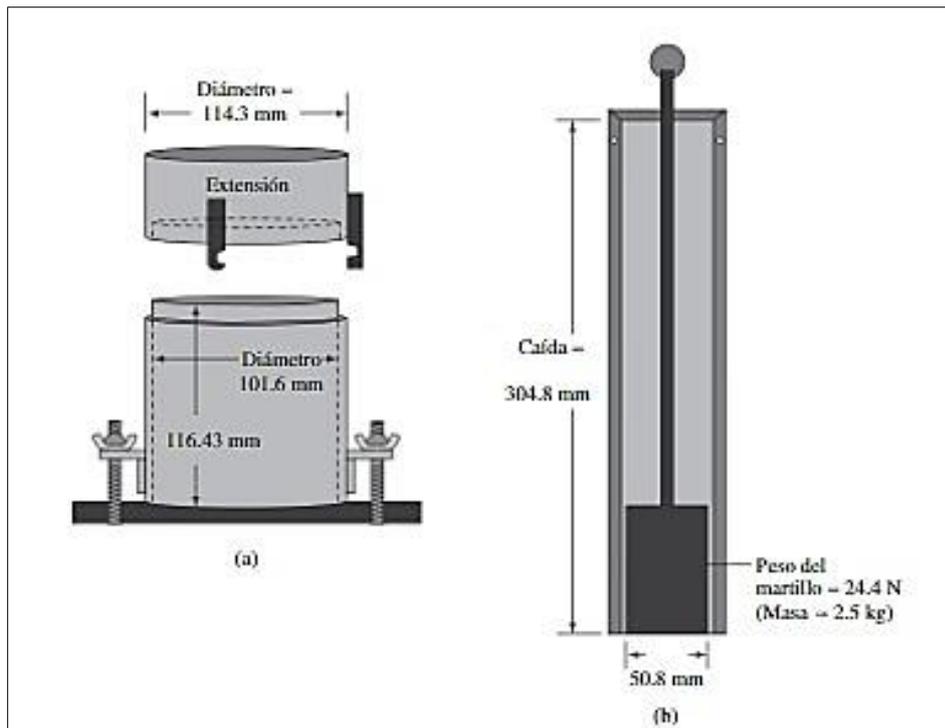


Figura 6. Instrumentos para la prueba próctor estándar.
Fuente: (Braja, 2004)

4.7.3.2. Prueba del Proctor Modificado.

Con el desarrollo de rodillos pesados y su uso en la compactación en campo, la prueba Próctor estándar fue modificada para representar mejor las condiciones de campo. Esto se refiere a veces como la prueba Proctor modificada (Norma ASTM D-1557). Para la realización de la prueba Proctor modificada se utiliza el mismo molde, con un volumen de $943,3 \text{ cm}^3$, como en el caso de la prueba Próctor estándar. Sin embargo, el suelo es compactado en cinco capas por un martillo que pesa $44,5 \text{ N}$ (masa: $4,536 \text{ kg}$) y tiene una caída de $457,2 \text{ mm}$. El número de golpes de martillo para cada capa se mantiene en 25, como en el caso de la prueba Proctor estándar. La energía de compactación por unidad de volumen de suelo en la prueba modificada puede ser calculada mediante:

$$E = \frac{(25 \text{ golpes/capa})(5 \text{ capas})(44.5 \times 10^{-3} \text{ kN})(0.4572 \text{ m})}{943.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 2696 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}^3$$

4.7.4. Clasificación de los suelos

Para Canales (2008), la existencia de los sistemas de clasificación de suelos se debe al hecho de que tanto el Ingeniero Civil como el Geólogo y el Agrónomo analizan el suelo desde diferentes puntos de vista, es por esta razón que cualquier clasificación que quiera abarcar las necesidades correspondientes, debe estar basada en las propiedades mecánicas de los suelos ya que, estas son fundamentales en las variadas aplicaciones de la ingeniería.

La clasificación de suelos se basa en ubicar un tipo de suelo en un grupo que presente las características semejantes de propiedades y comportamientos, para ello se han determinado dos sistemas principales de clasificación de suelos actualmente en uso, el sistema American Association of State Highway and Transportation Officials -AASHTO y el Unified Soil Classification System –SUCS (Betancourt, 2017).

4.7.4.1. Sistema de clasificación de los suelos AASHTO.

Principalmente se la toma en cuenta al clasificar suelos que tienen relación con su adaptabilidad para ser utilizados en la construcción de pavimentos para carreteras y caminos, es decir se la utiliza para dar una clasificación a las capas de carreteras, mas no para construir cimientos (Valles y Becerrit, 2004).

Este sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en siete grupos principales: desde A-1 hasta A-7, basado en el tamaño del grano y en la plasticidad, en lo que concierne al límite líquido e índice de plasticidad.

Dentro de la clasificación de las arcillas, Barragán (2001), considera que el sistema AASHTO, hace su clasificación entre siete grupos, donde el material limo arcilloso, es un material calificado entre regular a malo, este pasa más del 35% del tamiz N°200 y se comprende como suelos limosos en los grupos A-4 y A-5, y los suelos arcillosos están descritos en los grupos A-6, A-7, A7-5 y A-7-6. (Figura 7).

CLASIFICACIÓN AASHTO												
DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limoarcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
GRUPO	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	< 50										
	#40	< 30	< 50	> 51								
	#200	< 15	< 25	< 10	< 35	< 35	< 35	< 35	> 36	> 36	> 36	> 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido		NP	< 40	> 41	< 40	> 41	< 40	> 41	< 40	> 41	> 41 (IP<LL-30)	> 41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad	< 6		< 10	< 10	> 11	> 11	< 10	< 10	> 11	> 11	> 11	> 11
INDICE DE GRUPO	0	0	0	< 4	< 8	< 12	< 20	< 20				
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena	Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

Figura 7. Clasificación de suelos (AASHTO).
Fuente: (Crespo, 2004)

4.7.4.2. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Crespo (2004), manifiesta que fue desarrollado por Arthur Casagrande en 1942, como una modificación y adaptación a la construcción de aeropuertos. Está basada principalmente en las propiedades de plasticidad y en la distribución del tamaño de grano.

En lo que respecta a la arcilla, este sistema de clasificación la detalla como el suelo que pasa por el tamiz N°200 de 0,075 mm de diámetro, siendo un determinado suelo con propiedades plásticas dentro de cierto intervalo en humedad, al secarse al aire, genera una considerable resistencia, donde se encuentran los suelos orgánicos (Canales, 2008).

DIVISIÓN MAYOR			SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 Ⓞ	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla №. 4	GRAVAS LIMPAS Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	DETERMINE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (medida que pasa por la malla №. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO: MENOS DEL 5% GW/GP SW/SP; más del 12% GM/GC SM/SC; Entre 5% y 12%: Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles **	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$		
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.		
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	Gm	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O LP. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con LP. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
			Gu					
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON LP. MAYOR QUE 7.				
		ARENAS LIMPAS Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.		$C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.		
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.			NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA SW	
		ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SM	Su		Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O LP. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con LP. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
						SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 Ⓞ	LIMOS Y ARCILLAS	Límite Líquido menor de 50		ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduado, P – Mal Graduado, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad
CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.							
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.							
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH				Limos inorgánicos, limos micáceos o diastrómicos, más elásticos.			
	CH				Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
	OH				Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P				Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			
CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)								

Figura 8. Clasificación de suelos (SUCS).

Fuente: (Crespo, 2004)

4.7.4.3. Sistema de clasificación por textura de (USDA).

El método de Bouyoucos es un proceso en el cual la densidad de la suspensión es medida por un hidrómetro a diferentes tiempos de acuerdo con la velocidad de caída de las partículas la que está en relación a su diámetro. Por otro lado, el método consiste en la determinación de los porcentajes de arena, limo y arcillas, considerado como una técnica rápida y de fácil lectura, ya que, no presenta pretratamientos en la muestra de suelo (Valles y Becerrit, 2004).

El diagrama textural de la USDA es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla, los cuales se encuentran señalados sobre los tres ejes o catetos del triángulo. La distribución del tamaño de una partícula fina del suelo está representada por un solo punto dentro del diagrama, cada punto ocupa una de las 12 clases texturales. (Figura 9).

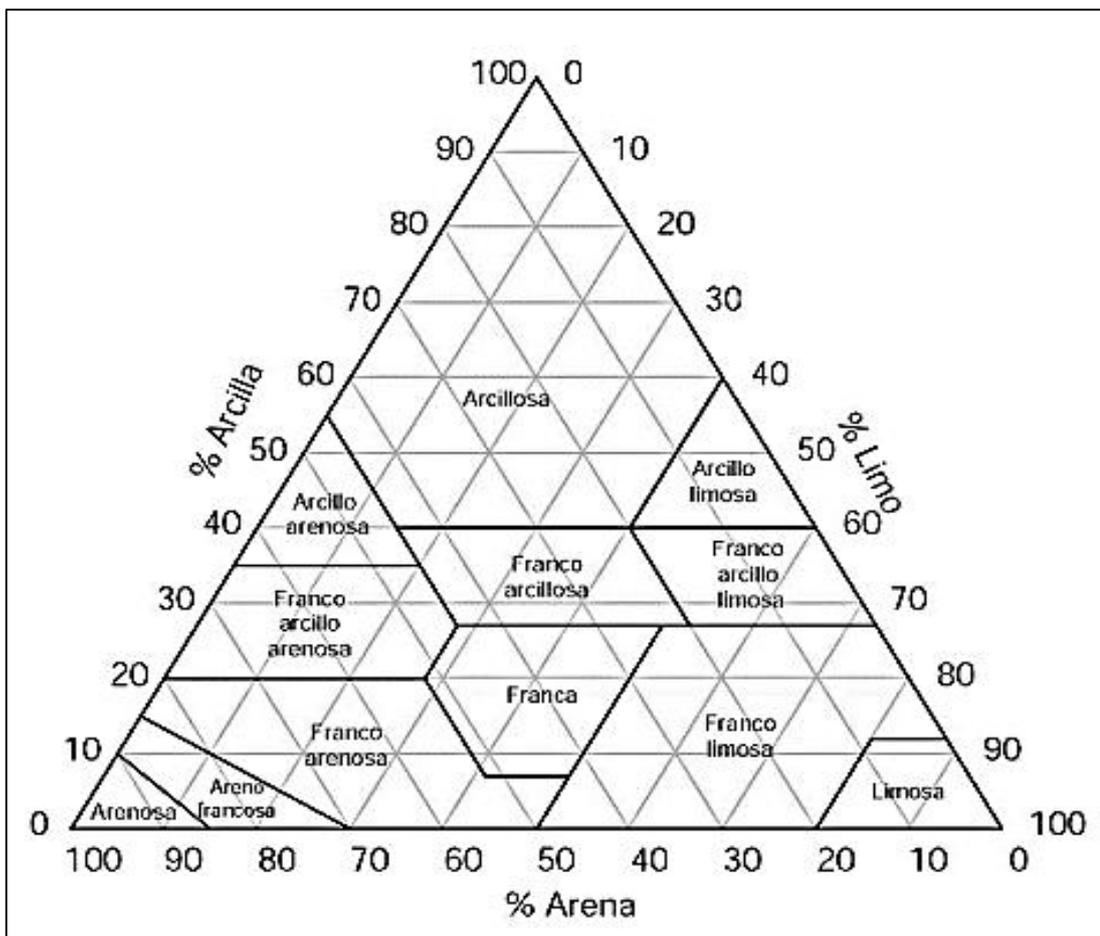


Figura 9. Diagrama textural de la USDA.
Fuente: (Valles y Becerrit, 2004)

Tabla 5 . Rango de variación de los contenidos de material en las diferentes clases texturales de suelos.

Nombres vulgares de los suelos (textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	0-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Fuente: (Valles y Becerrit, 2004)

4.8. Utilidades de las arcillas en las construcciones rurales

4.8.1. Construcciones rurales

Se refiere básicamente a las edificaciones que se construyen en el ámbito rural. Se caracteriza por utilizar los recursos locales como materiales de construcción de manera que sean favorables a su entorno y correspondan de acuerdo a las necesidades directas dentro de sus actividades agrícolas (Hernández, 2016).

La mayor utilidad de las construcciones rurales es para el beneficio del sector agropecuario, ya que, con su implementación tendrían acceso a nuevas condiciones de vida y por ende a incrementar su economía, mejorando las vías de comunicación, las infraestructuras para almacenamiento de productos, almacenamiento de agua a través de reservorios, establos para el manejo de ganado entre otros.

4.8.2. Arcillas como material impermeabilizante en reservorios

Se ha comprobado que en especial la bentonita, que está dentro del grupo de las montmorillonitas, es una de las mejores arcillas para ser utilizadas como material impermeabilizante, debido a que presenta una elevada plasticidad, lo cual permite la estanqueidad del agua y la obstrucción de infiltraciones (Venegas y Cruz, 2007).

Además, estas arcillas se las ha utilizado para taponar grietas de reservorios y para revestimientos de estos, siendo métodos tradicionales utilizados desde tiempos remotos en diferentes países, considerando la sustentabilidad económica, social y ambiental como alternativa tecnológica (Reyes, 1996).

4.8.3. Arcillas como materia prima para la elaboración de mamposterías y tejados

La arcilla es uno de los principales componentes para la elaboración de diferentes materiales como tejas, ladrillos, bloques, adobes, tapial y bahareque que son utilizados en la construcción, ya sea de viviendas rurales, establos, galpones, entre otros.

4.8.4. Arcillas en la fabricación de tejas

Las tejas fabricadas con material arcilloso presentan diferentes modelos y tamaños, además, son de mucha ayuda en las construcciones, ya que ayudan a impermeabilizar las cubiertas de manera que propicia el cuidado contra los rayos del sol, dándole también un estilo colonial a la vivienda logrando tener una gran acogida en la sociedad por su toque de elegancia en cada construcción (Núñez, 2019).

4.8.5. Arcillas en la fabricación de adobes

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos que ha existido y que todavía está en uso por ser un material de bajo costo y de fácil accesibilidad ya que es elaborado por comunidades locales. Su técnica constructiva tradicional es simple y no requiere consumo adicional de energía. Generalmente son producidos a mano, rellenándolos en moldes y secándolos al aire libre. Principalmente para su producción debe tener entre un 15 y 30 % de arcilla para cohesionar el material, mientras el resto puede ser arena o áridos gruesos (Mamani, 2015).

4.8.6. Arcillas en la fabricación de ladrillos

Para la fabricación de este tipo de material el principal elemento es la arcilla, ya que actúa como materia prima en la creación de los ladrillos. Estos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, los cuales pueden ser usados en toda clase de construcción por presentar una forma regular y un manejo fácil. Además, son elaborados de forma manual e industrial, considerándose así de varios tipos y tamaños de acuerdo a sus características y componentes (Díaz, 2014).

5. Metodología

5.1. Ubicación de la investigación

5.1.1. Descripción de la zona de investigación

La presente investigación se realizó en la parroquia Chuquiribamba, provincia y cantón de Loja, que de acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2014), se encuentra ubicado a 41 km de la cabecera cantonal hacia el noroeste. Dispone de acceso vial desde Loja, por la ruta 35 dirección Loja – Catamayo tomando un desvío al Norte en el km 11. Políticamente limita al Norte con las Parroquias Gualel y Parroquia Santiago; al Sur con las Parroquias Chantaco y el Cantón Catamayo; al Este con la Parroquia Santiago y Parroquia Chantaco y; al Oeste con la Parroquia Gualel y Parroquia El Cisne. Tiene una superficie de 71,98 km² (Figura 10).

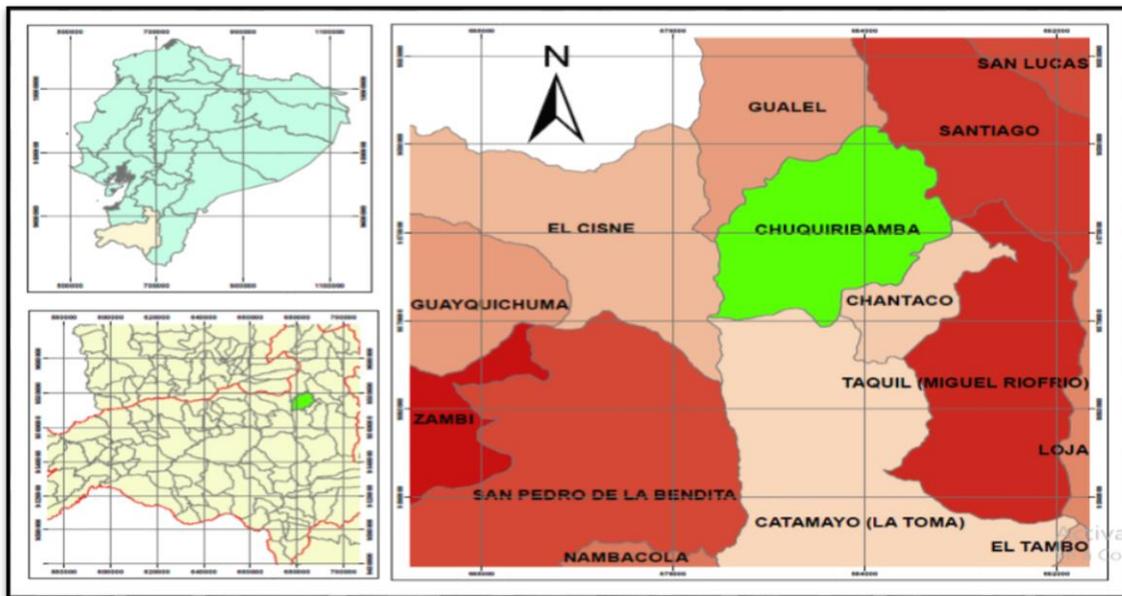


Figura 10 . Ubicación geográfica de la parroquia Chuquiribamba.

5.1.2. Universo de la investigación

Dentro del universo de la investigación, se establece los lugares representativos donde encontrar este tipo de material arcilloso, para los cuales se ha seleccionado cuatro sectores específicos de acuerdo a los requerimientos de la presente investigación. A través de una visita de campo se pudo efectuar el reconocimiento del lugar realizando una prueba textural de campo, la cual consiste en la determinación de la textura a través del tacto. Así mismo, estos lugares son de fácil acceso para los habitantes de la parroquia y se localizan dentro del sistema de riego Aguarongo. Se presenta los lugares que fueron seleccionados para el presente estudio con sus respectivas coordenadas (Tabla 6).

Tabla 6. Coordenadas UTM de los sectores determinados.

Lugar	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)	Altitud (m s.n.m)
Payama	9 576 979	684 344	2920
San Antonio Alto	9 575 620	683 256	2920
San Antonio Bajo	9 575 589	683 354	2920
Sapul	9 575 907	684 502	2920

5.2. Métodos de investigación

El estudio conlleva al uso de métodos descriptivos, analíticos y experimentales, los cuales se aplicarán durante el proceso de investigación para alcanzar el resultado.

El método descriptivo, es uno de los métodos donde los datos obtenidos se presentan en términos cualitativos y cuantitativos. Se utilizan en investigaciones con el objetivo de evaluar algunas características de una situación en particular o describir el comportamiento de una serie de variables (Díaz, 2015). Basado en la teoría que se crea mediante la recopilación, análisis y presentación de los datos a través de las herramientas estadísticas para presentar la información en forma de cuadros y gráficos.

Por otro lado, el método analítico permite conocer el objeto de estudio, permitiendo analizar, organizar, procesar, interpretar y sintetizar la información obtenida tanto de la revisión bibliográfica como la de campo y laboratorio. La misma que será representada en tablas o gráficas para su posterior formulación de resultados, discusiones y conclusiones.

De igual manera, el método experimental es aplicado esencialmente en las investigaciones que requieren el uso de laboratorio, así también en algunas de control de variables, ya que, es un método de comprobación y examen de resultados que da la oportunidad de verificar y comprender mejor los principios científicos en que se basan las técnicas de recopilación (Barragán, 2001).

5.3. Materiales y metodología

5.3.1. Materiales

Se describen cada uno de los materiales y equipos que son utilizados tanto en campo (recolección de muestras), como en laboratorio (ensayos físico-mecánicos), para la determinación de los diferentes parámetros de caracterización de arcillas.

Materiales de campo

- Sacos de yute de 45 kg
- Pala marca bellota
- Barreta agrícola marca bellota
- Pico agrícola marca bellota

- GPS Garmin Etrex 32x
- Muselina (nylon)
- Fundas plásticas marca ecuaplast con amarras plásticas marca Dexxon
- Espátula de acero inoxidable con mango de madera marca JP Selecta
- Flexómetro de 5m marca Stanley

Materiales de oficina

- Computadora marca Dell CORE I3
- Material bibliográfico
- Cámara fotográfica marca Sony
- Esferográfico marca Bic
- Marcador permanente marca Bic
- Cinta aislante transparente

Materiales y equipos de laboratorio

- Muestras de suelos
- Recipientes metálicos de acero inoxidable para determinación de humedad
- Estufa metálica de secado para uso general con temperatura máxima de 200°C
- Balanza de precisión marca SumiMet
- Cuchillo de acero inoxidable y mango de madera marca JP Selecta
- Plato de porcelana marca Fisherbrand con capacidad de 120 ml
- Copa de Casagrande marca Pinzuar con base de caucho y cuchara en bronce de 185 g
- Ranurador de plástico
- Superficie de rodadura (placa de vidrio esmerilado)
- Juego de tamices metálicos para agregado fino y grueso marca Forney-Usa
- Vibrotamiz marca Tyler
- Dispositivo de agitación de un eje para dispersión de suelos marca Gilson
- Hidrómetro 152 H marca Gilson
- Probeta de vidrio de 100 ml
- Termómetro de alcohol marca EISCO con capacidad -10°C a 110°C
- Varilla agitadora redonda de vidrio marca Juler
- Cronómetro digital electrónico multifuncional impermeable marca Elicrom
- Agente dispersante (hexametáfosfato de sodio industrial)
- Mercurio líquido

- Conjunto de equipo para prueba de límite de contracción
- Agua destilada
- Equipo de compactación próctor (modificado y estándar) marca Riceli

5.3.2. Metodología para el primer objetivo

Caracterizar física y mecánicamente las arcillas en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego Aguarongo, perteneciente a la parroquia Chuquiribamba.

5.3.2.1. Mapeo y muestreo.

Consistió en realizar una identificación geológica de cuatro lugares específicos in situ donde se presenció material de este tipo. Seguidamente, se procedió a tomar la ubicación geográfica de los puntos establecidos con ayuda de un GPS, Datum WGS 84. Luego de ello, se prosiguió a la excavación de cuatro calicatas de dimensiones 2,0 m de profundidad; 1,5 m de largo y 0,80 m de ancho (Anexo 1).

Una vez realizadas las calicatas, se procedió a identificar los perfiles del suelo para conocer su estratigrafía. Seguidamente, se prosiguió a la toma de muestras, recogiendo dos muestras representativas de cada calicata, a una profundidad de 1,10 m y 2,0 m respectivamente, por lo que presentaban diferentes sustratos, dándonos un total de ocho muestras en cantidades de 45 kg, para realizar los ensayos pertinentes (Anexo 1).

Para la caracterización físico-mecánica de las arcillas, fue necesario realizar varios ensayos de laboratorio, los cuales se rigen en las siguientes normas:

- **Determinación del contenido de humedad. Norma ASTM D 2216/NTE INEN 690 (1982).**

El presente ensayo sirve para determinar el contenido de agua presente en los suelos mediante el método del secado al horno. Para la realización de éste ensayo, primeramente, colocamos en un recipiente totalmente limpio y seco una cantidad de muestra de 100 g de suelo húmedo, como en este caso se realizaron cinco repeticiones por cada muestra, tendremos que pesar 500 g de suelo en sus respectivas cápsulas. Una vez registrado su masa, se introduce tanto el conjunto recipiente + suelo húmedo al horno, para ser secado a una temperatura de 105 °C, en un periodo de 24 h. Luego de haber concluido el tiempo de secado se retira del horno y se prosigue a registrar su masa, tanto del recipiente como del suelo seco. (Anexo 2).

Procedimiento del ensayo según la norma NTE - INEN 690

- a) Determinar y registrar la masa del recipiente (m_1), cuidando que este seco y limpio.

- b) Colocar cuidadosamente en el recipiente la porción representativa del suelo a ensayarse, después de desmenuzar, determinar y registrar su masa (m_2).
- c) Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado, manteniendo una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$.
- d) Inmediatamente después de sacar del horno el recipiente con la muestra de suelo seco, determinara y registrar su masa m_3 .
- e) El contenido de agua del suelo se calcula como un porcentaje de su masa seca con la siguiente ecuación.

$$W (\%) = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$$

- **Determinación de la granulometría por medio del tamizado. Norma INEN 696**

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la granulometría de los áridos finos y gruesos, es decir, el porcentaje de suelo que pasan por la serie de tamices, 4.750mm (N° 4), 2.00 mm (N° 10), 0.850 mm (N° 20), 0.425 mm (N° 40), 0.250 mm (N° 60), 0.150 mm (N° 100) y 0.075 mm (N° 200).

El análisis de granulometría por tamizado se ejecutó mediante las normas AASHTO T88-00/ASTM D 422/NTE INEN 696, que define la metodología para el aplicar los ensayos en virtud de determinar la degradación de materiales mediante tamizado.

En este sentido, se necesita una masa representativa seca del suelo, previo al lavado de la misma y aplicado un tamiz N° 200 para la eliminación de todo el material fino. Luego, se procede a secar en el horno con una temperatura de 105°C por 24 h, donde el material ya seco que fue retenido, se coloca en el tamiz superior, de la serie de tamices utilizados (serie fina) y ordenados en forma decreciente según el tamaño de su abertura y se agita por medio de un aparato mecánico (Vibro tamiz) durante 15 minutos o manualmente durante un periodo de tiempo suficiente. Finalmente se registra la masa que ha sido retenida en cada tamiz, con estos datos se elabora la curva granulométrica en una hoja semilogarítmica. (Anexo 2).

- **Determinación de la granulometría por medio del hidrómetro. Norma AASHTO T88-00/ASTM D 422.**

El método del hidrómetro se usa para determinar el porcentaje de partículas de suelo dispersados, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo. Para ello se utiliza un hidrómetro, el cual debe ser calibrado para determinar su profundidad efectiva en términos de lecturas de hidrómetro. Así mismo, se utiliza el defloculante Hexametáfosfato de Sodio.

Procedimiento del ensayo según la norma AASHTO T88-00/ASTM D 422

- a) Se determina la corrección por floculante y punto cero, (Cd) y la corrección por menisco, (Cm).
- b) Se determina el peso específico de los sólidos (Gs).
- c) Se realiza la dispersión de la muestra de suelo.
- d) Si se realiza el ensayo con una muestra seca, séquese la muestra al horno, déjese enfriar y pésese con una aproximación de 0,1 g. Anote en el formato el valor obtenido.
- e) Colocar la muestra en una capsula de 250 ml, agréguese agua destilada o desmineralizada hasta que la muestra quede totalmente sumergida. Colocar el agente dispersante en este momento de 125 ml de solución de hexametáfosfato de sodio (40 g/l).
- f) Dejar la muestra en remojo por una noche (o un tiempo mínimo de 12 horas) hasta que los terrones de suelo se hayan desintegrado. Suelos altamente orgánicos requieren un tratamiento especial.
- g) Colocar la muestra con agua de la capsula a un vaso de dispersión, lavando cualquier residuo que quede en la cápsula con agua destilada o desmineralizada. Agregar agua al vaso de dispersión si es necesario, hasta que la superficie de ésta quede de 50 a 80 mm por debajo de la boca del vaso. Colocar el vaso de dispersión en el aparato agitador durante un minuto (Tabla 7).

Tabla 7. Tiempo de dispersión según el IP.

Índice de plasticidad del suelo (%)	Tiempo de dispersión (min)
< 5	5
6 - 20	10
> 20	15

Fuente: Almanza (2019)

- h) Colocar la muestra en el cilindro de sedimentación, adicionar agua destilada hasta la marca de 1000 ml. Antes de comenzar el ensayo, tomar el cilindro de sedimentación y taponándolo con la mano o con un tapón adecuado agitar la suspensión vigorosamente hacia arriba y hacia abajo durante varios segundos, con el objeto de remover los sedimentos del fondo y lograr una suspensión uniforme, continuar agitando hasta completar 60 segundos. Algunas veces es necesario aflojar los sedimentos del fondo del cilindro, mediante un agitador de vidrio.

- i) Anotar las dos primeras lecturas del hidrómetro al minuto, y a los dos minutos después de haber colocado el cilindro sobre la mesa. Estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco. Inmediatamente después de realizar la lectura de los dos minutos, extraer cuidadosamente el hidrómetro de la suspensión y colocar en un cilindro graduado con agua limpia. Si el hidrómetro se deja mucho tiempo en la suspensión, parte del material que se está asentando se puede adherir al bulbo, causando errores en las lecturas.
 - j) Las lecturas se tomarán con una precisión de 0,5 g/L o 0,0005 respectivamente. Se toma las siguientes lecturas a 5, 15, 30, 60, 250 y 1440 minutos.
 - k) Registrar la temperatura por medio del termómetro. Después de cada lectura del hidrómetro cuidadosamente retirar del suelo en suspensión y poner el mismo en agua limpia. Alrededor de 25 a 30 segundos antes de hacer la lectura retirar el agua y sumergirla lentamente en el suelo en suspensión.
 - l) Luego de la última lectura del hidrómetro lavar el material por el tamiz 0,075 mm (N° 200), secar el material retenido a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), el análisis granulométrico de la muestra seca se realizará utilizando los tamices 0,425 mm y 0,075 mm.
 - m) Si el peso de la muestra se va a determinar al final del ensayo, lavar cuidadosamente toda la suspensión transfiriéndola en recipiente de evaporación. Secar el material al horno, dejar enfriar y determinar el peso de la muestra. El peso seco de la muestra de suelo empleada se obtendrá restándole a este valor el peso del agente dispersante empleado.
- **Determinación del límite líquido. Norma ASTM D 4318/ NTE INEN 691.**

La determinación del Límite líquido según las normas ASTM D 4318/ NTE INEN 691, consiste en determinar el contenido de agua de un suelo valiéndose de un dispositivo mecánico (copa de Casagrande), donde una ranura de 12,75 mm se cierra mediante 25 golpes.

Inicialmente se tamiza el suelo por el tamiz N° 40, luego se pesa alrededor de 250 g y se procede a mezclar con agua destilada hasta lograr una pasta de suelo homogénea. Se coloca una porción de la pasta en la copa Casagrande extendiéndola, se nivela el suelo con la espátula, de tal manera que tenga profundidad de 10 mm.

Seguidamente con un acanalador, se realiza un canal en la muestra, evitando separar de la copa, cuidando que estén libres de suelo y agua la superficie inferior de la copa y la superficie de la base, para luego poder girar el manubrio a una velocidad de dos revoluciones por segundo, contando los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto en una longitud aproximada de 10 milímetro. Si el número de golpes para la primera

determinación se encuentra entre los 35 y 45 golpes se continúan con los ensayos normalmente. De lo contrario, añadir agua o secarlo al aire, se debe repetir este proceso hasta cumplir con la condición, luego se toma una porción de suelo para determinar el contenido de agua.

Estos procedimientos se deben realizar por lo menos tres a cuatro puntos, usando la misma muestra, con nuevos incrementos de agua destilada, en diferente número de golpes, que se encuentren entre los rangos de 25 a 35, 20 a 30, 15 a 25, así el rango en las tres repeticiones es por lo menos de 10 golpes. Los datos se les grafican en una hoja semi-logarítmica.

- **Determinación del límite plástico e índice de plasticidad. Norma ASTM D 4318/NTE INEN 692.**

El análisis del límite plástico y el índice de plasticidad, se ejecuta mediante las normas ASTM D 4318/NTE INEN 692. Esta norma determina como implementar los ensayos que determinan el contenido de agua, al momento de presionar y enrollar una pequeña porción de suelo plástico hasta obtener un diámetro de tres milímetros aproximadamente, en el cual el pequeño cilindro de desmorona y no hay como seguirlo presionando ni enrollando.

Se inicia tomando aproximadamente 15 g de la muestra preparada para el límite líquido, luego se mezcla con agua destilada y se la mezcla completamente en un recipiente, hasta obtener una pasta de suelo homogénea similar a una plastilina. De la pasta de suelo se toma pequeñas fracciones para moldear con los dedos, formando una bola, seguidamente se le amasa y se rota en una placa de vidrio (esmerilado) presionándola muy levemente para formar rollitos de tres milímetros de diámetro en 5 a 15 movimientos completos de la mano. Si el rollo de suelo se desintegra antes de alcanzar los tres milímetros de diámetro, añadir agua a toda la masa de suelo, en ningún momento el operador debe intentar producir la falla exactamente. Dos muestras más serán realizadas, de tal manera que se hagan tres determinaciones. Finalmente se toma las porciones de los rollos y se determina el contenido de agua.

El índice de plasticidad se determina mediante la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

- **Determinación del Límite de Contracción. Norma ASTM D 427.**

Para la determinación del presente ensayo, se necesitará aproximadamente una cantidad de muestra representativa de 30 g, esta deberá estar totalmente húmeda para introducirla en la vasija de aluminio en tres partes, causando unos ligeros golpes al momento de colocar para expulsar el aire incluido. Una vez llenada la vasija se procede a enrazar la parte posterior con ayuda de una espátula, para que el suelo este a un nivel adecuado con la parte posterior de la

vasija, luego se procede a tomar el peso de la muestra húmeda y se la deja secar a temperatura ambiente.

Para el proceso de obtención del volumen de la masa del suelo seco, llenaremos con mercurio líquido el recipiente de vidrio hasta rebosar y el exceso deberá removerse con ayuda de la placa de vidrio, considerándose como volumen de la masa del suelo húmedo. Luego se sumergirá la torta de suelo debidamente seca y se presionará firmemente sobre el recipiente, el mercurio que ha sido derramado se medirá en una probeta graduada y se anotará como su volumen de suelo seco.

- **Determinación de la compactación mediante Proctor estándar. Norma AASHTO T99-01/ASTM D 698.**

La finalidad del presente ensayo es determinar la relación entre la humedad y masa unitaria de los suelos compactados en un molde de tamaño dado, con un martillo de 5,5 lb que cae a una altura de 12 pulgadas.

Para la ejecución del mismo, la muestra se debe secar al aire libre o en un horno que no exceda los 60 °C, luego se toma una muestra representativa, aproximadamente 3 kg de suelo pasante del tamiz N° 4. Se mezcla la muestra con agua destilada para humedecerla con el 4 % del peso total de la muestra. El suelo humedecido se compacta en el molde en tres capas aproximadamente iguales. Compactar cada capa con 25 golpes del pisón distribuidos uniformemente, aplicar los golpes en una relación uniforme cerca de 25 golpes/minuto. Este proceso se realiza en un sitio uniforme y rígido. Luego de la compactación, se remueve el collarín para proceder a recortar cuidadosamente el suelo compactado que sobresalga en la parte superior del molde, usando una regla metálica. Posteriormente se pesa el molde con el suelo húmedo y se determina la masa unitaria húmeda (masa de suelo húmeda/volumen del molde) en g/cm^3 o kg/m^3 . Finalmente se saca la muestra compactada del molde para tomar una pequeña cantidad de muestra representativa de la cual se obtendrá el contenido de humedad. Luego se prepara nuevamente la muestra agregando suficiente agua para incrementar el contenido de humedad del suelo en 1 a 2 %, repetir este proceso de incremento de agua hasta que haya una disminución de la masa húmeda del suelo compactado.

- **Determinación de la compactación mediante Proctor modificado. Norma (Norma ASTM D-1557).**

La compactación mediante Proctor modificado, se ejecuta como lo establece la norma ASTM D-1557, la cual consiste en determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos compactados en un molde de cuatro o seis pulgadas con un martillo de 10 lb que cae a una altura de 18 pulgadas.

El procedimiento para el ensayo es el mismo que el Proctor estándar, con la diferencia que de suelos (SUCS), y el segundo hace mención al sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), con singularidades características.

5.3.3. Metodología para el segundo objetivo

Definir la clasificación de los suelos analizados, utilizando los sistemas SUCS y AASHTO.

5.3.3.1. Clasificación de los suelos mediante los sistemas SUCS y AASHTO.

Una vez obtenido los resultados de los ensayos anteriores, se procedió a la clasificación en ambos sistemas, los cuales permitieron definir de manera concreta las características generales que presenta un suelo, estos métodos utilizan dos parámetros fundamentales para la clasificación, tales como la granulometría y límites de Atterberg, los mismos que permiten determinar la distribución de tamaño de las partículas del suelo y los contenidos de humedad.

Según el sistema SUCS, los suelos se dividen en tres grupos principales, grano grueso, grano fino y suelos altamente orgánicos. Para determinar su clasificación se adopta el tamiz 200 y la carta de plasticidad de Casagrande, el cual considera que son suelos de granulado grueso aquellos que con menos del 50 % pasan a través del tamiz N° 200 y se simbolizan con los prefijos **G** o **S**. Para suelos de granulado fino con 50% o más que pase a través del tamiz N° 200 y se identifican con el símbolo **M** para limos orgánicos, **C** para arcillas inorgánicas y **O** para limos o arcillas inorgánicas.

En el sistema AASHTO, los suelos pueden clasificarse según ocho grupos A-1 a A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos de los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, mientras que los incluidos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino. El grupo A-8, por su parte corresponde a suelos con alto contenido de materia orgánica.

Existe un sistema de clasificación por textura del USDA, el cual permite definir la clase textural de los suelos de partículas gruesas y finas con ayuda del triángulo textural, mediante el porcentaje de material presente en cada suelo, que puede ser arena, limo y arcilla.

Para tener más claro el comportamiento del suelo en estudio, se determinó la actividad de los suelos arcillosos, mediante la división de los resultados obtenidos entre el índice de plasticidad y el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200, lo cual nos permitirá definir el mineral predominante en cada suelo estudiado ya sea caolinita, ilita o montmorillonita según su índice de actividad alto, medio o bajo.

6. Resultados

6.1. Caracterización físico-mecánica de las arcillas

El presente estudio de los suelos, se sustenta con ocho extracciones muestrales, cada una con cinco réplicas. En este sentido, se requiere describir la codificación empleada para el referido estudio, donde “M” designa la extracción muestral y “R” las repeticiones, tanto para la primera perforación (1a, 1b) como para la segunda perforación (2a, 2b) con denotación de (a) para una distancia de perforación de 1,10 m y, (b) para una distancia de perforación de 2,0 m. Por ende, se analizará una muestra representativa de cada suelo estudiado respectivamente.

6.1.1. Contenido de humedad

Al realizar el análisis del contenido de humedad en el suelo del sector Payama en sus dos extracciones a profundidades de 1,10 y 2,0 m, el contenido de agua presente está en promedios de 39,28 y 56,35 % respectivamente, para los suelos del sector conocido como San Antonio Alto, el contenido de agua presente corresponde a promedios de 33,87 y 39,67 %. Así mismo, en el sector identificado como San Antonio Bajo, los promedios de contenido de agua presentes se sitúan entre 34,54 y 39,42 %, para los suelos del sector identificado como Sapul, el contenido de agua presente corresponde a promedios de 41,66 y 69,74 %. A continuación, se encuentran resultados finales promediados de las cinco repeticiones por cada muestra de suelo en estudio (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados del contenido de humedad natural del suelo en estudio.

	U	M1a	M1b	M2a	M2b	M3a	M3b	M4a	M4b
Peso del recipiente	g	136,38	128,38	136,84	145,44	142,74	147,24	163,2	191,12
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	236,38	228,38	236,84	245,44	242,74	247,24	263,2	291,12
Peso del recipiente + muestra seca	g	208,18	192,34	211,54	217,04	217,14	218,98	233,82	251,62
Peso del agua	g	28,21	36,04	25,34	28,42	25,64	28,26	29,42	39,53
Peso del suelo seco	g	71,82	63,96	74,72	71,63	74,43	71,74	70,64	60,52
Contenido de Humedad	%	39,28	56,35	33,87	39,67	34,54	39,42	41,66	69,74

6.1.2. Granulometría por tamizado

Para la determinación del presente ensayo se seleccionó una muestra representativa por cada suelo en estudio, debido a que, en sus cinco réplicas se puede apreciar una tendencia similar en cuanto a sus resultados. Por ello, las clasificaciones granulométricas por medio del lavado y tamizado del suelo se presentan secuencialmente desde la tabla 9 a la tabla 16 con su respectiva gráfica de la curva granulométrica. De forma más detallada con sus cinco réplicas por cada extracción se pueden observar en el Anexo 3.

Tabla 9. Granulometría por método de tamizado de la muestra M 1a.

Tamiz INEN (ATSM)	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (g)	Corrección (g)	Porcentaje Retenido (%)	% que Pasa (%)
2 mm (N° 10)	2.000	3,70	3,70	0,37	99,63
850 μm (N° 20)	0.850	37,60	37,62	3,76	95,87
425 μm (N° 40)	0.425	140,20	140,26	14,03	81,84
250 μm (N° 60)	0.250	118,90	118,95	11,89	69,95
180 μm (N° 80)	0.180	54,90	54,92	5,49	64,46
150 μm (N° 100)	0.150	47,10	47,12	4,71	59,79
75 μm (N° 200)	0.075	75,90	75,93	7,59	52,15
Fondo		5,80	5,80	0,58	51,57
Pasa 75 μm		515,70	515,70	51,57	
Sumatoria		999,80	1000		

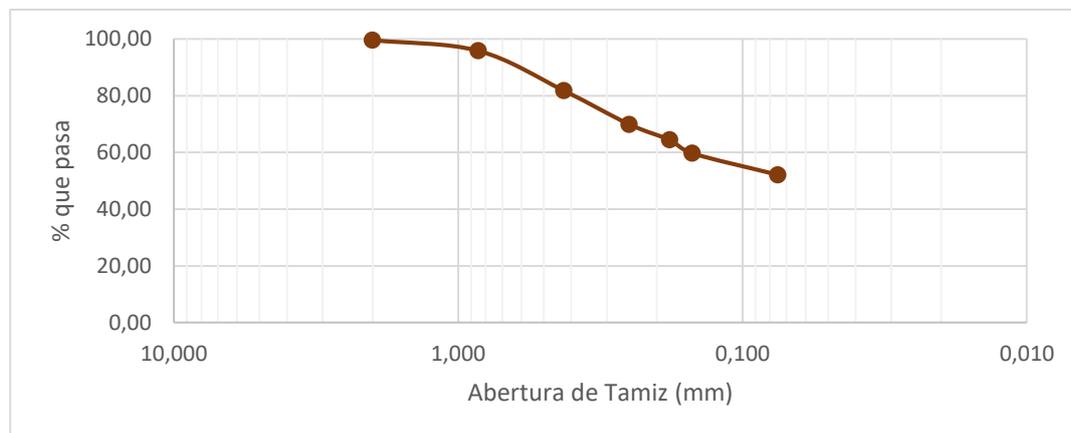


Figura 11. Curva granulométrica M-1a de extracciones a 1,10 m.

Tabla 10. Granulometría por método del tamizado de la muestra M 1b.

		Masa Retenida Parcial	Corrección	Porcentaje Retenido	% que Pasa
Tamiz INEN (ATSM)	Abertura (mm)	(g)	(g)	(%)	(%)
2 mm (N° 10)	2,000	15,90	15,91	1,59	98,41
850 μm (N° 20)	0,850	70,20	70,23	7,02	91,39
425 μm (N° 40)	0,425	134,60	134,66	13,47	77,92
250 μm (N° 60)	0,250	98,50	98,54	9,85	68,07
180 μm (N° 80)	0,180	43,50	43,52	4,35	63,71
150 μm (N° 100)	0,150	40,30	40,32	4,03	59,68
75 μm (N° 200)	0,075	72,00	72,03	7,20	52,48
Fondo		5,70	5,70	0,57	51,91
Pasa 75 μm		519,10	519,10	51,91	
Sumatoria		999,80	1000		

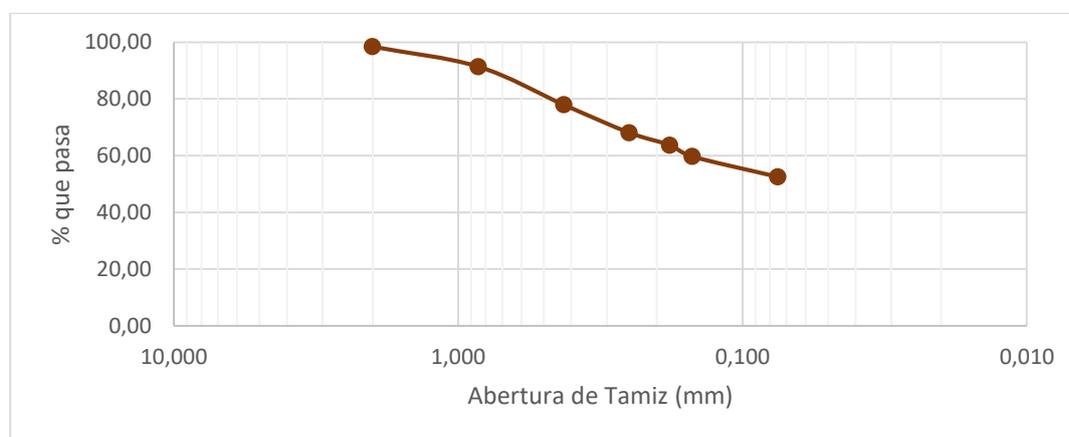


Figura 12. Curva granulométrica M-1b de extracciones a 2,00 m.

Tabla 11. Granulometría por método del tamizado de la muestra M 2a.

		Masa Retenida Parcial	Corrección	Porcentaje Retenido	% que Pasa
Tamiz INEN (ATSM)	Abertura (mm)	(g)	(g)	(%)	(%)
2 mm (N° 10)	2,000	38,00	38,18	3,82	96,18
850 μm (N° 20)	0,850	49,70	49,94	4,99	91,19
425 μm (N° 40)	0,425	42,50	42,70	4,27	86,92
250 μm (N° 60)	0,250	29,00	29,14	2,91	84,00
180 μm (N° 80)	0,180	16,50	16,58	1,66	82,35
150 μm (N° 100)	0,150	14,40	14,47	1,45	80,90
75 μm (N° 200)	0,075	37,30	37,48	3,75	77,15
Fondo		3,00	3,01	0,30	76,85
Pasa 75 μm		768,50	768,50	76,85	
Sumatoria		998,90	1000,00		

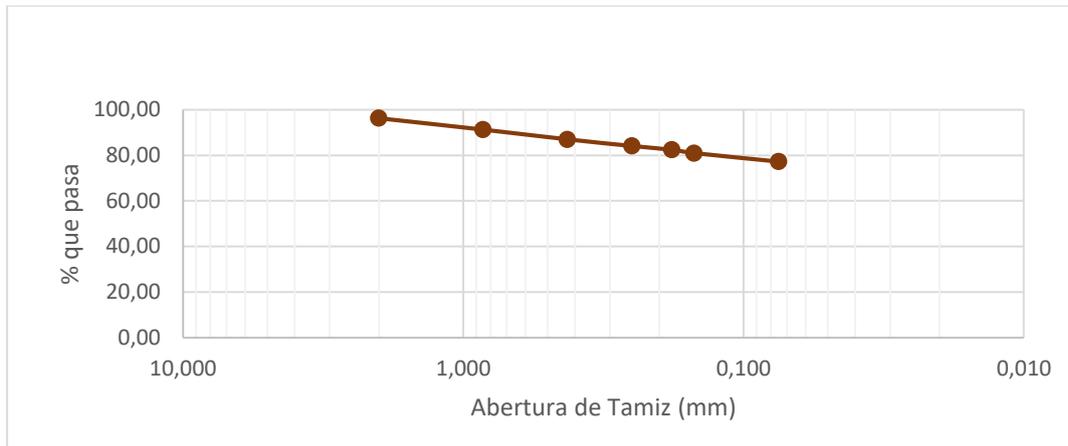


Figura 13. Curva granulométrica M-2a de extracciones a 1,10 m.

Tabla 12. Granulometría por método del tamizado de la muestra M2b.

Tamiz INEN (ATSM)	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (g)	Corrección (g)	Porcentaje Retenido (%)	% que Pasa (%)
2 mm (N° 10)	2,000	26,10	26,19	2,62	97,38
850 μm (N° 20)	0,850	90,60	90,93	9,09	88,29
425 μm (N° 40)	0,425	91,30	91,63	9,16	79,12
250 μm (N° 60)	0,250	58,70	58,91	5,89	73,23
180 μm (N° 80)	0,180	32,60	32,72	3,27	69,96
150 μm (N° 100)	0,150	28,20	28,30	2,83	67,13
75 μm (N° 200)	0,075	76,60	76,88	7,69	59,44
Fondo		10,30	10,34	1,03	58,41
Pasa 75 μm		584,10	584,10	58,41	
Sumatoria		998,50	1000,00		

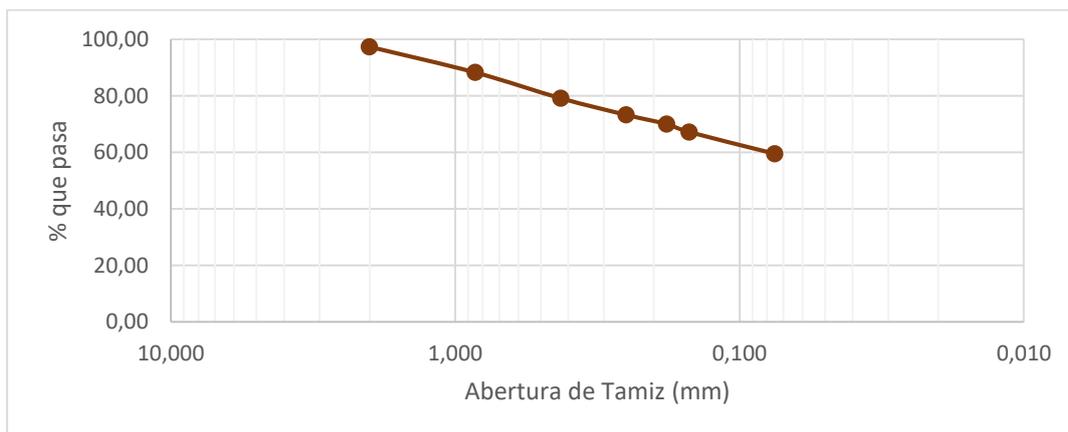


Figura 14. Curva granulométrica M-2b de extracciones a 2,00 m.

Tabla 13. Granulometría por método del tamizado de la muestra M 3a.

Tamiz INEN (ATSM)	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (g)	Corrección (g)	Porcentaje Retenido (%)	% que Pasa (%)
2 mm (N° 10)	2,000	15,90	15,95	1,59	98,41
850 μm (N° 20)	0,850	55,30	55,46	5,55	92,86
425 μm (N° 40)	0,425	59,70	59,87	5,99	86,87
250 μm (N° 60)	0,250	56,50	56,66	5,67	81,21
180 μm (N° 80)	0,180	27,50	27,58	2,76	78,45
150 μm (N° 100)	0,150	20,20	20,26	2,03	76,42
75 μm (N° 200)	0,075	41,80	41,92	4,19	72,23
Fondo		5,70	5,72	0,57	71,66
Pasa 75 μm		716,60	716,60	71,66	
Sumatoria		999,20	1000,00		

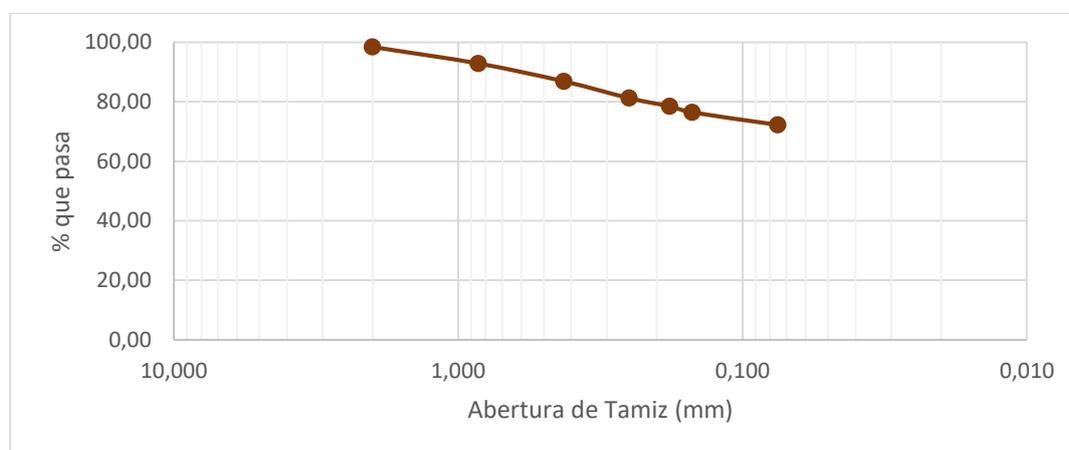


Figura 15. Curva granulométrica M-3a de extracciones a 1,10 m.

Tabla 14. Granulometría por método del tamizado de la muestra M 3b.

Tamiz INEN	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (g)	Corrección (g)	Porcentaje Retenido (%)	% que Pasa (%)
2 mm (N° 10)	2,000	41,00	41,07	4,11	95,89
850 μm (N° 20)	0,850	101,70	101,86	10,19	85,71
425 μm (N° 40)	0,425	95,90	96,05	9,61	76,10
250 μm (N° 60)	0,250	84,80	84,94	8,49	67,61
180 μm (N° 80)	0,180	47,10	47,18	4,72	62,89
150 μm (N° 100)	0,150	39,10	39,16	3,92	58,97
75 μm (N° 200)	0,075	80,20	80,33	8,03	50,94

Fondo	7,60	7,61	0,76	50,18
Pasa 75 μm	501,80	501,80	50,18	
Sumatoria	999,20	1000,00		

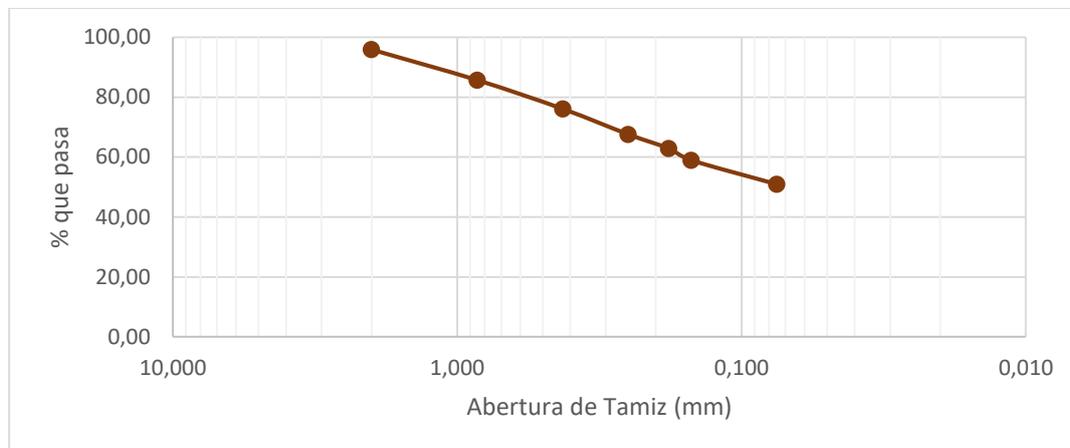


Figura 16. Curva granulométrica M-3b de extracciones a 2,00 m.

Tabla 15. Granulometría por método del tamizado de la muestra M 4a.

Tamiz INEN (ATSM)	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (g)	Corrección (g)	Porcentaje Retenido (%)	% que Pasa (%)
2 mm (N° 10)	2,000	12,10	12,13	1,21	98,79
850 μm (N° 20)	0,850	66,10	66,24	6,62	92,16
425 μm (N° 40)	0,425	86,00	86,19	8,62	83,54
250 μm (N° 60)	0,250	86,70	86,89	8,69	74,86
180 μm (N° 80)	0,180	48,70	48,81	4,88	69,97
150 μm (N° 100)	0,150	44,50	44,60	4,46	65,51
75 μm (N° 200)	0,075	99,10	99,32	9,93	55,58
Fondo		14,80	14,83	1,48	54,10
Pasa 75 μm		541,00	541,00	54,10	
Sumatoria		999,00	1000,00		

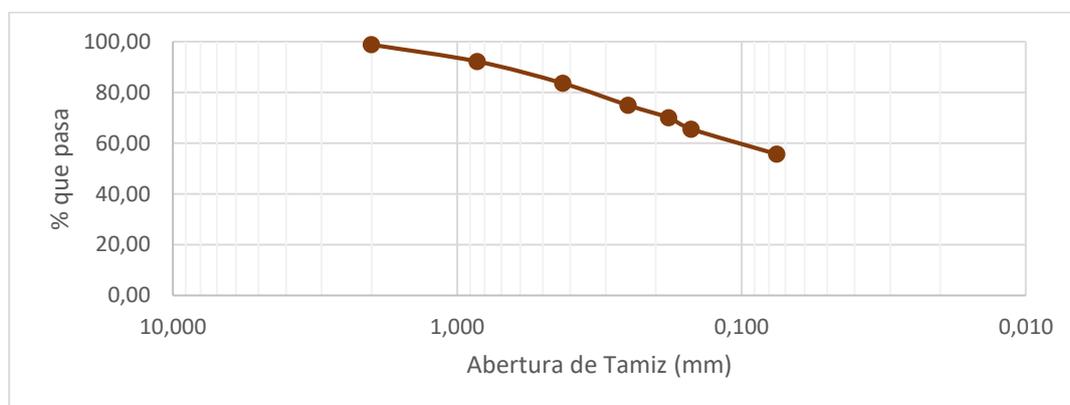


Figura 17. Curva granulométrica M-4a de extracciones a 1,10 m.

Tabla 16. Granulometría por método del tamizado de la muestra M 4.

Tamiz INEN (ATSM)	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (g)	Corrección (g)	Porcentaje Retenido (%)	% que Pasa (%)
2 mm (N° 10)	2,000	14,50	14,52	1,45	98,55
850 μm (N° 20)	0,850	74,60	74,72	7,47	91,08
425 μm (N° 40)	0,425	86,20	86,33	8,63	82,44
250 μm (N° 60)	0,250	75,60	75,72	7,57	74,87
180 μm (N° 80)	0,180	41,60	41,67	4,17	70,70
150 μm (N° 100)	0,150	37,20	37,26	3,73	66,98
75 μm (N° 200)	0,075	103,70	103,86	10,39	56,59
Fondo		13,80	13,82	1,38	55,21
Pasa 75 μm		552,10	552,10	55,21	
Sumatoria		999,30	1000,00		

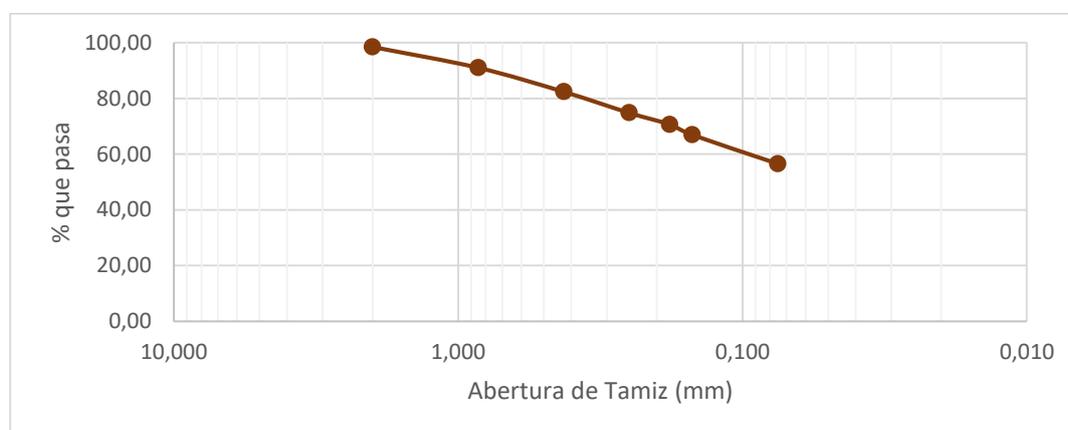


Figura 18. Curva granulométrica M-4b de extracciones a 2,00 m.

6.1.3. Granulometría por medio del hidrómetro

Para definir el porcentaje de material granular presente en cada suelo estudiado, se consideró una muestra representativa, debido a la similitud en los resultados en cuanto a sus repeticiones. Las clasificaciones granulométricas por medio del hidrómetro se presentan secuencialmente desde la tabla 17 a la tabla 24 con sus respectivas gráficas de las curvas granulométricas.

Por el método del hidrómetro con los porcentajes retenidos se obtuvo el tipo de partícula; y, a su vez, la cantidad de material presente en cada suelo estudiado, dado en porcentajes de limo y arcilla.

Tabla 17. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M1a.

Tiempo	Diámetro	% que Pasa	% Retenido	Tipo de partícula	% Material
(min)	(mm)	(%)	(%)		(%)
1	0,0393	97,60	2,40	Limo	
2	0,0288	89,80	7,80	Limo	
5	0,0191	77,80	12,00	Limo	48,00
15	0,0115	66,00	11,80	Limo	
30	0,0084	58,00	8,00	Limo	
60	0,0061	52,00	6,00	Limo	
240	0,0031	42,40	9,60	Arcilla	52,00
1440	0,0013	34,00	8,40	Arcilla	

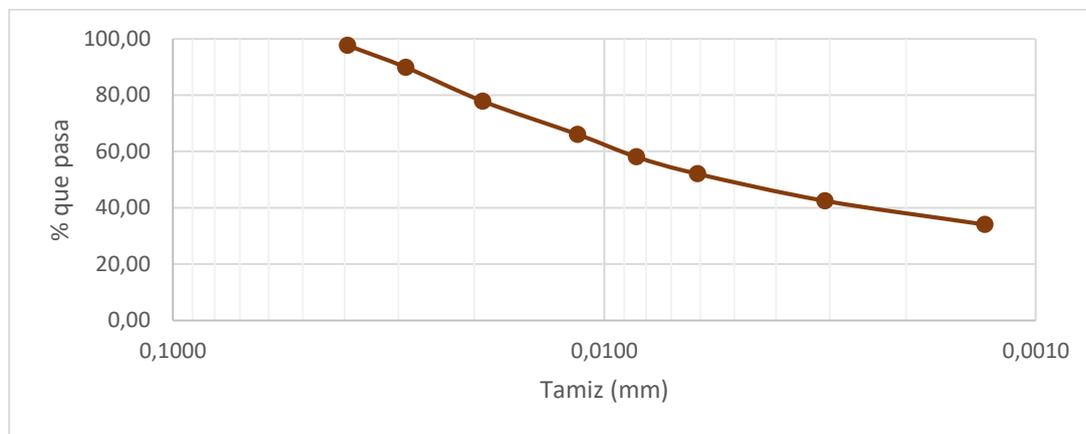


Figura 19. Curva granulométrica M-1a de extracciones a 1,10 m.

Tabla 18. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 1b.

Tiempo	Diámetro	% que Pasa	% Retenido	Tipo de partícula	% Material
(min)	(mm)	(%)	(%)		(%)
1	0,0386	99,80	0,20	Limo	
2	0,0285	91,80	8,00	Limo	
5	0,0190	79,80	12,00	Limo	48,00
15	0,0116	65,80	14,00	Limo	
30	0,0085	57,80	8,00	Limo	
60	0,0061	52,00	5,80	Limo	
240	0,0031	38,60	13,40	Arcilla	
1440	0,0013	29,50	9,10	Arcilla	52,00

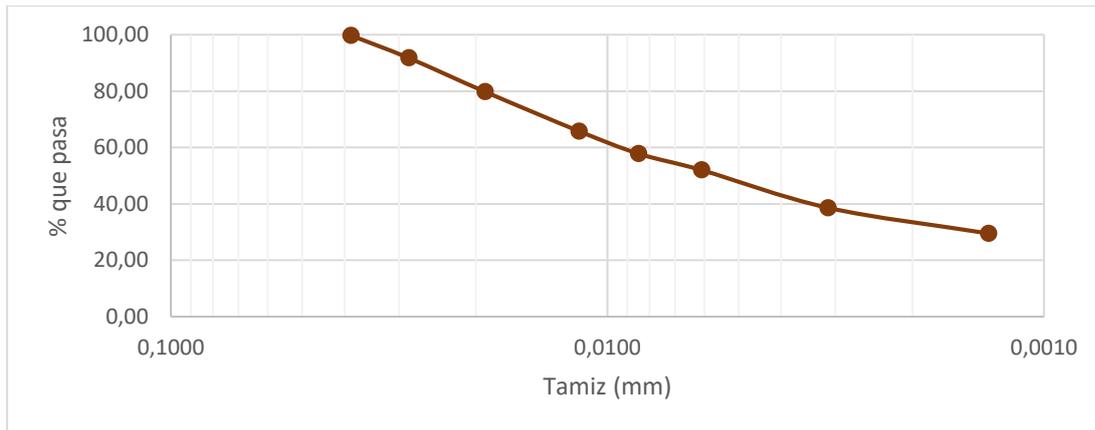


Figura 20. Curva granulométrica M-1b de extracciones a 2,00 m.

Tabla 19. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 2a.

Tiempo (min)	Diámetro (mm)	% que Pasa (%)	% Retenido (%)	Tipo de partícula	% Material (%)
1	0,0384	100,00	0,00	Limo	
2	0,0280	94,00	6,00	Limo	
5	0,0185	84,00	10,00	Limo	43,60
15	0,0112	72,20	11,80	Limo	
30	0,0082	64,20	8,00	Limo	
60	0,0059	56,40	7,80	Limo	
240	0,0031	46,40	10,00	Arcilla	
1440	0,0014	37,46	8,94	Arcilla	56,40

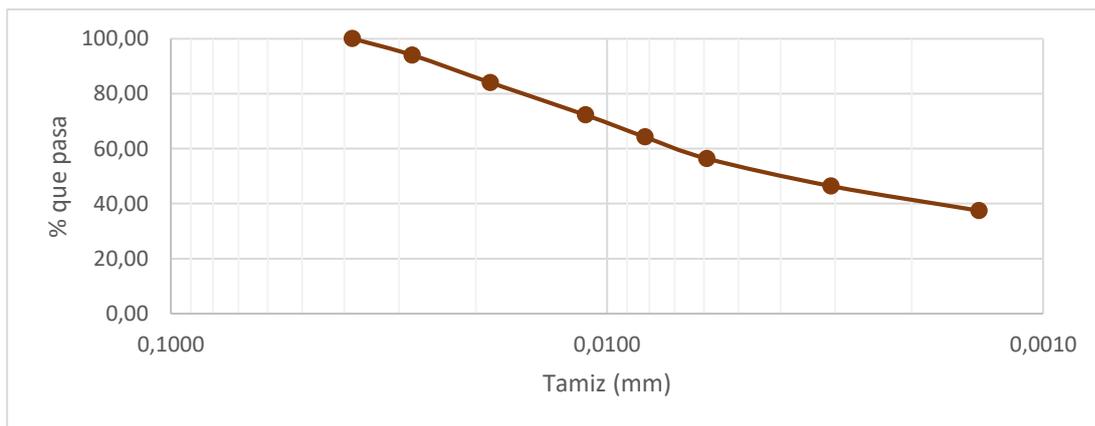


Figura 21. Curva granulométrica M-2a de extracciones a 1,10 m.

Tabla 20. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 2b.

Tiempo	Diámetro	% que Pasa	% Retenido	Tipo de partícula	% Material
(min)	(mm)	(%)	(%)		(%)
1	0,0395	95,50	4,50	Limo	
2	0,0289	87,50	8,00	Limo	
5	0,0196	71,50	16,00	Limo	58,50
15	0,0120	55,50	16,00	Limo	
30	0,0087	47,50	8,00	Limo	
60	0,0063	41,50	6,00	Limo	
240	0,0033	31,60	9,90	Arcilla	
1440	0,0014	23,50	8,10	Arcilla	41,50

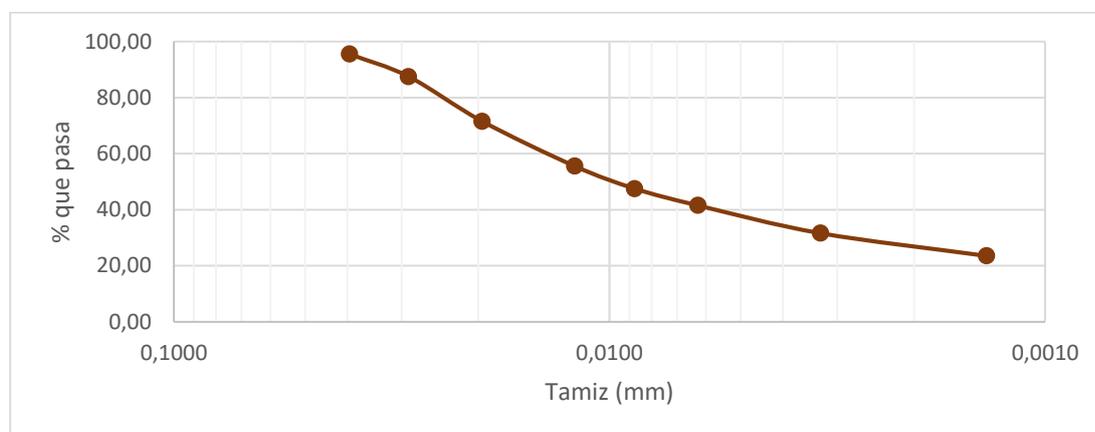


Figura 22. Curva granulométrica M-2b de extracciones a 2,00 m.

Tabla 21. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 3a.

Tiempo	Diámetro	% que Pasa	% Retenido	Tipo de partícula	% Material
(min)	(mm)	(%)	(%)		(%)
1	0,0385	99,50	0,50	Limo	
2	0,0276	97,50	2,00	Limo	
5	0,0182	89,50	8,00	Limo	32,50
15	0,0110	79,50	10,00	Limo	
30	0,0080	73,50	6,00	Limo	
60	0,0057	67,50	6,00	Limo	
240	0,0030	53,80	13,70	Arcilla	
1440	0,0013	43,80	10,00	Arcilla	67,50

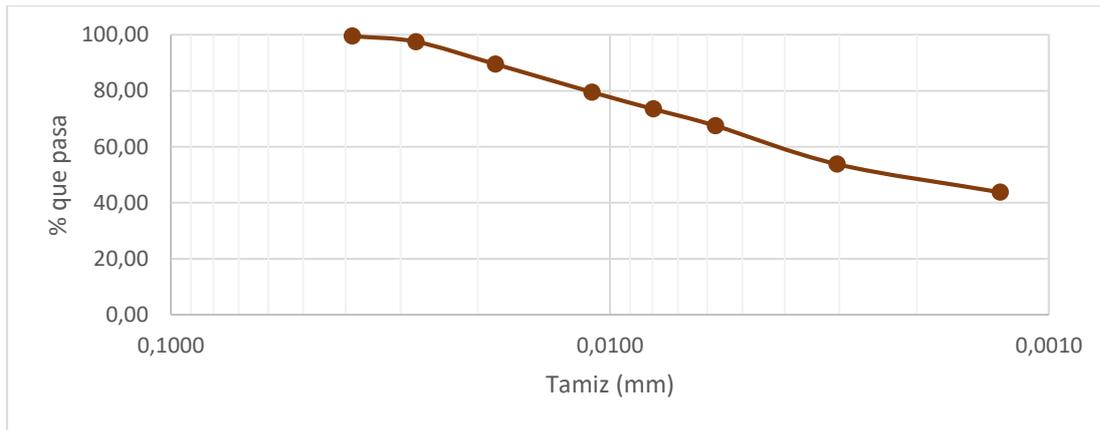


Figura 23. Curva granulométrica M-3a de extracciones a 1,10 m.

Tabla 22. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 3b.

Tiempo (min)	Diámetro (mm)	% que Pasa (%)	% Retenido (%)	Tipo de partícula	% Material (%)
1	0,0390	97,50	2,50	Limo	
2	0,0289	87,50	10,00	Limo	
5	0,0194	75,60	11,90	Limo	56,40
15	0,0119	59,60	16,00	Limo	
30	0,0087	51,60	8,00	Limo	
60	0,0064	43,60	8,00	Limo	
240	0,0032	33,80	9,80	Arcilla	
1440	0,0013	28,00	5,80	Arcilla	43,60

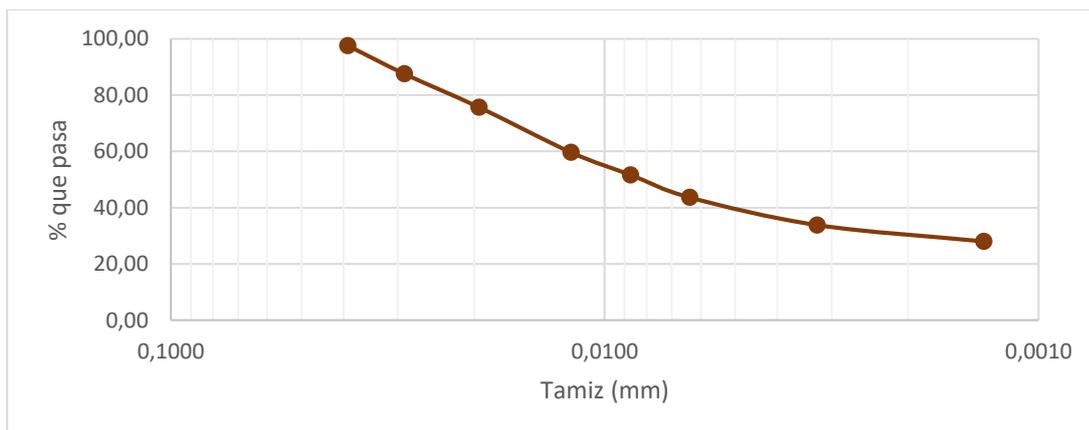


Figura 24. Curva granulométrica M-3b de extracciones a 2,00 m.

Tabla 23. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 4a.

Tiempo	Diámetro	% que Pasa	% Retenido	Tipo de partícula	% Material
(min)	(mm)	(%)	(%)		(%)
1	0,0395	95,50	4,50	Limo	
2	0,0293	85,50	10,00	Limo	
5	0,0196	71,50	14,00	Limo	56,40
15	0,0120	55,50	16,00	Limo	
30	0,0087	49,60	5,90	Limo	
60	0,0064	43,60	6,00	Limo	
240	0,0032	36,00	7,60	Arcilla	
1440	0,0013	29,50	6,50	Arcilla	43,60

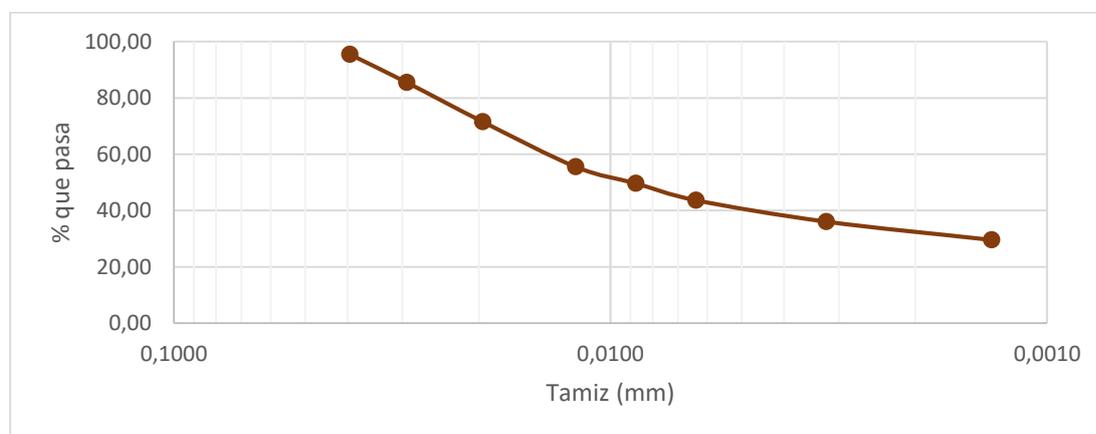


Figura 25. Curva granulométrica M-4a de extracciones a 1,10 m.

Tabla 24. Granulometría por método del hidrómetro de la muestra M 4b.

Tiempo	Diámetro	% que Pasa	% Retenido	Tipo de partícula	% Material
(min)	(mm)	(%)	(%)		(%)
1	0,0398	95,60	4,40	Limo	
2	0,0296	83,60	12,00	Limo	
5	0,0202	65,60	18,00	Limo	64,20
15	0,0125	47,60	18,00	Limo	
30	0,0089	41,80	5,80	Limo	
60	0,0064	35,80	6,00	Limo	
240	0,0033	28,20	7,60	Arcilla	
1440	0,0013	24,20	4,00	Arcilla	35,80

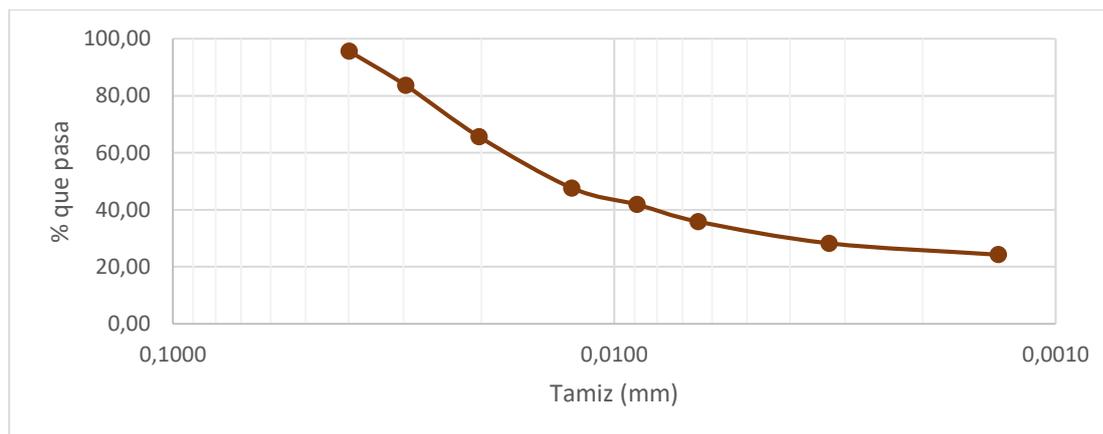


Figura 26. Curva Granulométrica M-4b de extracciones a 1,10 m.

En la tabla 25 se conocen los resultados del ensayo de clasificación granulométrica para el suelo en estudio, realizado por el método del tamizado y por el método del hidrómetro.

Tabla 25. Granulometría correspondiente al suelo en estudio.

Muestra	Material	% Retenido	% Desegregación fino retenido
M 1a- 1,10 m	Arena	48,43	
	Limo		24,80
	Arcilla		26,80
M 1b- 2,00 m	Arena	48,09	
	Limo		24,90
	Arcilla		27,00
M 2a- 1,10 m	Arena	23,15	
	Limo		33,50
	Arcilla		43,30
M 2b- 2,00 m	Arena	41,59	
	Limo		34,20
	Arcilla		24,20
M 3a- 1,10 m	Arena	28,34	
	Limo		23,30
	Arcilla		48,40
M 3b- 2,00 m	Arena	49,82	
	Limo		28,30
	Arcilla		21,90
M 4a- 1,10 m	Arena	45,90	
	Limo		30,50
	Arcilla		23,60
M 4b- 2,00 m	Arena	44,79	
	Limo		35,40
	Arcilla		19,8

6.1.4. Consistencia del suelo

De igual forma se presenta una muestra representativa de las cinco repeticiones por cada suelo estudiado, debido a la similitud en sus resultados (Anexo 4).

Para la variable consistencia del suelo, se aplicaron los límites de Atterberg (LL-LP-IP). En el sector identificado como Payama, ambas extracciones exhiben un límite líquido superior al 50 %, indicando la presencia de suelos de partículas finas con plasticidad moderadamente alta. Por otro lado, en el sector San Antonio Alto, muestran un límite líquido inferior al 50 %, sugiriendo la presencia de suelos de partículas finas con arenas y plasticidad media a baja. En el sector San Antonio Bajo, las dos extracciones revelan un límite líquido superior al 50 %, caracterizando el suelo como compuesto por partículas de limo y arcilla con plasticidad moderada a alta. Por su parte, en el sector Sapul, las dos extracciones muestran límites líquidos tanto superiores como inferiores al 50 %. Además, se determinó el contenido mínimo de agua de los suelos a través del límite de contracción, obteniendo valores que oscilan entre 21 y 31 %.

6.1.4.1. Límite líquido.

El presente ensayo mecánico se realizó con base a las normas ASTM D-4318 e INEN 691. Se muestran resultados del suelo en estudio a través de gráficas donde indican los valores de humedad versus el número de golpes, a partir de los cuales se determinó el valor del límite líquido mediante interpolación lineal. (Anexo 4).



Figura 27. Límite líquido M-1a de extracciones a 1,10 m.

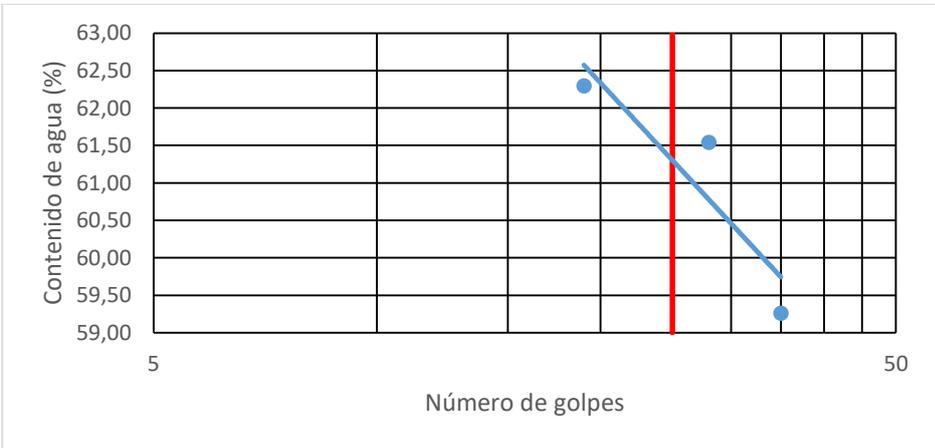


Figura 28. Límite líquido M-1b de extracciones a 2,00 m.



Figura 29. Límite líquido M-2a de extracciones a 1,10 m.



Figura 30. Límite líquido M-2b de extracciones a 2,00 m.



Figura 31. Límite líquido M-3a de extracciones a 1,10 m.



Figura 32. Límite líquido M-3b de extracciones a 2,00 m.



Figura 33. Límite líquido M-4a de extracciones a 1,10 m.

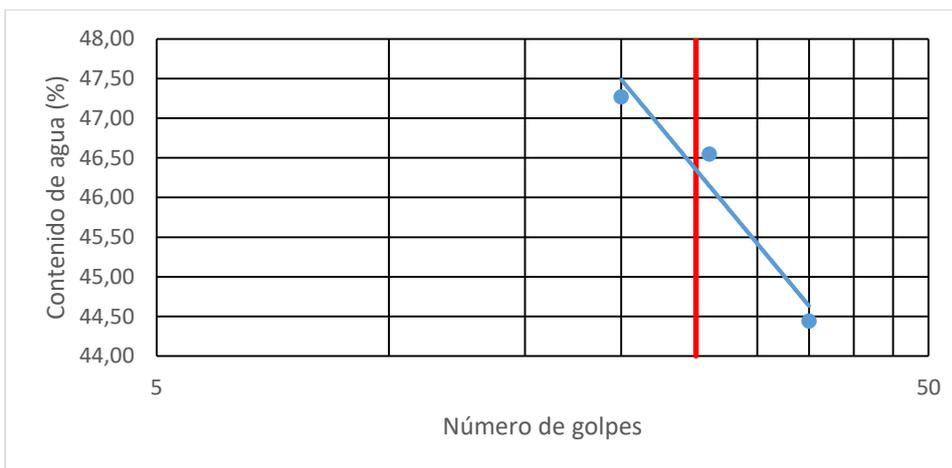


Figura 34. Límite líquido M-4b de extracciones a 2,00 m.

En la tabla 26 se muestran los valores del límite líquido del suelo en estudio a 25 golpes respectivamente.

Tabla 26. Valores de límite líquido del suelo en estudio.

Límite Líquido a 25 golpes		
Muestra	Número de golpes	Límite Líquido (%)
M1a-1,10 m	25	53,89
M1b-2,00 m	25	61,30
M2a-1,10 m	25	42,06
M2b-2,00 m	25	47,76
M3a-1,10 m	25	52,00
M3b-2,00 m	25	52,15
M4a-1,10 m	25	52,27
M4b-2,00 m	25	46,35

6.1.4.2. Límite plástico e índice de plasticidad.

Los resultados muestran variabilidad en los límites de consistencia del suelo a diferentes profundidades y entre las diferentes muestras. El límite líquido oscila entre 42,06 y 61,30 %, mientras que el límite plástico varía entre 30,80 y 47,40 %. Esto indica que la plasticidad del suelo puede ser alta en algunos casos y moderada en otros. Sin embargo, el índice de plasticidad muestra menos variabilidad, con valores entre 11,26 y 15,70 %, lo que sugiere una consistencia relativamente constante en términos de la relación entre los límites líquido y plástico (Tabla 27).

Tabla 27. Valores de los límites de consistencia del suelo en estudio.

Muestra	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
M1a-1,10 m	53,89	39,40	14,49
M1b-2,00 m	61,30	47,40	13,90
M2a-1,10 m	42,06	30,80	11,26
M2b-2,00 m	47,76	36,30	11,46
M3a-1,10 m	52,00	36,30	15,70
M3b-2,00 m	52,15	40,20	11,95
M4a-1,10 m	52,27	40,80	11,47
M4b-2,00 m	46,35	34,30	12,05

6.1.4.3. Límite de contracción

La determinación del límite de contracción del suelo se realizó de acuerdo a la norma ASTM D 427. Así mismo, de forma más detallada se presenta en el Anexo 4 con todas sus réplicas.

Los resultados indican que el contenido de humedad varía entre 35,3 y 43,8 %, lo que sugiere diferencias en la capacidad de retención de agua del suelo. Además, el volumen de contracción muestra una amplia variabilidad, con valores entre 10,2 y 28,5 cm³, lo que puede reflejar diferencias en la capacidad de deformación del suelo durante el secado. Por último, el límite de contracción oscila entre 20,6 y 29,9 %, lo que sugiere divergencias en la susceptibilidad del suelo a la contracción durante el secado, lo que puede ser crucial para evaluar su estabilidad y comportamiento ante cargas.

Tabla 28. Resultados del límite de contracción del suelo en estudio.

	Unidades	M1a	M1b	M2a	M2b	M3a	M3b	M4a	M4b
Peso del recipiente	g	7,50	7,10	9,40	7,30	4,20	21,20	9,40	7,30
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	54,30	50,30	61,10	53,10	27,50	56,10	56,60	53,50
Peso del recipiente + muestra seca	g	41,10	37,70	47,60	40,80	20,40	46,10	42,90	40,60
Peso del agua	g	13,20	12,60	13,50	12,30	7,10	10,00	13,70	12,90
Peso del suelo seco	g	33,60	30,60	38,20	33,50	16,20	24,90	33,50	33,30
Contenido de Humedad	%	39,30	41,20	35,30	36,70	43,80	40,20	40,90	38,70
Volumen vasija	cm ³	27,60	26,60	28,30	27,00	13,90	20,30	28,50	28,00
contracción									
Volumen torta suelo seco	cm ³	23,80	23,10	22,80	23,00	10,20	16,20	22,00	24,40
(V-Vo)	cm ³	3,70	3,50	5,60	4,00	3,80	4,20	6,50	3,60
((V-Vo)/Wo)*100	cm ³	11,10	11,30	14,60	12,00	23,20	16,70	19,40	10,80
Límite									
contracción	%	28,20	29,90	20,80	24,70	20,60	23,50	21,50	27,90

6.1.4.4. Compactación Proctor estándar.

Al realizar el ensayo Proctor estándar, se logró obtener la densidad máxima seca y a su vez el óptimo contenido de humedad del suelo, los cuales se presentan desde la figura 35 a la figura 42, plasmando la muestra más representativa de las cinco repeticiones por cada suelo estudiado, tanto para el estándar como para el modificado. De forma más detallada con todas sus réplicas se presentan en el Anexo 5.

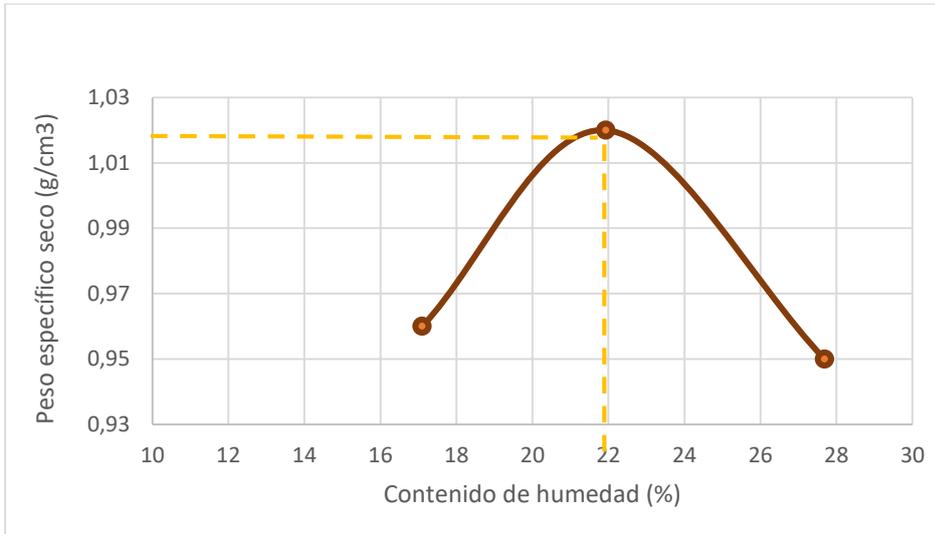


Figura 35. Curva de compactación M-1a de extracciones a 1,10 m.

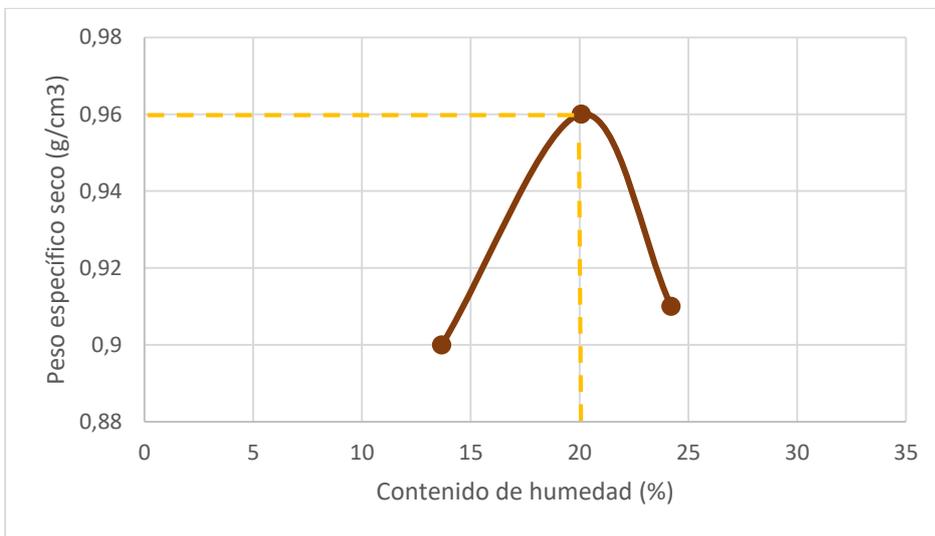


Figura 36. Curva de compactación M-1b de extracciones a 2,00 m.

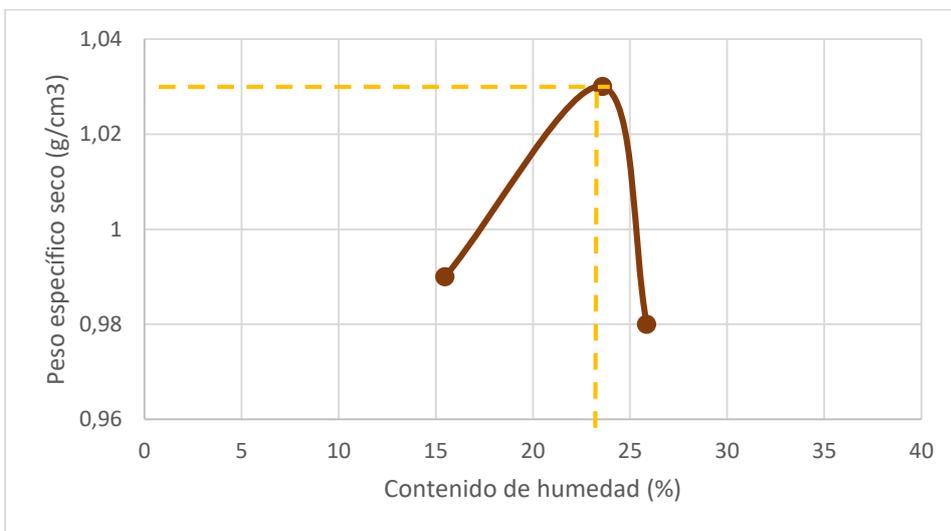


Figura 37. Curva de compactación M-2a de extracciones a 1,10 m.

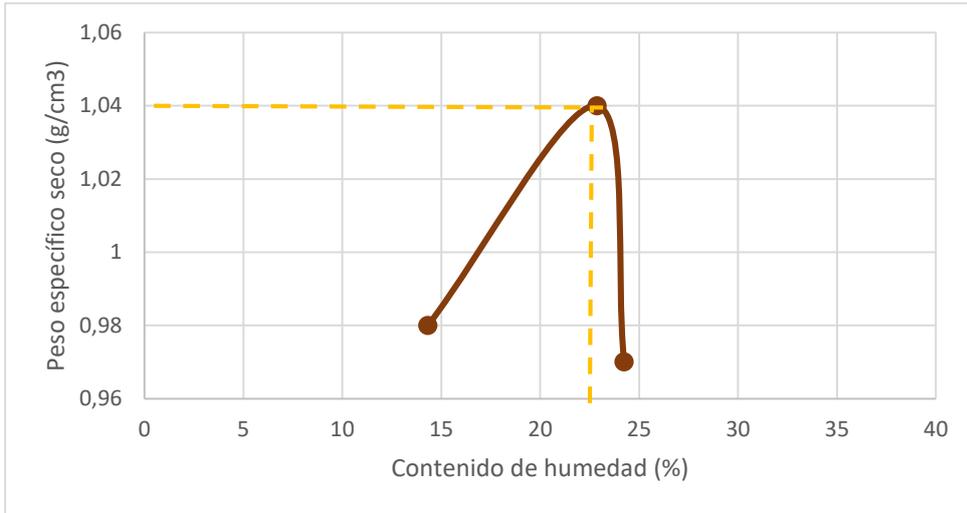


Figura 38. Curva de compactación M-2b de extracciones a 2,00 m.

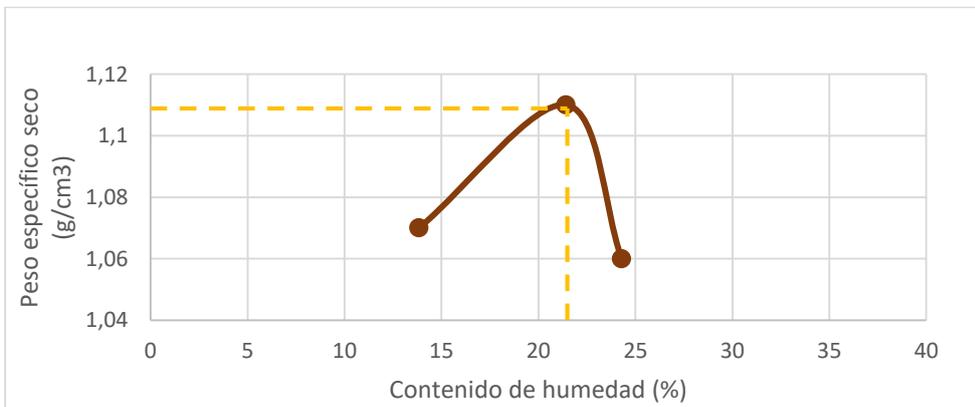


Figura 39. Curva de compactación M-3a de extracciones a 1,10 m.

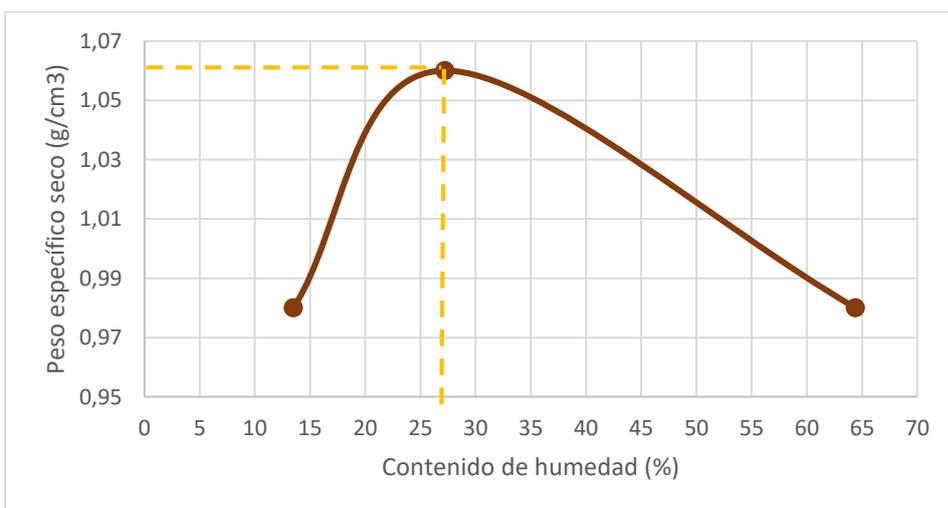


Figura 40. Curva de compactación M-3b de extracciones a 2,00 m.

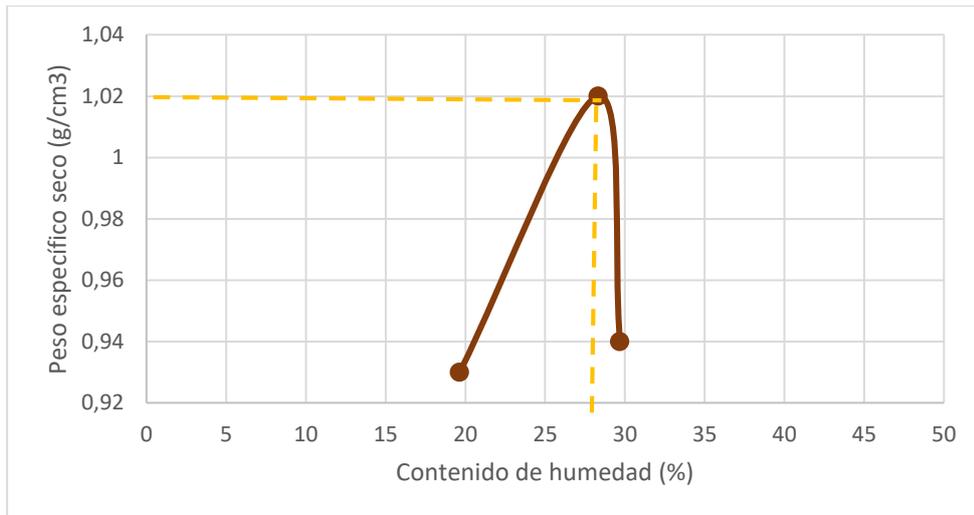


Figura 41. Curva de compactación M-4a de extracciones a 1,10 m.

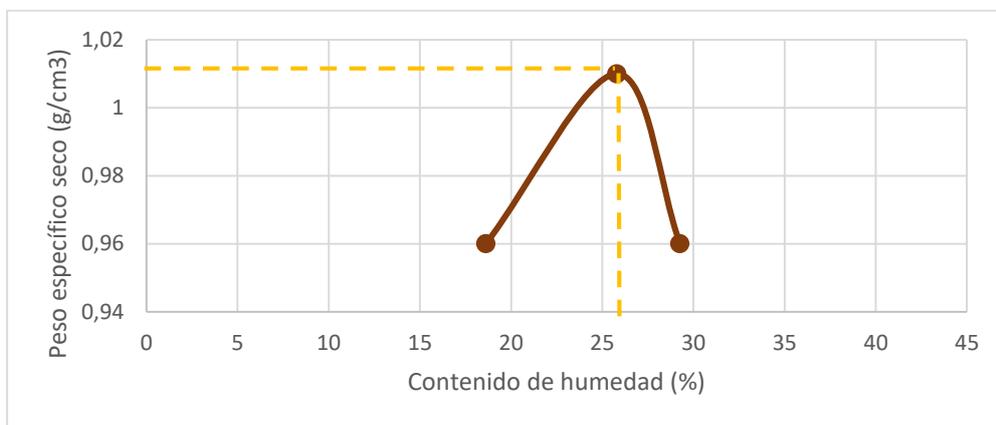


Figura 42. Curva de compactación M-4b de extracciones a 2,00 m.

6.1.4.5. Compactación Próctor modificado.

Con el ensayo Próctor modificado, al igual que el estándar, se logró obtener la densidad máxima seca; y, a su vez, el óptimo contenido de humedad de las ocho muestras representativas del suelo en estudio, los cuales se presentan desde la figura 43 a la 50 (Anexo 6).

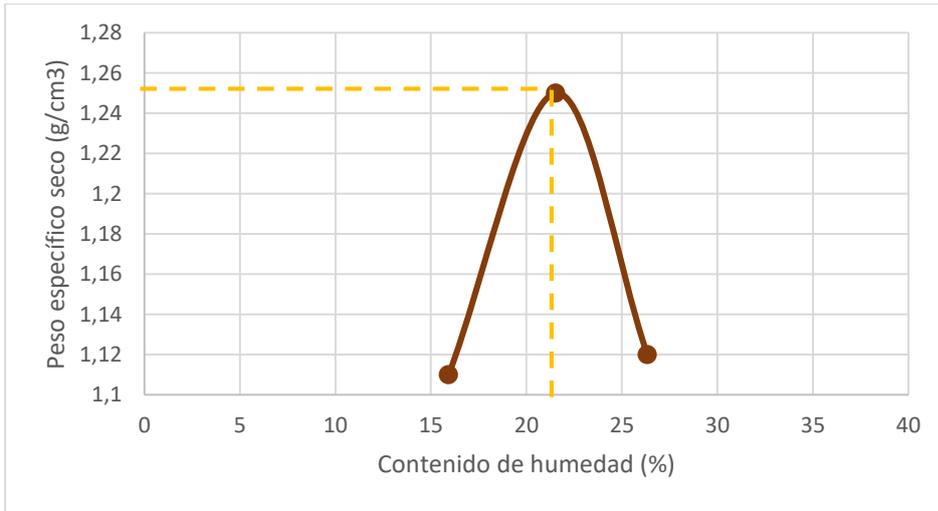


Figura 43. Curva de compactación M-1a de extracciones a 1,10 m.

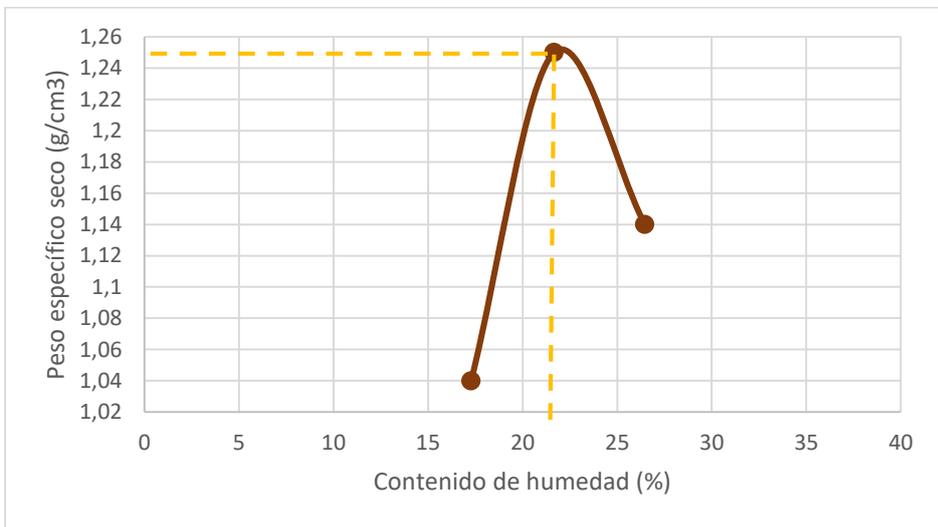


Figura 44. Curva de compactación M-1b de extracciones a 2,00 m.

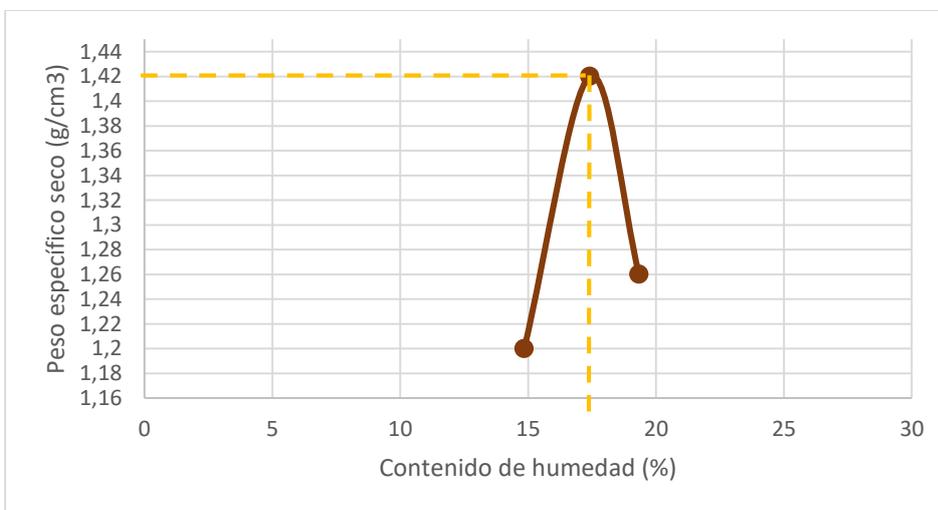


Figura 45. Curva de compactación M-2a de extracciones a 1,10 m.

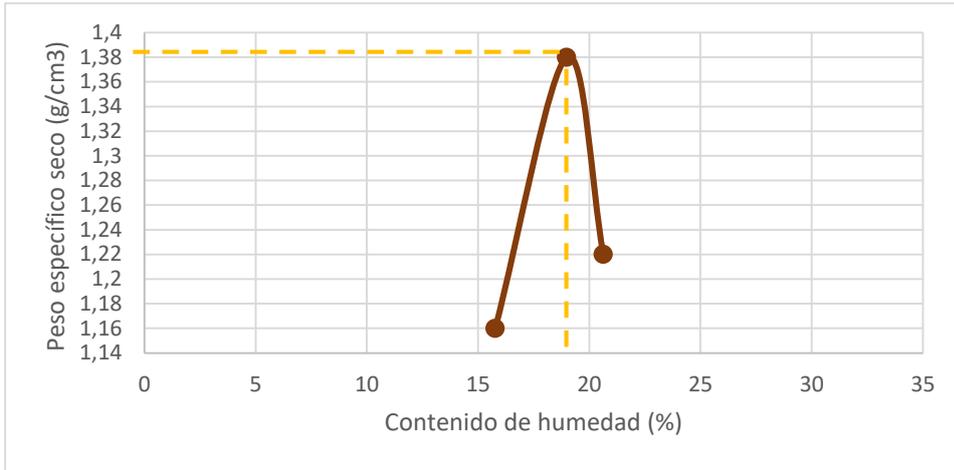


Figura 46. Curva de compactación M-2b de extracciones a 2,00 m.

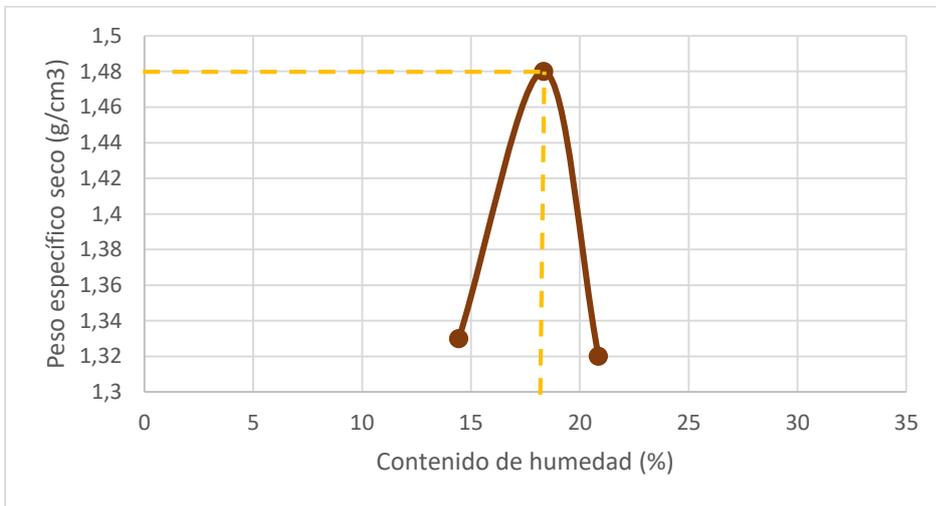


Figura 47. Curva de compactación M-3a de extracciones a 1,10 m.

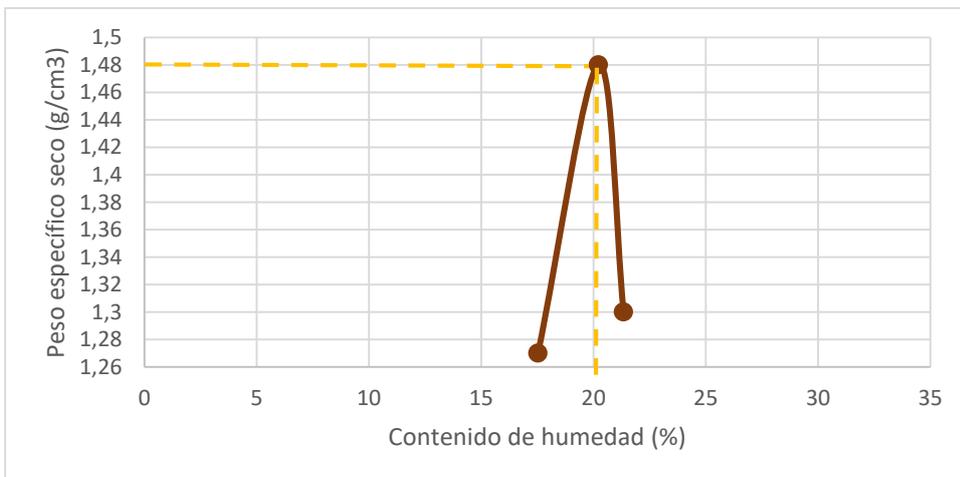


Figura 48. Curva de compactación M-3b de extracciones a 2,00 m.

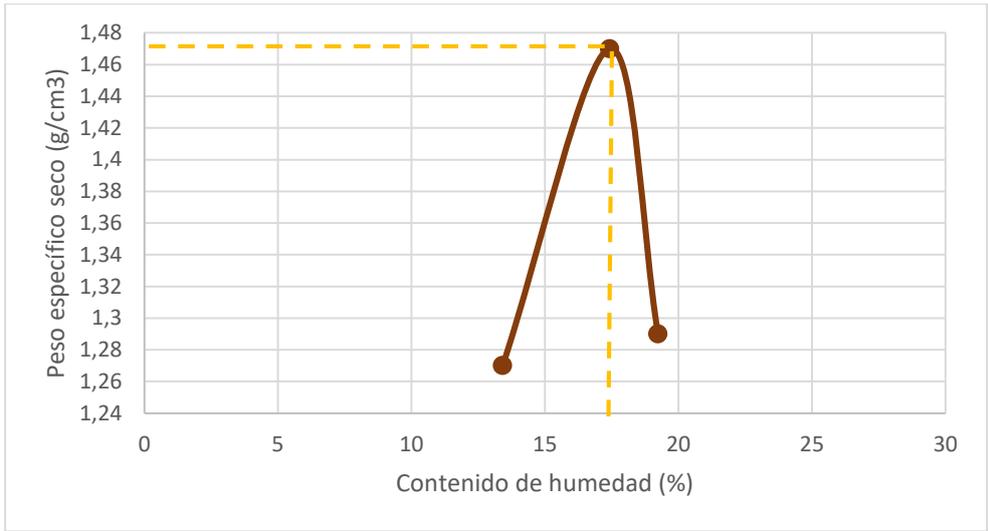


Figura 49. Curva de compactación M-4a de extracciones a 1,10 m.

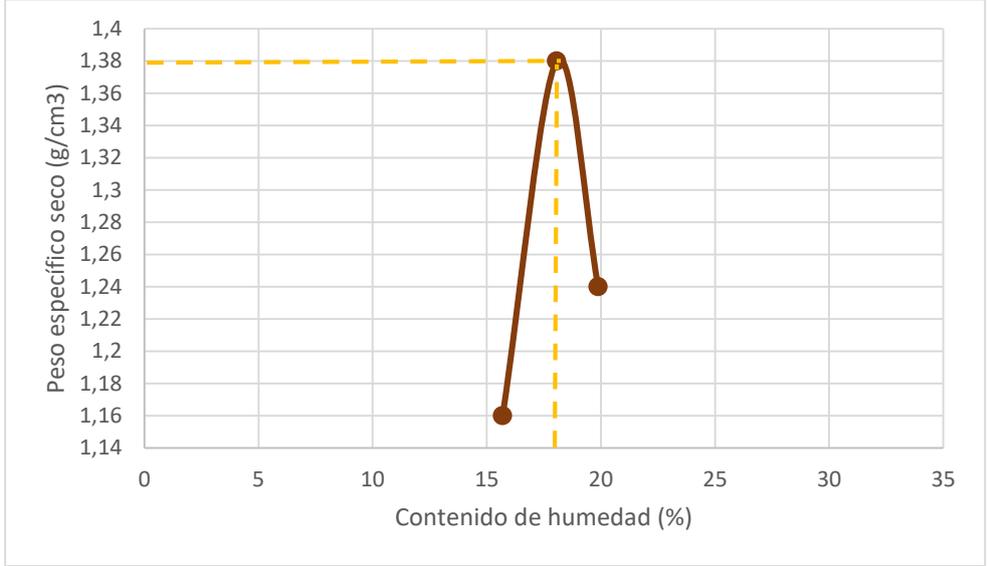


Figura 50. Curva de compactación M-4b de extracciones a 2,00 m.

En la tabla 29 se presentan los resultados de densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad del suelo, tanto para el Proctor estándar, como el modificado.

Tabla 29. Resultados de la curva de compactación de las muestras de suelo en estudio.

Muestra	Proctor Estándar		Proctor Modificado	
	Máxima densidad seca g/cm ³	Óptimo contenido de humedad %	Máxima densidad seca g/cm ³	Óptimo contenido de humedad %
M1a-1,10 m	1,02	22	1,25	21,00
M1b-2,00 m	0,96	21	1,25	21,00
M2a-1,10 m	1,03	23	1,42	17,00
M2b-2,00 m	1,04	23	1,38	19,00
M3a-1,10 m	1,11	21	1,48	19,00
M3b-2,00 m	1,06	27	1,48	20,00
M4a-1,10 m	1,02	28	1,47	17,00
M4b-2,00 m	1,01	26	1,38	17,00

6.2. Clasificación del suelo

Considerando tanto la granulometría correspondiente al porcentaje que pasa por el tamiz N° 200, como el límite líquido e índice de plasticidad, se procedió a clasificar los suelos mediante los sistemas SUCS y AASHTO; y, como manera de comparación, el sistema de clasificación por textura del USDA, usando los resultados promedios y representativos que se obtuvieron en los ensayos antes realizados.

En la clasificación de los suelos, mediante el sistema SUCS, de acuerdo con el porcentaje que pasa por tamiz N° 200, los suelos estudiados están por encima del 50 %, con base a ello, se clasifican en suelos de grano fino descartando completamente la clasificación de grano grueso, en el sistema AASHTO el porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 supera el 35 %, por lo que se consideran dentro de los grupos A-4 Y A-7 identificados como arcillosos y limosos. Por otra parte, con ayuda el sistema de clasificación por textura del USDA, se logró determinar el porcentaje de partículas existentes en cada suelo estudiado, que por lo general son la cantidad de arenas, limos y arcillas, los cuales vistos en el triángulo textural nos dieron a conocer la clase textural predominante franco arcilloso.

6.2.1. Clasificación del suelo según el sistema SUCS

El porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 es superior al 50 %, lo cual pertenece a suelos de grano fino, por lo tanto, se utilizó la carta de plasticidad considerando el límite líquido y el índice de plasticidad en el ábaco de Casagrande.

Tabla 30. Resultados del tipo de suelo en estudio, según SUCS.

Muestra	Porcentaje que pasa Tamiz N° 200	Límite Líquido %	Límite Plástico %	Índice Plasticidad %	Sistema (SUCS)	Identificación
M1a-1,10 m	51,57	53,89	39,40	14,49	MH	Limo elástico de alta plasticidad
M1b-2,00 m	51,91	61,30	47,40	13,90	MH	Limo elástico de alta plasticidad
M2a-1,10 m	76,85	42,06	30,80	11,26	ML	Limo arcilloso de baja plasticidad
M2b-2,00 m	58,41	47,76	36,30	11,46	ML	Limo arcilloso de baja plasticidad
M3a-1,10 m	71,66	52,00	36,30	15,70	MH	Limo elástico de alta plasticidad
M3b-2,00 m	50,18	52,15	40,20	11,95	MH	Limo de alta plasticidad
M4a-1,10 m	54,10	52,27	40,80	11,47	MH	Limo elástico de alta plasticidad
M4b-2,00 m	55,21	46,35	34,30	12,05	ML	Limo arcilloso de baja plasticidad

6.2.2. Clasificación del suelo según el sistema AASHTO

El porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 es superior al 35 %, lo cual pertenece a suelos de grano fino, por lo tanto, en el cuadro de clasificación que utiliza este sistema, se consideran a los suelos dentro de los grupos A-4 y A-7. Así mismo, con los resultados del límite líquido y el índice de plasticidad se determinó el índice de grupo para cada suelo respectivamente (Tabla 31).

Tabla 31. Resultados del tipo de suelo en estudio, según AASHTO.

Muestra	% que pasa Tamiz N° 200	Límite Líquido %	Límite Plástico %	Índice Plasticidad %	Sistema (AASHTO)	Identificación
M1a- 1,10 m	51,57	53,89	39,40	14,49	A-7-5 (6)	Suelos arcillosos
M1b- 2,00 m	51,91	61,30	47,40	13,90	A-7-5 (7)	Suelos arcillosos
M2a- 1,10 m	76,85	42,06	30,80	11,26	A-7-5 (9)	Suelos arcillosos
M2b- 2,00 m	58,41	47,76	36,30	11,46	A-7-5 (6)	Suelos arcillosos
M3a- 1,10 m	71,66	52,00	36,30	15,70	A-7-5 (12)	Suelos arcillosos
M3b- 2,00 m	50,18	52,15	40,20	11,95	A-7-5 (5)	Suelos arcillosos
M4a- 1,10 m	54,10	52,27	40,80	11,47	A-7-5 (6)	Suelos arcillosos
M4b- 2,00 m	55,21	46,35	34,30	12,05	A-7-5 (6)	Suelos arcillosos

6.2.3. Clasificación del suelo según el sistema por textura del USDA

Mediante la clasificación granulométrica correspondiente a cada muestra de estudio, la cual se encontró por el método del tamizado y del hidrómetro, se utilizó el sistema USDA como comparación a los anteriores sistemas de clasificación de suelos (Tabla 32).

Tabla 32. Resultados del tipo de suelo en estudio, según USDA.

Muestra	% que				Clase Textural
	pasa Tamiz N° 200	% Arena	% Limo	% Arcilla	
M1a- 1,10 m	51,57	48,40	24,80	26,80	Franco arenoso arcilloso
M1b- 2,00 m	51,91	48,10	24,90	27,00	Franco arenoso arcilloso
M2a- 1,10 m	76,85	23,20	33,50	43,30	Arcilloso
M2b- 2,00 m	58,41	41,60	34,20	24,20	Franco
M3a- 1,10 m	71,66	28,30	23,30	48,40	Arcilloso
M3b- 2,00 m	50,18	49,80	28,30	21,90	Franco arenoso arcilloso
M4a- 1,10 m	54,10	45,90	30,50	23,60	Franco
M4b- 2,00 m	55,21	44,80	35,40	19,80	Franco

En la tabla 33 se muestran los resultados del tipo de suelo en estudio mediante los tres sistemas de clasificación.

Tabla 33. Resultados finales del tipo de suelo en estudio según los tres sistemas de clasificación.

Muestra	% Tamiz N° 200	L %	P %	P %	Sistema		
					Sistema SUCS	Sistema AASHTO	por Textura del USDA
M1a (1,10 m)	51,57	3,89	9,40	4,49	MH (Limo elástico de alta plasticidad)	A-7-5 (6) (Arcilloso)	Franco arenoso arcilloso
M1b (2,00 m)					MH (Limo elástico de alta plasticidad)		
M2a (1,10 m)	76,85	2,06	0,80	1,26	ML	A-7-5 (9) (Arcilloso)	Arcilloso

					(Limo arcilloso de baja plasticidad)		
M2b (2,00 m)	58,41	7,76	6,30	1,46	ML (Limo arcilloso de baja plasticidad)	A-7-5 (6) (Arcilloso)	Franco
M3a (1,10 m)	71,66	2,00	6,30	5,70	MH (Limo elástico de alta plasticidad)	A-7-5 (12) (Arcilloso)	Arcilloso
M3b (2,00 m)	50,18	2,15	0,20	1,95	MH (Limo elástico de alta plasticidad)	A-7-5 (5) (Arcilloso)	Franco arenoso arcilloso
M4a (1,10 m)	54,10	2,27	0,80	1,47	MH (Limo elástico de alta plasticidad)	A-7-5 (6) (Arcilloso)	Franco
M4b (2,00 m)	55,21	6,35	4,30	2,05	ML (Limo arcilloso de baja plasticidad)	A-7-5 (6) (Arcilloso)	Franco

7. Discusión

7.1. Caracterización física-mecánica de las arcillas

7.1.1. Contenido de humedad

De acuerdo con (Torres, 2023), las variaciones en los promedios de contenido de agua de los suelos en estudio pueden atribuirse a factores como la textura y composición del suelo, la precipitación local, el drenaje, la topografía y la vegetación circundante. La alta humedad observada en Sapul, especialmente a una profundidad de 2,0 m, podría indicar una combinación de factores como suelos con mayor capacidad de retención de agua y posiblemente una mayor precipitación en esa área (Silva, 2020). Por otro lado, los niveles de humedad más bajos en San Antonio Alto y San Antonio Bajo sugieren posibles diferencias en la textura del suelo y en la capacidad de drenaje (Mauricio, 2022).

Al comparar los resultados encontrados en los sectores antes descritos, estos son mayores a los encontrados en la investigación de Medrano et al. (2022) en donde realizó un diagnóstico del comportamiento de arcillas en el distrito de Chiclayo, en Perú, en el cual encontró humedades en dos sectores diferentes, Monterrico VI y Fundo Los Magos, con contenido de humedad de 22,14 y 21,26 %, respectivamente. Por otro lado, Aguilar et al. (2023) determinó, las características físicas muy particulares de los suelos finos del tipo arcillosos en las zonas de Yarinacocha, Manantay y Callería, en Perú, los resultaron arrojaron a una profundidad de 1,5 m valores en un rango del 10 a 30 % de contenido de agua. Estas variaciones en los niveles de humedad pueden tener implicaciones importantes en la gestión y utilización de los suelos en cada sector, influyendo en decisiones agronómicas y en la planificación de actividades relacionadas con el manejo hídrico y el uso sostenible del suelo (Alarcón et al., 2020). Cabe recalcar que la comparación con resultados encontrados en Perú y otros países, se dio debido a la falta de información en nuestro País que aborden estos temas de investigación, pero que tienen acercamiento a los resultados hacia el presente estudio.

Adicionalmente, en la investigación de Cabrera (2024), determinó la humedad en muestras del sector rural del noroccidente del cantón Loja. En San Antonio, se registró un valor de 29 %, en Cahuachi 28 % y en Gonzabal 29 %, siendo estos valores inferiores a los encontrados en el presente estudio. En el sector Llunlla se obtuvo un resultado de 34 % y en Palta 58 %, valores similares a los encontrados en este estudio. Estos resultados son relativos al mes en que fueron tomados, debido a que están directamente relacionados con la precipitación.

De igual forma, en la investigación de (González, 2024), determinó el contenido de humedad en la parroquia Chuquiribamba del cantón Loja, en la formación geológica Sacapalca,

sector Simón Bolívar un valor de 30,64 %, llegando a ser estos valores inferiores a los encontrados en la presente investigación, debido a que este parámetro está estrechamente relacionado con la época de invierno o verano en que se extrae la muestra del sitio en estudio.

7.1.2. Granulometría por tamizado e hidrómetro

Según Aguilar et al. (2023) la presencia de este tipo de suelos, influye en propiedades como la capacidad de retención de agua, la permeabilidad y la estabilidad. Comparando estos resultados con la investigación de López-Niño et al. (2023) donde evaluaron los suelos en diferentes zonas de Venezuela, encontrando la granulometría típica de los suelos principalmente fina de limos y arcillas en el estado Anzoátegui, el promedio del contenido de granos finos es de 86 %, mientras que en Falcón y Miranda son un poco menores, 82 y 67 % respectivamente. En otra investigación por Aedo y Taco (2023), se presentaron valores similares al utilizar el método de hidrómetro, tuvieron valores en dos muestras de 53,84 y 57,74 %.

En la investigación de Cabrera (2024), se encontró que las muestras de suelo de Llundla, Romero y Chantaco Alto, ubicados en la parroquia Chantaco; y, Gonzabal, ubicado en la parroquia Taquil, pertenecientes al cantón Loja, presentan una granulometría compuesta principalmente de granos finos como limos y arcillas estableciéndose promedios de 82, 68, 64 y 84 % respectivamente, dando mayores porcentajes de arcilla, con valores de 53, 39, 41 y 51 %, respectivamente. Estos suelos se clasifican como Franco Arcillosos. Los resultados son coherentes con el informe del Plan de uso y gestión de suelo del Cantón Loja (PGUS, 2019), que señala la existencia de suelos arcillosos, predominando especialmente en la zona norte del territorio.

Cada estudio mencionado se realizó en diferentes ubicaciones geográficas, lo que puede afectar significativamente la granulometría del suelo debido a variaciones en la geología local, el clima y las prácticas de uso del suelo (Mellado, 2024). Los procesos geológicos y las prácticas de manejo del suelo en cada región pueden haber contribuido a la formación de suelos con diferentes granulometrías. Por ejemplo, la erosión, la deposición de sedimentos y las actividades agrícolas pueden alterar la distribución de partículas en el suelo (Arias et al., 2023).

En la investigación de (González, 2024), el porcentaje de finos como limos y arcillas, se encuentran en un valor de 93 %, representando contenidos de arcilla de 54 %, clasificándose como suelos arcillosos, siendo superiores a los encontrados en la presente investigación, debido a las diferentes ubicaciones geográficas, ya que, el estudio fue realizado en la formación geológica Sacapalca, sector Simón Bolívar, parroquia Chuquiribamba, considerando que ambas

ubicaciones se encuentran dentro de ésta formación geológica, en el cual predomina el contenido de arcilla, una más alta que otra, debido a los movimientos masivos de masa de suelo.

7.1.3. Consistencia del suelo

Según García et al. (2018), menciona que si el porcentaje de límite líquido es superior al 50%, se trata de suelos de partículas finas como limos y arcillas. Por otro lado, en la investigación de Aedo y Taco (2023), se destaca que todas las muestras del sector Chinchero, ubicada en el departamento de Cusco en el Sur del Perú, en relación con el límite líquido, no superan el 50%. Esto sugiere inicialmente la presencia de arcillas con baja plasticidad. Asimismo, al comparar estos resultados con los índices de plasticidad, se concluye que únicamente una muestra corresponde a limos con baja plasticidad.

Por otro lado, Aguilar (2023), investigó en tres zonas de la ciudad de Pucallpa, en la región amazónica de Perú, el límite líquido para Yarinacocha fue de 52,20 %, Manantay 56 % y Callería 51,88 %. El índice de plasticidad fue 28, 31 y 36 % respectivamente. El índice de plasticidad es la característica principal de los suelos arcillosos. Esta propiedad provoca que el agua envuelva las partículas, creando un efecto lubricante que puede ocasionar deslizamientos bajo cargas debido a esfuerzos aplicados (Torres, 2022). En relación con el límite de contracción, en la investigación de López-Niño et al. (2023), en los tres sectores estudiados del Norte de Venezuela, los resultados obtenidos son 27,16 % Miranda, 26,10 % Falcón y 22,59 % Anzoátegui, siendo estos similares a los encontrados en el presente estudio con un valor que va de 20,60 a 29,90 %. Según Vega (2023) el límite de contracción está estrechamente vinculado a la actividad coloidal del suelo, lo que indica si el suelo tiende a expandirse o contraerse. Por lo tanto, el límite de contracción puede servir como indicador de los cambios en el volumen del suelo; su disminución implica una reducción en los cambios volumétricos. Esto sugiere que los suelos estudiados en ambas investigaciones presentan características similares en cuanto a su actividad coloidal y comportamiento ante cambios de humedad.

Según Cabrera (2024), se determinó que los suelos con alta plasticidad se encuentran en los sectores de Llundla, Gonzabal y Cahuachi, con índices de plasticidad 37 %, respectivamente, y límites líquidos de 69, 56 y 69 %. Estos valores indican una alta capacidad de deformación antes de alcanzar su estado líquido, lo que sugiere que estos suelos pueden ser adecuados para ciertas aplicaciones de ingeniería que requieren alta plasticidad. Por el contrario, los suelos de Guailas Grande y Cerro Santo Domingo se caracterizan por ser no plásticos, lo que significa que las partículas que los componen no permiten la realización del ensayo de plasticidad, evidenciado por sus índices de plasticidad de 0,0 %. Estos suelos no plásticos tienen un

comportamiento completamente distinto, ya que no exhiben plasticidad y son más estables en condiciones húmedas.

De acuerdo con (González, 2024), indica suelos con mayor plasticidad con un índice de 43 % y límite líquido de 98,23 %. Estos valores destacan una inferioridad a los encontrados en la presente investigación, considerándolos con una plasticidad de media a alta. Lo que significa que es más fácil de deformar. Al contener un límite líquido alto suelen ser más propensos a la contracción y expansión, lo que no puede ser favorable para las actividades constructivas.

7.1.4. Actividad

En las muestras de suelo estudiado presentan una actividad relativamente baja, situadas entre 0,15 y 0,28 %, tratándose de arcillas de tipo caolinitas, ya que, según menciona García et al. (2018) la actividad menor o igual a uno, se considera en una clasificación baja y el mineral predominante es la caolinita. Estos resultados son similares a los de Aguilar et al. (2023), en el Perú, ya que indican la existencia de un material con características mineralógicas, específicamente de tipo Caolinita, con valores inferiores a uno. Sánchez et al. (2020), determina la composición del suelo en la Amazonía ecuatoriana, caracterizado por un elevado contenido de arcilla, de actividad menor a uno, principalmente compuesta por caolinita. Esta se posiciona como un componente fundamental en la ciencia cerámica moderna, ejerciendo una influencia determinante en la calidad y habitabilidad de productos como los ladrillos artesanales (Iriarte et al., 2023; Pantoja y Vera, 2021). Además, su uso se extiende a la agricultura, donde se emplea en la composición de fertilizantes y neutralizadores de olores (Unigarro, 2023).

En la investigación de Cabrera (2024), los lugares de Llundla, Romero, Palta, Guailas, Gonzabal, Cahuachi, Chantaco Alto y Tesalia Alto, la actividad de las arcillas se sitúan en valores superiores a 0,50, clasificándose como arcillas activas, predominando como mineral la montmorillonita. En los sectores de San Antonio y San Sigre la actividad de las arcillas son inferiores a 0,50, por lo tanto, su capacidad es inactiva, predominando el mineral de la caolinita, de esta manera, tiene relación con la presente investigación, ya que los resultados son similares, clasificándolas como arcillas inactivas donde el mineral predominante es la caolinita, el cual es utilizado en materiales de construcción.

Por otra parte (González, 2024) en su investigación obtiene una actividad de 0,46, donde el mineral predominante es la montmorillonita, componente principal de la bentonita, material utilizado en la impermeabilización de reservorios como material amigable con la naturaleza y bajo en costos.

7.1.5. Compactación

De acuerdo a las curvas de compactación mediante proctor estándar, se observó un aumento gradual del peso específico seco al incrementar la humedad, alcanzando un valor máximo en un punto específico de la curva, a partir de este punto, denominado punto de máxima densidad seca (MDS), la curva comienza a decrecer. La abscisa del MDS corresponde al contenido óptimo de humedad, valor fundamental para la compactación eficiente del suelo en estudio. Según, Crespo (2004), el decrecimiento del peso específico seco, se debe a que ya no existe aire en los espacios vacíos ya que el agua ocupa estos espacios, por ende, el agua que se adiciona a partir de ese punto genera una separación de las partículas entre si disminuyendo la densidad, es decir, cuando el grado de saturación llega a 100 %. Por otro lado, Pérez (2021), en su investigación obtuvo niveles ideales de densidad seca, los cuales se sitúan alrededor de 1,31, 1,32 y 1,33 g/cm³. Cabrera (2024), determinó que las muestras de Guailas Grande, con una densidad seca de 1,75 g/cm³ y un contenido de humedad de 18 %; Cahuachi, con 1,62 g/cm³ y 16 % de humedad; Tesalia Alto, con 1,56 g/cm³ y 16 % de humedad; San Antonio, con 1,53 g/cm³ y 16 % de humedad; y Gonzabal, con 1,51 g/cm³, alcanzaron los mayores valores de densidad seca con los contenidos de humedad más bajos. En contraste, la muestra de Palta presentó el valor mínimo de densidad seca y humedad relativamente alta, con 1,19 g/cm³ y un 33 % respectivamente.

La prueba proctor modificada a diferencia de la estándar, resulta en un incremento del peso específico seco máximo acompañado por un decremento del contenido de humedad óptimo, debido a que se utiliza mayor energía de compactación, pasando de humedad de 23,00 % a 18,87 %. Aedo y Taco (2023), mencionan que la distinción entre el ensayo de Proctor estándar y modificado se encuentra principalmente en la cantidad de energía de compactación aplicada. Cuando se trata de suelos arcillosos, se recomienda preferentemente realizar los ensayos con el Proctor estándar. Esto se debe a que el Proctor modificado implica una mayor energía de compactación en el comportamiento mecánico de estos suelos cohesivos. Esto, a su vez, podría influir negativamente en la resistencia y deformabilidad del material.

En el estudio de (González, 2024), solamente con el ensayo proctor estándar se obtiene una humedad óptima de 43 % a una densidad máxima de 1,14 g/cm³, siendo esta superior a la encontrada en la presente investigación, debido a que después de alcanzar el punto de humedad óptima, el peso específico seco disminuye, por lo que el agua comienza a llenar los espacios que normalmente estarían ocupados por partículas del suelo, a partir de este punto, se concreta que añadir más agua solo resulta en una separación de las partículas y una reducción en la densidad.

7.1.6. Clasificación del suelo

Los suelos en el sector Payama muestran variaciones notables a diferentes profundidades. A 1,10 m, el suelo es limo elástico de alta plasticidad, clasificado como MH (SUCS), A-7-5 (6) arcilloso (AASHTO), y Franco arenoso arcilloso (USDA), en el sector San Antonio Alto, el suelo es limo arcilloso de baja plasticidad, clasificado como ML (SUCS), A-7-5 (9) arcilloso (AASHTO), y suelo arcilloso (USDA), en el sector San Antonio Bajo el suelo es limo elástico de alta plasticidad, clasificado como MH (SUCS), A-7-5 (12) arcilloso (AASHTO), y suelo arcilloso (USDA), en el sector Sapul el suelo es limo elástico de alta plasticidad, clasificado como MH (SUCS), A-7-5 (6) arcilloso (AASHTO), y suelo Franco (USDA).

Por otro lado, a 2,00 m, en el sector Payama el suelo sigue siendo limo elástico de alta plasticidad, MH (SUCS), con clasificación A-7-5 (7) arcilloso (AASHTO) y Franco arenoso arcilloso (USDA). En San Antonio Alto, el suelo se caracterizó como limo arcilloso de baja plasticidad, ML (SUCS), con clasificación A-7-5 (6) arcilloso (AASHTO), pero con una clasificación por textura de suelo Franco (USDA), en San Antonio bajo, el suelo sigue siendo limo elástico de alta plasticidad, MH (SUCS), con clasificación A-7-5 (5) arcilloso (AASHTO), pero con una clasificación por textura de suelo Franco arenoso arcilloso (USDA), en el sector Sapul, el suelo se transforma en limo arcilloso de baja plasticidad, clasificado como ML (SUCS), A-7-5 (6) arcilloso (AASHTO), y suelo Franco (USDA).

En la investigación de Aguilar et al. (2023), los tipos de suelos en tres diferentes zonas de Pucallpa, la zona de Yarinachoca ubicada en la región amazónica de Perú tuvo una clasificación de A-7-6 (AASHTO), correspondientes a suelos de grano fino arcillosos plásticos, además, los hallazgos indican que la mayoría de los terrenos en Pucallpa exhiben una alta plasticidad, atribuible a las condiciones climáticas y geológicas locales. Se detectó la presencia de minerales catiónicos típicos de las arcillas, y se clasificaron los suelos finos como CL y CH.

Comparando los resultados de Cabrera (2024) se observan algunas similitudes y diferencias notables en la clasificación y las propiedades de los suelos, encontrando que las muestras de Llunlla, Gonzabal, y Cahuachi se clasifican como Arcilla Arenosa (SC) según SUCS y como Arena y Grava con alto índice de plasticidad (A-2-7) según ASTM, lo que refleja una mayor heterogeneidad en la granulometría. Además, los suelos de Chantaco Alto, Romero, y Palta fueron clasificados como Arena Limosa (SM) en su estudio, en contraste con nuestras clasificaciones que indicaron suelos limo-arcillosos o franco arcillosos. Estas diferencias pueden atribuirse a variaciones locales en la composición del suelo y a los métodos de muestreo utilizados. No obstante, ambos estudios coinciden en la presencia de suelos con alta plasticidad

en ciertos sectores, lo cual es crucial para el entendimiento de sus propiedades y aplicaciones en ingeniería y construcción. Esta comparación subraya la importancia de utilizar los sistemas de clasificación reconocidos a nivel mundial, que permita obtener una visión integral de las características del suelo.

En la investigación de (González, 2024), se encontró que las muestras de la formación geológica Sacapalca, sector Simón Bolívar, pertenecientes a la parroquia Chuquiribamba mediante el método SUCS se clasifican como limos elásticos, con un grado de plasticidad entre medio, alto y arcillas orgánicas (MH). Siendo estos similares a la clasificación determinada en la presente investigación, debido a que ambas investigaciones se encuentran dentro de la formación geológica Sacapalca, lo cual implica un suelo de las mismas características.

8. Conclusiones

- De las ocho extracciones de suelo estudiadas en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego Aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja se observa que el contenido de humedad de las muestras ensayadas varía entre 33,80 % y 69,70 %, siendo estos relativos a la temporada en la cual se toma las muestras.
- Se muestran a los suelos clasificados mediante tres sistemas: El método SUCS, determina que el 70 % de los suelos representa a limos elásticos de alta plasticidad y el 30% representa a suelos limosos arcillosos de baja plasticidad. Mientras que el sistema AASHTO, determina que el 100 % de los suelos pertenecen a arcillas, sabiendo recalcar que este método está más estrechamente vinculado en la construcción de vías, difiriéndola del sistema SUCS, el cual se emplea para clasificar suelos que van a ser utilizados en todo tipo de obra civil. Finalmente, por el método de textura USDA, se clasifican en suelos Francos, arcillosos y Francos arenosos arcillosos.
- Los suelos que presentan mejor contenido de arcillas corresponden a los sectores de San Antonio Alto, San Antonio Bajo y Sapul con una actividad relativamente baja, de composición predominante de tipo caolinita. Es así que estas arcillas pueden ser de mayor aplicabilidad en algunos materiales de construcción.
- En cuanto a los resultados de los ensayos de compactación por proctor estándar y proctor modificado, se concluye que se ha cumplido con el debido protocolo para desarrollar los ensayos demostrando la diferencia en su peso específico seco máximo y óptimo contenido de humedad, donde el proctor modificado obtiene mayor densidad seca máxima y menor contenido de humedad óptimo en todas sus muestras debido a la energía de compactación utilizada.

9. Recomendaciones

- El seguimiento de las normativas INEN y ASTM que se han establecido para cada uno de los estudios de mecánica de suelos y sus ensayos, deben seguirse detalladamente y verificarse las especificaciones técnicas del material a utilizar en cada ensayo con la finalidad de lograr obtener valores confiables dentro de los rangos específicos.
- La aplicación de un adecuado tamizado en las muestras de suelo, es un procedimiento vital que se debe ensayar con anterioridad y siguiendo a cabalidad las normas para ejecutar: Granulometría, límites de Atterberg y Gravedad Específica; esto permite obtener una correcta gradación de partículas en las muestras que se vaya a ensayar en posteriores trabajos.
- La ejecución de los ensayos para determinar el límite líquido se debe realizar bajo las mismas condiciones ambientales; por lo que, adaptar una hora específica permitirá realizar los ensayos y evitar así pérdidas de humedad.

10. Bibliografía

- Aedo, J., & Taco, W. (2023). Uso de cal viva como estabilizante de la subrasante del suelo arcilloso en la construcción del aeropuerto internacional Chincheros [Tesis de pregrado, Universidad de San Agustín]. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/16197>
- Aguilar, M. A. H., Advincula, M. R. E., & Lopez, R. S. V. (2023a). Caracterización geotécnica de los suelos arcillosos de Pucallpa. *Perfiles de Ingeniería*, 20(20), 20. <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria.v20i20.6312>
- Aguilar, M. A. H., Advincula, M. R. E., & Lopez, R. S. V. (2023b). Caracterización geotécnica de los suelos arcillosos de Pucallpa. *Perfiles de Ingeniería*, 20(20), 20. <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria.v20i20.6312>
- Alarcón, J., Jiménez, M., Benítez, R., Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Revista ingeniería de construcción*, 35(1), 5-20. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732020000100005>
- Almanza, L. (2019). Caracterización Físico Químicas de las Arcillas Comestibles Cha'cko en Estado Natural y Purificado de la Región Puno. <http://www.repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/4116/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amado, J., Villafrades, P., & Tuta, E. (2009, junio 2). Caracterización de Arcillas y Preparación de Pastas Cerámicas para la Fabricación de Tejas y Ladrillos en la Región de Barichara, Santander. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/download/25762/39346>
- Arias, P., Escolano, S., & Saz, M. A. (2023). Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE. Caso de estudio: Cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador. *Invest. geogr.*, ART-2023-131598. *Investigaciones Geograficas (Spain)*. <https://zaguan.unizar.es/record/125941>
- Bailón Abad, E. I., Espinosa Guaricela, R. I., & Acevedo Catá, J. B. (2019). Bloque de suelo estabilizado en pequeño formato y tecnología de colocación en obra en vivienda de interés social. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 1.
- Barragán, E. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das
- Betancourt, S. (2017). *Materiales para la Constucción*. 332.

- Cabrera, J. C. (2024). Caracterización de los Suelos Arcillosos existentes en el sector Rural del Noroccidente del Cantón Loja [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/29286>
- Canales, J. C. H. (2008). Características Físicas y Propiedades mecánicas de los Suelos y sus Métodos de Medición. 510.
- Cordero, J. (2018). Estabilización Química de Suelos para Mejoramiento de la Estructura Vial Agropecuaria de la Parroquia Chuquiribamba. [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20301/1/CORDERO%20JIMENEZ%20JIMMY%20JAVIER.pdf>
- Crespo, C. (2004). *Mécanica de Suelos Y Cimentaciones* (quinta). LIMUSA, S.A de C.V.GRUPO NORIEGA EDITORES. <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- Díaz, E. (2014). Evaluación de las Propiedades Físico-Mecánicas de Ladrillos de arcilla King Kong Fabricados Artesanalmente en la Comunidad El Frutillo • Bambamarca [Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de Ingeniería Civil Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil Sede Jaén]. <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/619/T%20666.737%20F363%202014.pdf?sequence=1>
- Díaz, W. (2015). Caracterización Física-Mecánica y Química de las Arcillas de la Zona Sureste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja [Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/11787/1/Diaz%20Capa%2c%20Wilman%20Hernan.pdf>
- García, R. A., Flórez-Solano, E., & Medina-Cárdenas, Y. (2018). Caracterización física de las arcillas utilizadas en la fabricación de productos de mampostería para la construcción en Ocaña Norte de Santander (Colombia). 17.
- González, L. I. G. (2020). “Estudio de Propiedades Físico-Mecánicas de Arcillas Existentes en el Cantón Gonzanamá como Material Impermeabilizante en pequeños embalses de Uso Agrícola”. 140.
- González Sarango, P. A. (2024). Diseño de un reservorio impermeabilizado con arcilla, para el aprovechamiento de aguas pluviales en la parroquia de Chuquiribamba del Cantón Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/29894>

- Hernández, A. (2016). Universidad Rural de Guatemala Construcciones Rurales Fichas Texto Paralelo. 12.
- INEC. (2010). Fasciculo Loja. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Loja/Fasciculo_Loja.pdf
- Iriarte, I. A. P., Rendtorff, N. M., & Richard, D. (2023). Simulación computacional de defectos estructurales formados durante la deshidroxilación de la caolinita. *Revista del Museo de La Plata*, 8(2), 2. <https://doi.org/10.24215/25456377e184>
- López-Niño, C., Guevara, E., León, V., López-Hernández, D., López-Niño, C., Guevara, E., León, V., & López-Hernández, D. (2023). Arcillas expansivas del Norte de Venezuela: Caracterización mediante el uso de los límites de Atterberg, índices de consistencia y ensayos de expansión. *Obras y proyectos*, 34, 111-122. <https://doi.org/10.4067/s0718-28132023000200111>
- Mamani, C. (2015). “Estudio y Evaluación de Formulación de Mezclas para la Obtención de Ladrillos de Arcilla en la Ciudad de Cuzco”. 145.
- Martínez, E. (2017). Evaluación de las arcillas rojas de Centeno para su utilización como material cementicio suplementario. 63.
- Mauricio, J. J. (2022). Relación de la textura de los suelos agrícolas de la UNALM con los parámetros hídricos utilizando la Olla de Richards [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5639>
- Medrano, Y., Sánchez, E., Siesquen-Cespedes, K., Chamaya-Peregrino, A., Barahona-Morante, A., & Olivos, G. (2022). Diagnóstico del comportamiento de arcillas en el distrito de Chiclayo, departamento de Lambayeque. *Global Challenges*, 1-5.
- Mellado, I. I. (2024). Evaluación de los efectos antrópicos y climáticos sobre el comportamiento hidrogeológico del humedal los Batros, ubicado en la comuna de San Pedro, región del Biobío. [Tesis de pregrado, Universidad de Concepción]. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/12109>
- Merino, B. (2004). Cálculo de Reservas de Arcilla en el Sector San Antonio – la Delicia del Cantón Yantzaza de la Provincia de Zamora. 242.
- Nazar, J. (2022). Influencia de arcillas en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud en el tramo de Inti Alto y Las Vegas, provincia de Leoncio Prado – Huánuco, 2020 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3305>

- Núñez, A. F. G. (2019). Mejora del Proceso de Fabricación de Tejas de Barro y/o Arcilla en la Parroquia La Victoria. 91.
- Osorio, N. L. Z. (2005). Caracterización de las Arcillas para la Fabricación de Ladrillos Artesanales. 165.
- Pantoja, J., & Vera, P. (2021). Propiedades de los muros de albañilería de ladrillo artesanal adicionando caolinita y ceniza de carbón de piedra, La Libertad – 2021 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84464>
- Pérez, L. (2021). Efecto de la temperatura en las curvas de compactación Proctor en la arcilla caolín [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes Colombia].
<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/ffd65549-57d4-4a11-aadf-3dd47e236f9e>
- PGUS. (2019). Plan de uso y gestión de suelo. Municipio de Loja.
https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/pugs-2020_2032.pdf
- Reyes, A. (1996, febrero). Tearfund paso a paso—Construcción de estanques de tierra y cría d... [Educación]. <https://es.slideshare.net/correovenymira/tearfund-paso-a-paso-construccion-de-estanques-de-tierra-y-cria-de-peces>
- Rodríguez, L., & Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: Una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. 41(5).
<http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-06.pdf>
- Romero, E., & Barrios, M. (2006). Arcillas: Propiedades y usos.
https://previa.uclm.es/_users/higueras/yymm/Arcillas.htm
- Romero, R. S. (s. f.). Tecnología de las arcillas. 32.
- Sánchez, M., Mestanza-Ramón, C., & Capa, I. (2020). Perspectiva de conservación del suelo en la Amazonía ecuatoriana. 3, 009.
- Silva, R. C. (2020). Capacidad de retención del agua disponible en suelos agrícolas de acuerdo a la textura y al contenido de materia orgánica, transecto Huaura-Mazo [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae].
<https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/837>
- Torres, D. A. (2023). Evaluación de la infiltración en dos sistemas de uso de suelo en el sector Vista Alegre, Supte [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2606>
- Torres, J. (2022). Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz para la pavimentación de la carretera Santa

- Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/31616>
- Unigarro, C. A. (2023). Respuesta a la aplicación de partículas de Caolinita en café – Revisión y avances de una tecnología emergente. Memorias Seminario Científico Cenicafé, 74, e740515. <https://doi.org/10.38141/10795/740515>
- Valles, N., & Becerrit, Z. (2004). Fundamentos de Mecánica de Suelos. Aspectos Teóricos y Prácticos | Fundación (Ingeniería) | Roca (geología). <https://es.scribd.com/doc/162670270/Fundamentos-de-Mecanica-de-Suelos-Aspectos-Teoricos-y-Practicos>
- Vega, H. (2023). Evaluación de los cambios volumétricos en arcillas y limos mediante la adición de humo de sílice y cemento [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/6408>
- Venegas, P., & Cruz, L. (2007). El Caolín y sus aplicaciones industriales. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n2/e1.html#refe2>
- Zárate, G. (2005). Aplicación de las Arcillas en el tratamiento de Efluentes Electroquímicos. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2294/Zarate_ag.pdf?sequence=1

11. Anexos

Anexo 1. Identificación de los lugares representativos y toma de muestras



Anexo 2. Ensayos de laboratorio para caracterización física y mecánica de las arcillas



Anexo 3. Granulometría mediante el tamizado

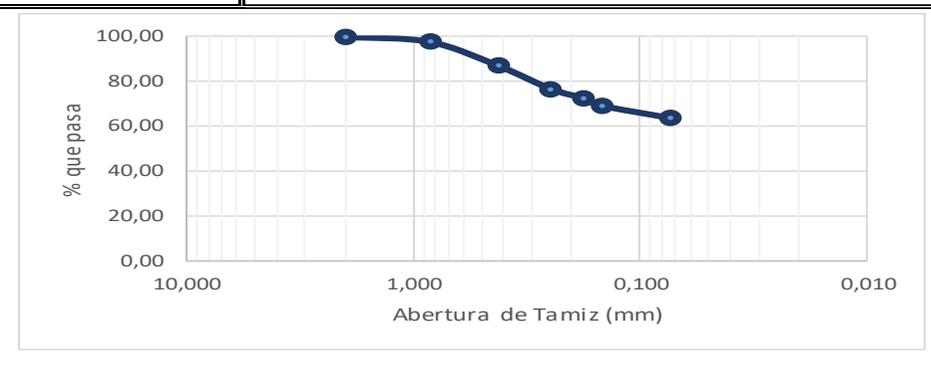
Proyecto : "Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia chuquiribamba, canton loja, provincia de loja"					
Tesista : Darwin Alulima					
Director de Tesis : Ing. María del Cisne Veintimilla					
Ensayo : Análisis Granulométrico por lavado					
Norma : INEN 696					
Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1aR1
Ensayo realizado:		Laboratorio de suelos			
Peso Inicial de la Muestra Seca	1.000,00 gr	D60 =	Cu =		
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado	536,90 gr	D30 =	Cc =		
Perdida por Lavado	463,10 gr	D10 =			
Retenido parcial seco lavado	532,50 gr				
Perdida por tamizado	4,40 gr				
% error <1%	0,82 ok				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial (gr.)		correccion (%)	% Pasa
10	2,000	5,70	5,75	0,57	99,43
20	0,850	28,50	28,74	2,87	96,55
40	0,425	135,20	136,32	13,63	82,92
60	0,250	156,60	157,89	15,79	67,13
80	0,180	61,20	61,71	6,17	60,96
100	0,150	55,50	55,96	5,60	55,36
200	0,075	83,80	84,49	8,45	46,91
FONDO		6,00	6,05	0,60	46,31
Pasa tamiz 200		463,10	463,10	46,31	
Σ =		995,60	1000,00		

Curva Granulométrica

Abertura de Tamiz (mm)	% que pasa
2,000	99,43
0,850	96,55
0,425	82,92
0,250	67,13
0,180	60,96
0,150	55,36
0,075	46,91
0,075	46,31

Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca	1.000,00 gr			D60 =	Cu =		
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado	369,50 gr			D30 =	Cc =		
Perdida por Lavado	630,50 gr			D10 =			
Retenido parcial seco lavado	368,30 gr						
Perdida por tamizado	1,20 gr						
% error <1%	0,32 ok						

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	3,50	3,51	0,35	99,65
20	0,850	22,20	22,27	2,23	97,42
40	0,425	106,20	106,55	10,65	86,77
60	0,250	103,60	103,94	10,39	76,37
80	0,180	41,90	42,04	4,20	72,17
100	0,150	33,30	33,41	3,34	68,83
200	0,075	54,90	55,08	5,51	63,32
FONDO		2,70	2,71	0,27	63,05
Pasa tamiz 200		630,50	630,50	63,05	
Σ =		998,80	1000,00		



Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca	1.000,00 gr			D60 =	Cu =		
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado	516,60 gr			D30 =	Cc =		
Perdida por Lavado	483,40 gr			D10 =			
Retenido parcial seco lavado	515,20 gr						
Perdida por tamizado	1,40 gr						
% error <1%	0,27 ok						

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	3,70	3,71	0,37	99,63
20	0,850	35,90	36,00	3,60	96,03
40	0,425	137,10	137,47	13,75	82,28
60	0,250	135,10	135,47	13,55	68,74
80	0,180	62,10	62,27	6,23	62,51
100	0,150	49,80	49,94	4,99	57,51
200	0,075	84,90	85,13	8,51	49,00
FONDO		6,60	6,62	0,66	48,34
Pasa tamiz 200		483,40	483,40	48,34	
Σ =		998,60	1000,00		



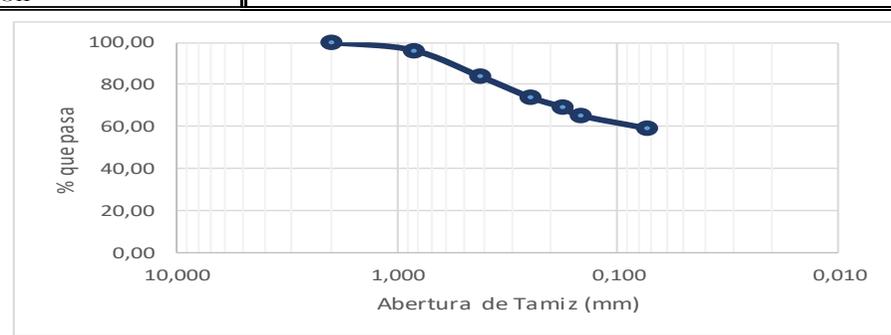
Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1aR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
Peso Inicial de la Muestra Seca	1.000,00 gr			D60 =	Cu =			
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado	484,30 gr			D30 =	Cc =			
Perdida por Lavado	515,70 gr			D10 =				
Retenido parcial seco lavado	484,10 gr							
Perdida por tamizado	0,20 gr							
% error <1%	0,041296717 ok							
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa			
		(gr.)	correccion	(%)				
10	2,000	3,70	3,70	0,37	99,63			
20	0,850	37,60	37,62	3,76	95,87			
40	0,425	140,20	140,26	14,03	81,84			
60	0,250	118,90	118,95	11,89	69,95			
80	0,180	54,90	54,92	5,49	64,46			
100	0,150	47,10	47,12	4,71	59,74			
200	0,075	75,90	75,93	7,59	52,15			
FONDO		5,80	5,80	0,58	51,57			
Pasa tamiz 200		515,70	515,70	51,57				
Σ =		999,80	1000,00					
Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1aR5			
Peso Inicial de la Muestra Seca	1.000,00 gr			D60 =	Cu =			
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado	521,50 gr			D30 =	Cc =			
Perdida por Lavado	478,50 gr			D10 =				
Retenido parcial seco lavado	521,20 gr							
Perdida por tamizado	0,30 gr							
% error <1%	0,06 ok							
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa			
		(gr.)	correccion	(%)				
10	2,000	4,70	4,70	0,47	99,53			
20	0,850	35,30	35,32	3,53	96,00			
40	0,425	135,40	135,48	13,55	82,45			
60	0,250	132,90	132,98	13,30	69,15			
80	0,180	65,70	65,74	6,57	62,58			
100	0,150	50,50	50,53	5,05	57,53			
200	0,075	86,50	86,55	8,65	48,87			
FONDO		10,20	10,21	1,02	47,85			
Pasa tamiz 200		478,50	478,50	47,85				
Σ =		999,70	1000,00					

Proyecto : "Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia chuquiribamba, canton loja, provincia de loja"					
Tesista : Darwin Alulima					
Director de Tesis : Ing. María del Cisne Veintimilla					
Ensayo : Análisis Granulométrico por lavado					
Norma : INEN 696					
Ubicación: Payama		Fecha: 06/07/2021		N° de muestra: M1bR1	
				Ensayo realizado: Laboratorio de suelos	
Peso Inicial de la Muestra Seca		1.000,00 gr		D60 =	
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado		572,40 gr		D30 =	
Pérdida por Lavado		427,60 gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado		571,80 gr			
Pérdida por tamizado		0,60 gr			
% error <1%		0,104821803 ok			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	8,20	8,21	0,82	99,18
20	0,850	92,50	92,60	9,26	89,92
40	0,425	174,20	174,38	17,44	72,48
60	0,250	123,20	123,33	12,33	60,15
80	0,180	51,60	51,65	5,17	54,98
100	0,150	41,20	41,24	4,12	50,86
200	0,075	74,80	74,88	7,49	43,37
FONDO		6,10	6,11	0,61	42,76
Pasa tamiz 200		427,60	427,60	42,76	
Σ =		999,40	1000,00		

--	--

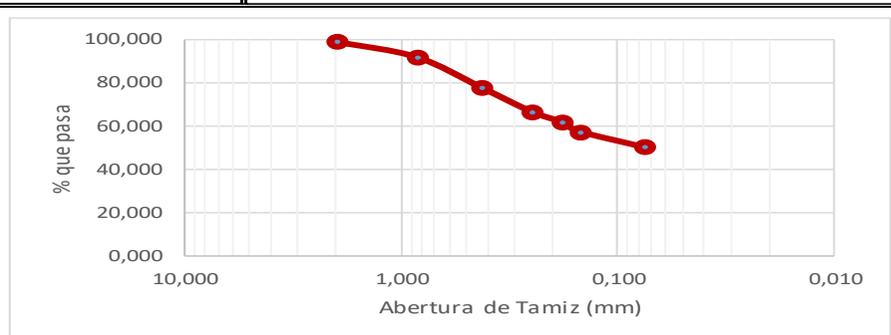
Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca	1.000,00 gr			D60 =	Cu =		
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado	411,20 gr			D30 =	Cc =		
Perdida por Lavado	588,80 gr			D10 =			
Retenido parcial seco lavado	411,10 gr						
Perdida por tamizado	0,10 gr						
% error <1%	0,02 ok						

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	1,70	1,70	0,17	99,83
20	0,850	36,80	36,81	3,68	96,15
40	0,425	122,50	122,53	12,25	83,90
60	0,250	100,10	100,12	10,01	73,88
80	0,180	46,30	46,31	4,63	69,25
100	0,150	39,00	39,01	3,90	65,35
200	0,075	60,50	60,51	6,05	59,30
FONDO		4,20	4,20	0,42	58,88
Pasa tamiz 200		588,80	588,80	58,88	
Σ =		999,90	1000,00		



Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca	1.000,00 gr			D60 =	Cu =		
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado	508,30 gr			D30 =	Cc =		
Perdida por Lavado	491,70 gr			D10 =			
Retenido parcial seco lavado	507,30 gr						
Perdida por tamizado	1,00 gr						
% error <1%	0,20 ok						

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	14,50	14,53	1,45	98,547
20	0,850	70,60	70,74	7,07	91,473
40	0,425	140,70	140,98	14,10	77,375
60	0,250	110,60	110,82	11,08	66,294
80	0,180	48,60	48,70	4,87	61,424
100	0,150	42,80	42,88	4,29	57,136
200	0,075	72,50	72,64	7,26	49,871
FONDO		7,00	7,01	0,70	49,170
Pasa tamiz 200		491,70	491,70	49,17	
Σ =		999,00	1000,00		

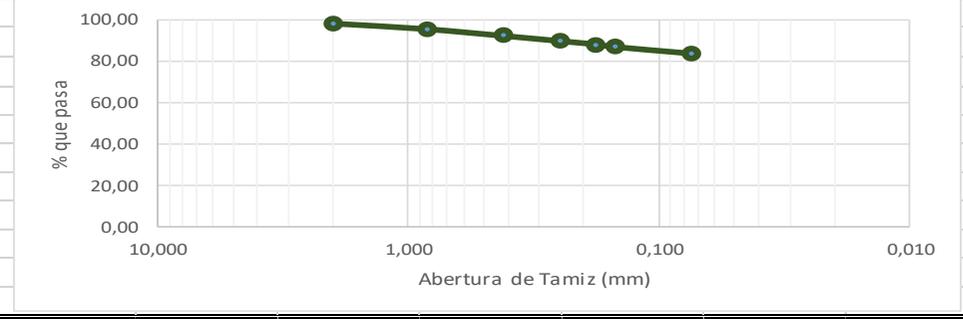
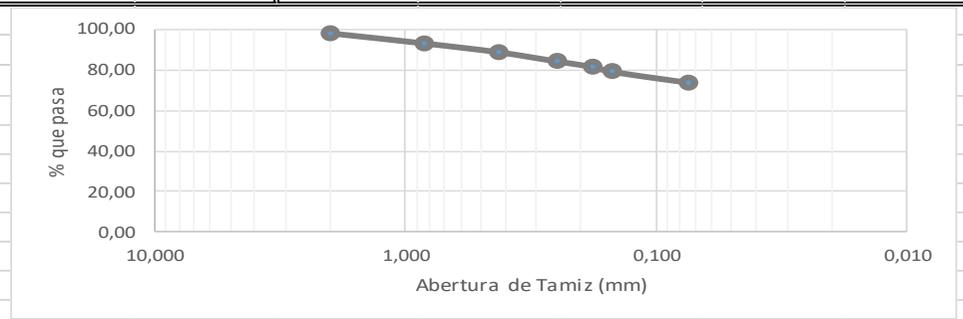


Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1bR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
Peso Inicial de la Muestra Seca				1.000,00 gr	D60 =		Cu =	
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado				470,80 gr	D30 =		Cc =	
Pérdida por Lavado				529,20 gr	D10 =			
Retenido parcial seco lavado				470,70 gr				
Pérdida por tamizado				0,10 gr				
% error <1%				0,02 ok				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa			
		(gr.)	correccion	(%)				
10	2,000	16,30	16,30	1,63	98,37			
20	0,850	74,70	74,72	7,47	90,90			
40	0,425	128,70	128,73	12,87	78,03			
60	0,250	94,90	94,92	9,49	68,53			
80	0,180	43,70	43,71	4,37	64,16			
100	0,150	37,70	37,71	3,77	60,39			
200	0,075	70,40	70,41	7,04	53,35			
FONDO		4,30	4,30	0,43	52,92			
Pasa tamiz 200		529,20	529,20	52,92				
Σ =		999,90	1000,00					
Ubicación:	Payama	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M1bR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
Peso Inicial de la Muestra Seca				1.000,00 gr	D60 =		Cu =	
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado				480,90 gr	D30 =		Cc =	
Pérdida por Lavado				519,10 gr	D10 =			
Retenido parcial seco lavado				480,70 gr				
Pérdida por tamizado				0,20 gr				
% error <1%				0,04 ok				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa			
		(gr.)	correccion	(%)				
10	2,000	15,90	15,91	1,59	98,41			
20	0,850	70,20	70,23	7,02	91,39			
40	0,425	134,60	134,66	13,47	77,92			
60	0,250	98,50	98,54	9,85	68,07			
80	0,180	43,50	43,52	4,35	63,71			
100	0,150	40,30	40,32	4,03	59,68			
200	0,075	72,00	72,03	7,20	52,48			
FONDO		5,70	5,70	0,57	51,91			
Pasa tamiz 200		519,10	519,10	51,91				
Σ =		999,80	1000,00					

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia chuquiribamba, canton loja, provincia de loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tes :	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Análisis Granulométrico por lavado						
Norma :	INEN 696						
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr			D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			161,00 gr			D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			839,00 gr			D10 =	
Retenido parcial seco lavado			160,10 gr				
Perdida por tamizado			0,90 gr				
% error <1%			0,56 ok				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial (gr.)	correccion	(%)	% Pasa		
10	2,000	24,60	24,74	2,47	97,53		
20	0,850	32,00	32,18	3,22	94,31		
40	0,425	26,50	26,65	2,66	91,64		
60	0,250	20,80	20,92	2,09	89,55		
80	0,180	13,10	13,17	1,32	88,23		
100	0,150	12,50	12,57	1,26	86,98		
200	0,075	29,70	29,87	2,99	83,99		
FONDO		0,90	0,91	0,09	83,90		
Pasa tamiz 200		839,00	839,00	83,90			
Σ =		999,10	1000,00				

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr		D60 =		Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			231,50 gr		D30 =		Cc =
Perdida por Lavado			768,50 gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado			230,40 gr				
Perdida por tamizado			1,10 gr				
% error <1%			0,48	ok			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa		
		(gr.)	correccion	(%)			
10	2,000	38,0	38,18	3,82	96,18		
20	0,850	49,70	49,94	4,99	91,19		
40	0,425	42,50	42,70	4,27	86,92		
60	0,250	29,00	29,14	2,91	84,00		
80	0,180	16,50	16,58	1,66	82,35		
100	0,150	14,40	14,47	1,45	80,90		
200	0,075	37,30	37,48	3,75	77,15		
FONDO		3,00	3,01	0,30	76,85		
Pasa tamiz 200		768,50	768,50	76,85			
Σ =		998,90	1000,00				
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr		D60 =		Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			194,20 gr		D30 =		Cc =
Perdida por Lavado			805,80 gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado			193,20 gr				
Perdida por tamizado			1,00 gr				
% error <1%			0,51	ok			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa		
		(gr.)	correccion	(%)			
10	2,000	20,30	20,41	2,04	97,96		
20	0,850	40,30	40,51	4,05	93,91		
40	0,425	41,00	41,21	4,12	89,79		
60	0,250	27,00	27,14	2,71	87,07		
80	0,180	14,70	14,78	1,48	85,60		
100	0,150	11,80	11,86	1,19	84,41		
200	0,075	34,70	34,88	3,49	80,92		
FONDO		3,40	3,42	0,34	80,58		
Pasa tamiz 200		805,80	805,80	80,58			
Σ =		999,00	1000,00				

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2aR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			265,50	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			734,50	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			264,20	gr			
Perdida por tamizado			1,30	gr			
% error <1%			0,49	ok			
Tamiz	Abertura	Retenido Parcial			% Pasa		
	(mm)	(gr.)	correccion	(%)	100,000		
10	2,000	19,30	19,39	1,94	98,06		
20	0,850	48,80	49,04	4,90	93,16		
40	0,425	43,60	43,81	4,38	88,78		
60	0,250	44,40	44,62	4,46	84,31		
80	0,180	27,10	27,23	2,72	81,59		
100	0,150	24,10	24,22	2,42	79,17		
200	0,075	52,20	52,46	5,25	73,92		
FONDO		4,70	4,72	0,47	73,45		
Pasa tamiz 200		734,50	734,50	73,45			
Σ =		998,70	1000,00				
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2aR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			166,50	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			833,50	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			165,80	gr			
Perdida por tamizado			0,70	gr			
% error <1%			0,42	ok			
Tamiz	Abertura	Retenido Parcial			% Pasa		
	(mm)	(gr.)	correccion	(%)			
10	2,000	17,50	17,57	1,76	98,24		
20	0,850	27,00	27,11	2,71	95,53		
40	0,425	31,90	32,03	3,20	92,33		
60	0,250	25,80	25,91	2,59	89,74		
80	0,180	16,00	16,07	1,61	88,13		
100	0,150	12,70	12,75	1,28	86,85		
200	0,075	31,50	31,63	3,16	83,69		
FONDO		3,40	3,41	0,34	83,35		
Pasa tamiz 200		833,50	833,50	83,35			
Σ =		999,30	1000,00				



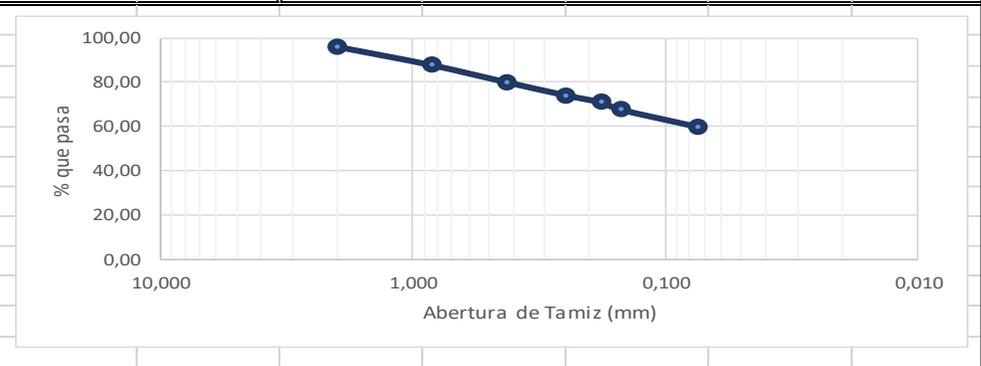
Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia chuquiribamba, canton loja, provincia de loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tes :	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Análisis Granulométrico por lavado						
Norma :	INEN 696						
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr		D60 =		Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			445,90 gr		D30 =		Cc =
Perdida por Lavado			554,10 gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado			445,10 gr				
Perdida por tamizado			0,80 gr				
% error <1%			0,18 ok				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa		
		(gr.)	correccion	(%)			
10	2,000	40,00	40,07	4,01	95,99		
20	0,850	104,00	104,19	10,42	85,57		
40	0,425	89,20	89,36	8,94	76,64		
60	0,250	65,90	66,02	6,60	70,04		
80	0,180	35,30	35,36	3,54	66,50		
100	0,150	31,00	31,06	3,11	63,39		
200	0,075	73,00	73,13	7,31	56,08		
FONDO		6,70	6,71	0,67	55,41		
Pasa tamiz 200		554,10	554,10	55,41			
Σ =		999,20	1000,00				

El gráfico muestra la curva de granulometría para el ensayo. El eje horizontal (Abertura de Tamiz) está en milímetros y tiene una escala logarítmica con marcas en 10,000, 1,000, 0,100 y 0,010. El eje vertical (% que pasa) está en porcentaje y tiene una escala lineal de 0,00 a 100,00. Los datos del gráfico corresponden a los valores de la siguiente tabla:

Abertura de Tamiz (mm)	% que pasa
2,000	95,99
0,850	85,57
0,425	76,64
0,250	70,04
0,180	66,50
0,150	63,39
0,075	56,08
0,075 (FONDO)	55,41

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr			D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			407,20 gr			D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			592,80 gr			D10 =	
Retenido parcial seco lavado			406,00 gr				
Perdida por tamizado			1,20 gr				
% error <1%			0,29 ok				

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	39,00	39,12	3,91	96,09
20	0,850	81,70	81,94	8,19	87,89
40	0,425	77,90	78,13	7,81	80,08
60	0,250	58,00	58,17	5,82	74,26
80	0,180	32,50	32,60	3,26	71,00
100	0,150	32,80	32,90	3,29	67,71
200	0,075	76,50	76,73	7,67	60,04
FONDO		7,60	7,62	0,76	59,28
Pasa tamiz 200		592,80	592,80	59,28	
Σ =		998,80	1000,00		



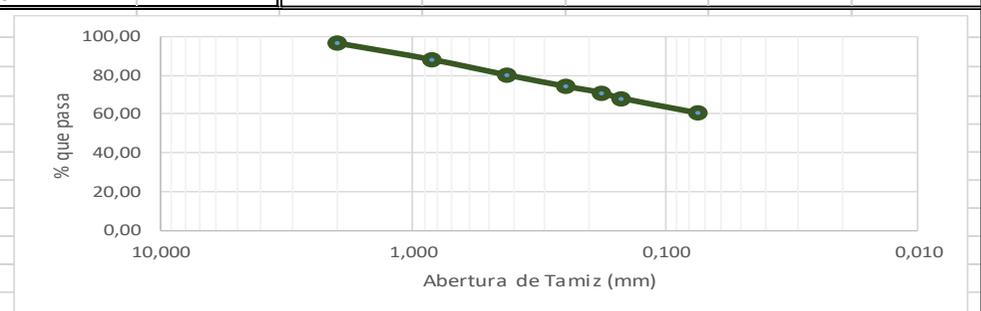
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr			D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			431,00 gr			D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			569,00 gr			D10 =	
Retenido parcial seco lavado			429,60 gr				
Perdida por tamizado			1,40 gr				
% error <1%			0,32 ok				

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	32,50	32,61	3,26	96,74
20	0,850	107,20	107,55	10,75	85,98
40	0,425	91,10	91,40	9,14	76,84
60	0,250	57,50	57,69	5,77	71,08
80	0,180	31,90	32,00	3,20	67,88
100	0,150	26,40	26,49	2,65	65,23
200	0,075	72,80	73,04	7,30	57,92
FONDO		10,20	10,23	1,02	56,90
Pasa tamiz 200		569,00	569,00	56,90	
Σ =		998,60	1000,00		



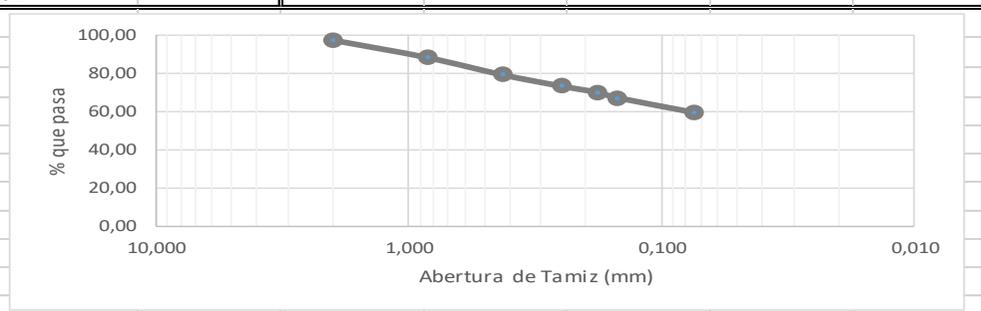
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2bR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr		D60 =		Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			405,60 gr		D30 =		Cc =
Perdida por Lavado			594,40 gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado			404,20 gr				
Perdida por tamizado			1,40 gr				
% error <1%			0,35 ok				

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	33,20	33,31	3,33	96,67
20	0,850	84,70	84,99	8,50	88,17
40	0,425	81,00	81,28	8,13	80,04
60	0,250	58,50	58,70	5,87	74,17
80	0,180	32,80	32,91	3,29	70,88
100	0,150	29,50	29,60	2,96	67,92
200	0,075	75,90	76,16	7,62	60,30
FONDO		8,60	8,63	0,86	59,44
Pasa tamiz 200		594,40	594,40	59,44	
Σ =		998,60	1000,00		



Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M2bR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr		D60 =		Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			415,90 gr		D30 =		Cc =
Perdida por Lavado			584,10 gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado			414,40 gr				
Perdida por tamizado			1,50 gr				
% error <1%			0,36 ok				

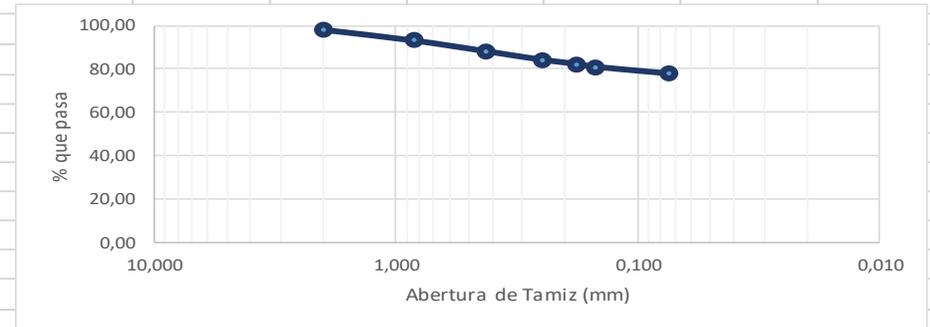
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	26,10	26,19	2,62	97,38
20	0,850	90,60	90,93	9,09	88,29
40	0,425	91,30	91,63	9,16	79,12
60	0,250	58,70	58,91	5,89	73,23
80	0,180	32,60	32,72	3,27	69,96
100	0,150	28,20	28,30	2,83	67,13
200	0,075	76,60	76,88	7,69	59,44
FONDO		10,30	10,34	1,03	58,41
Pasa tamiz 200		584,10	584,10	58,41	
Σ =		998,50	1000,00		



Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia chuquiribamba, canton loja, provincia de loja"																									
Tesista :	Darwin Alulima																									
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla																									
Ensayo :	Análisis Granulométrico por lavado																									
Norma :	INEN 696																									
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos																			
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr		D60 =		Cu =																			
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			283,40 gr		D30 =		Cc =																			
Perdida por Lavado			716,60 gr		D10 =																					
Retenido parcial seco lavado			282,60 gr																							
Perdida por tamizado			0,80 gr																							
% error <1%			0,28 ok																							
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa	<table border="1"> <caption>Datos del Gráfico de Línea</caption> <thead> <tr> <th>Abertura de Tamiz (mm)</th> <th>% que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2,000</td><td>98,41</td></tr> <tr><td>0,850</td><td>92,86</td></tr> <tr><td>0,425</td><td>86,87</td></tr> <tr><td>0,250</td><td>81,21</td></tr> <tr><td>0,180</td><td>78,45</td></tr> <tr><td>0,150</td><td>76,42</td></tr> <tr><td>0,075</td><td>72,23</td></tr> <tr><td>FONDO</td><td>71,66</td></tr> </tbody> </table>			Abertura de Tamiz (mm)	% que pasa	2,000	98,41	0,850	92,86	0,425	86,87	0,250	81,21	0,180	78,45	0,150	76,42	0,075	72,23	FONDO	71,66
Abertura de Tamiz (mm)	% que pasa																									
2,000	98,41																									
0,850	92,86																									
0,425	86,87																									
0,250	81,21																									
0,180	78,45																									
0,150	76,42																									
0,075	72,23																									
FONDO	71,66																									
		(gr.)	correccion	(%)																						
10	2,000	15,90	15,95	1,59	98,41																					
20	0,850	55,30	55,46	5,55	92,86																					
40	0,425	59,70	59,87	5,99	86,87																					
60	0,250	56,50	56,66	5,67	81,21																					
80	0,180	27,50	27,58	2,76	78,45																					
100	0,150	20,20	20,26	2,03	76,42																					
200	0,075	41,80	41,92	4,19	72,23																					
FONDO		5,70	5,72	0,57	71,66																					
Pasa tamiz 200		716,60	716,60	71,66																						
Σ =		999,20	1000,00																							

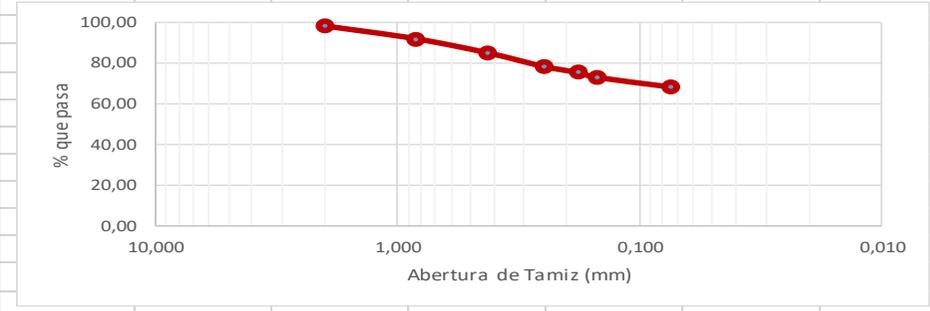
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1,000,00 gr			D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			228,40 gr			D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			771,60 gr			D10 =	
Retenido parcial seco lavado			228,30 gr				
Perdida por tamizado			0,10 gr				
% error <1%			0,04 ok				

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	16,10	16,11	1,61	98,39
20	0,850	50,30	50,32	5,03	93,36
40	0,425	50,80	50,82	5,08	88,27
60	0,250	40,30	40,32	4,03	84,24
80	0,180	19,50	19,51	1,95	82,29
100	0,150	14,10	14,11	1,41	80,88
200	0,075	31,20	31,21	3,12	77,76
FONDO		6,00	6,00	0,60	77,16
Pasa tamiz 200		771,60	771,60	77,16	
Σ =		999,90	1000,00		



Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1,000,00 gr			D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			323,00 gr			D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			677,00 gr			D10 =	
Retenido parcial seco lavado			322,90 gr				
Perdida por tamizado			0,10 gr				
% error <1%			0,03 ok				

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	21,70	21,71	2,17	97,83
20	0,850	61,00	61,02	6,10	91,73
40	0,425	68,90	68,92	6,89	84,84
60	0,250	65,40	65,42	6,54	78,29
80	0,180	30,20	30,21	3,02	75,27
100	0,150	23,30	23,31	2,33	72,94
200	0,075	45,70	45,71	4,57	68,37
FONDO		6,70	6,70	0,67	67,70
Pasa tamiz 200		677,00	677,00	67,70	
Σ =		999,90	1000,00		



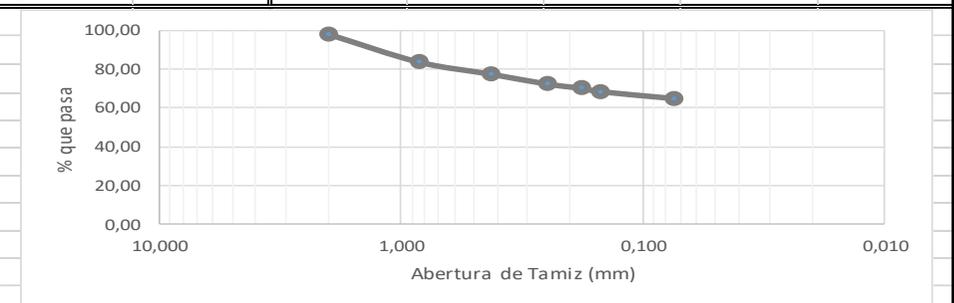
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3aR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr		D60 =		Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			234,50 gr		D30 =		Cc =
Perdida por Lavado			765,50 gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado			233,80 gr				
Perdida por tamizado			0,70 gr				
% error <1%			0,30 ok				

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	16,70	16,75	1,68	98,33
20	0,850	48,20	48,34	4,83	93,49
40	0,425	57,00	57,17	5,72	87,77
60	0,250	45,60	45,74	4,57	83,20
80	0,180	18,40	18,46	1,85	81,35
100	0,150	14,70	14,74	1,47	79,88
200	0,075	29,60	29,69	2,97	76,91
FONDO		3,60	3,61	0,36	76,55
Pasa tamiz 200		765,50	765,50	76,55	
Σ =		999,30	1000,00		



Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3aR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00 gr		D60 =		Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			354,40 gr		D30 =		Cc =
Perdida por Lavado			645,60 gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado			353,20 gr				
Perdida por tamizado			1,20 gr				
% error <1%			0,34 ok				

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	18,90	18,96	1,90	98,10
20	0,850	141,70	142,18	14,22	83,89
40	0,425	62,70	62,91	6,29	77,59
60	0,250	49,90	50,07	5,01	72,59
80	0,180	22,50	22,58	2,26	70,33
100	0,150	16,90	16,96	1,70	68,63
200	0,075	34,60	34,72	3,47	65,16
FONDO		6,00	6,02	0,60	64,56
Pasa tamiz 200		645,60	645,60	64,56	
Σ =		998,80	1000,00		



Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia chuquiribamba, canton loja, provincia de loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Análisis Granulométrico por lavado						
Norma :	INEN 696						
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al homo después del Lavado			582,10	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			417,90	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			582,00	gr			
Perdida por tamizado			0,10	gr			
% error <1%			0,02	ok			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa		
		(gr.)	correccion	(%)			
10	2,000	61,30	61,31	6,13	93,87		
20	0,850	170,50	170,53	17,05	76,82		
40	0,425	117,40	117,42	11,74	65,07		
60	0,250	82,10	82,11	8,21	56,86		
80	0,180	40,80	40,81	4,08	52,78		
100	0,150	31,80	31,81	3,18	49,60		
200	0,075	66,70	66,71	6,67	42,93		
FONDO		11,40	11,40	1,14	41,79		
Pasa tamiz 200		417,90	417,90	41,79			
Σ =		999,90	1000,00				

Abertura de Tamiz (mm)	% que pasa
2,000	93,87
0,850	76,82
0,425	65,07
0,250	56,86
0,180	52,78
0,150	49,60
0,075	42,93

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			517,20	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			482,80	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			516,50	gr			
Perdida por tamizado			0,70	gr			
% error <1%			0,14	ok			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa		
		(gr.)	correccion	(%)			
10	2,000	53,90	53,97	5,40	94,60		
20	0,850	134,60	134,78	13,48	81,12		
40	0,425	99,10	99,23	9,92	71,20		
60	0,250	73,50	73,60	7,36	63,84		
80	0,180	41,10	41,16	4,12	59,73		
100	0,150	33,30	33,35	3,33	56,39		
200	0,075	72,60	72,70	7,27	49,12		
FONDO		8,40	8,41	0,84	48,28		
Pasa tamiz 200		482,80	482,80	48,28			
Σ =		999,30	1000,00				

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			498,20	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			501,80	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			497,40	gr			
Perdida por tamizado			0,80	gr			
% error <1%			0,16	ok			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa		
		(gr.)	correccion	(%)			
10	2,000	41,00	41,07	4,11	95,89		
20	0,850	101,70	101,86	10,19	85,71		
40	0,425	95,90	96,05	9,61	76,10		
60	0,250	84,80	84,94	8,49	67,61		
80	0,180	47,10	47,18	4,72	62,89		
100	0,150	39,10	39,16	3,92	58,97		
200	0,075	80,20	80,33	8,03	50,94		
FONDO		7,60	7,61	0,76	50,18		
Pasa tamiz 200		501,80	501,80	50,18			
Σ =		999,20	1000,00				

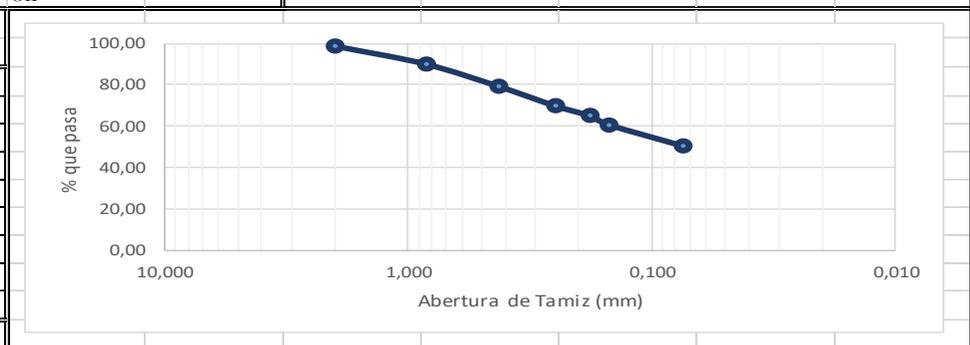
Ubicación:	San Antonio Bajo		Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3bR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
Peso Inicial de la Muestra Seca				1.000,00	gr		D60 =	Cu =	
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado				554,30	gr		D30 =	Cc =	
Perdida por Lavado				445,70	gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado				553,40	gr				
Perdida por tamizado				0,90	gr				
% error <1%				0,16	ok				
Tamiz	Abertura	Retenido Parcial			% Pasa				
	(mm)	(gr.)	correccion	(%)					
10	2,000	68,30	68,41	6,84	93,16				
20	0,850	166,60	166,87	16,69	76,47				
40	0,425	103,30	103,47	10,35	66,12				
60	0,250	73,50	73,62	7,36	58,76				
80	0,180	37,60	37,66	3,77	55,00				
100	0,150	29,20	29,25	2,92	52,07				
200	0,075	66,80	66,91	6,69	45,38				
FONDO		8,10	8,11	0,81	44,57				
Pasa tamiz 200		445,70	445,70	44,57					
Σ =		999,10	1000,00						

Ubicación:	San Antonio Bajo		Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M3bR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
Peso Inicial de la Muestra Seca				1.000,00	gr		D60 =	Cu =	
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado				620,10	gr		D30 =	Cc =	
Perdida por Lavado				379,90	gr		D10 =		
Retenido parcial seco lavado				618,10	gr				
Perdida por tamizado				2,00	gr				
% error <1%				0,32	ok				
Tamiz	Abertura	Retenido Parcial			% Pasa				
	(mm)	(gr.)	correccion	(%)					
10	2,000	63,00	63,20	6,32	93,68				
20	0,850	209,00	209,68	20,97	72,71				
40	0,425	127,00	127,41	12,74	59,97				
60	0,250	82,40	82,67	8,27	51,70				
80	0,180	37,70	37,82	3,78	47,92				
100	0,150	28,40	28,49	2,85	45,07				
200	0,075	64,70	64,91	6,49	38,58				
FONDO		5,90	5,92	0,59	37,99				
Pasa tamiz 200		379,90	379,90	37,99					
Σ =		998,00	1000,00						

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia chuquiribamba, canton loja, provincia de loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Análisis Granulométrico por lavado						
Norma :	INEN 696						
Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			459,00	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			541,00	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			458,00	gr			
Perdida por tamizado			1,00	gr			
% error <1%			0,22	ok			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial (gr.)		correccion (%)	% Pasa		
10	2,000	12,10	12,13	1,21	98,79		
20	0,850	66,10	66,24	6,62	92,16		
40	0,425	86,00	86,19	8,62	83,54		
60	0,250	86,70	86,89	8,69	74,86		
80	0,180	48,70	48,81	4,88	69,97		
100	0,150	44,50	44,60	4,46	65,51		
200	0,075	99,10	99,32	9,93	55,58		
FONDO		14,80	14,83	1,48	54,10		
Pasa tamiz 200		541,00	541,00	54,10			
Σ =		999,00	1000,00				

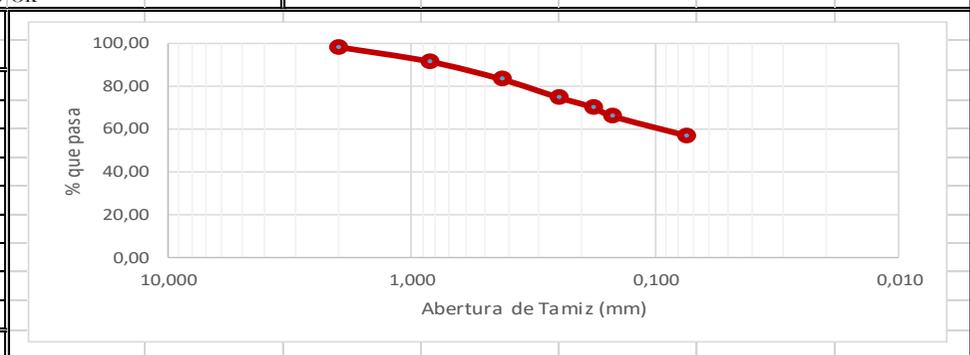
Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			516,40	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			483,60	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			515,60	gr			
Perdida por tamizado			0,80	gr			
% error <1%			0,15	ok			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	15,40	15,42	1,54	98,46
20	0,850	86,00	86,13	8,61	89,84
40	0,425	107,80	107,97	10,80	79,05
60	0,250	92,90	93,04	9,30	69,74
80	0,180	48,10	48,17	4,82	64,93
100	0,150	43,10	43,17	4,32	60,61
200	0,075	101,00	101,16	10,12	50,49
FONDO		21,30	21,33	2,13	48,36
Pasa tamiz 200		483,60	483,60	48,36	
Σ =		999,20	1000,00		



Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			447,50	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			552,50	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			446,70	gr			
Perdida por tamizado			0,80	gr			
% error <1%			0,18	ok			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	16,10	16,13	1,61	98,39
20	0,850	67,30	67,42	6,74	91,65
40	0,425	84,10	84,25	8,43	83,22
60	0,250	84,10	84,25	8,43	74,79
80	0,180	46,60	46,68	4,67	70,13
100	0,150	41,40	41,47	4,15	65,98
200	0,075	89,90	90,06	9,01	56,97
FONDO		17,20	17,23	1,72	55,25
Pasa tamiz 200		552,50	552,50	55,25	
Σ =		999,20	1000,00		



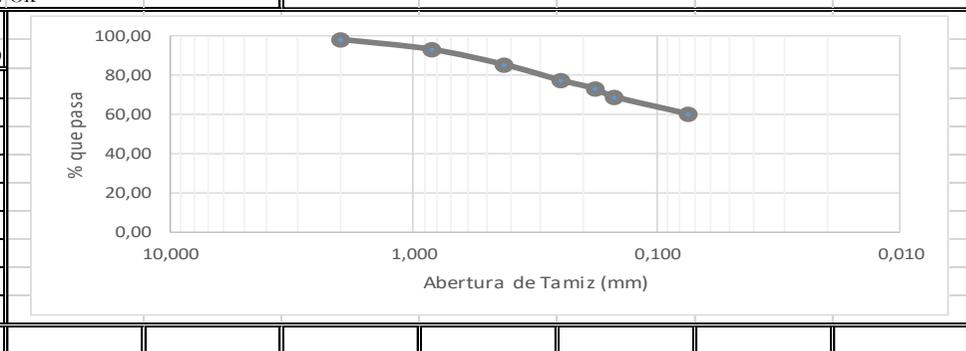
Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4aR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			465,10	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			534,90	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			463,80	gr			
Perdida por tamizado			1,30	gr			
% error <1%			0,28	ok			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	22,60	22,66	2,27	97,73
20	0,850	73,30	73,51	7,35	90,38
40	0,425	89,20	89,45	8,95	81,44
60	0,250	81,30	81,53	8,15	73,29
80	0,180	44,60	44,73	4,47	68,81
100	0,150	40,90	41,01	4,10	64,71
200	0,075	98,20	98,48	9,85	54,86
FONDO		13,70	13,74	1,37	53,49
Pasa tamiz 200		534,90	534,90	53,49	
Σ =		998,70	1000,00		



Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4aR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			411,40	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			588,60	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			410,50	gr			
Perdida por tamizado			0,90	gr			
% error <1%			0,22	ok			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	13,70	13,73	1,37	98,63
20	0,850	51,20	51,31	5,13	93,50
40	0,425	79,10	79,27	7,93	85,57
60	0,250	80,40	80,58	8,06	77,51
80	0,180	44,10	44,20	4,42	73,09
100	0,150	42,30	42,39	4,24	68,85
200	0,075	87,90	88,09	8,81	60,04
FONDO		11,80	11,83	1,18	58,86
Pasa tamiz 200		588,60	588,60	58,86	
Σ =		999,10	1000,00		

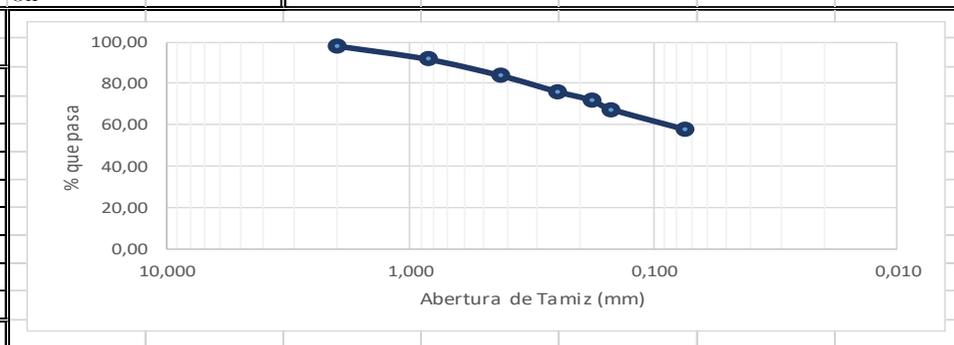


Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia chuquiribamba, canton loja, provincia de loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Análisis Granulométrico por lavado						
Norma :	INEN 696						
Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr	D60 =		Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			448,60	gr	D30 =		Cc =
Perdida por Lavado			551,40	gr	D10 =		
Retenido parcial seco lavado			447,90	gr			
Perdida por tamizado			0,70	gr			
% error <1%			0,16	ok			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial		% Pasa			
		(gr.)	correccion	(%)			
10	2,000	9,20	9,21	0,92	99,08		
20	0,850	66,50	66,60	6,66	92,42		
40	0,425	79,90	80,02	8,00	84,42		
60	0,250	79,80	79,92	7,99	76,42		
80	0,180	49,70	49,78	4,98	71,45		
100	0,150	48,20	48,28	4,83	66,62		
200	0,075	101,80	101,96	10,20	56,42		
FONDO		12,80	12,82	1,28	55,14		
Pasa tamiz 200		551,40	551,40	55,14			
Σ =		999,30	1000,00				

Abertura de Tamiz (mm)	% que pasa
10,000	99,08
2,000	92,42
0,850	84,42
0,425	76,42
0,250	71,45
0,180	66,62
0,150	66,62
0,100	56,42

Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			438,40	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			561,60	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			437,20	gr			
Perdida por tamizado			1,20	gr			
% error <1%			0,27	ok			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	17,60	17,65	1,76	98,24
20	0,850	64,00	64,18	6,42	91,82
40	0,425	80,00	80,22	8,02	83,80
60	0,250	77,40	77,61	7,76	76,03
80	0,180	42,10	42,22	4,22	71,81
100	0,150	43,90	44,02	4,40	67,41
200	0,075	97,50	97,77	9,78	57,63
FONDO		14,70	14,74	1,47	56,16
Pasa tamiz 200		561,60	561,60	56,16	
Σ =		998,80	1000,00		



Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			499,90	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			500,10	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			499,80	gr			
Perdida por tamizado			0,10	gr			
% error <1%			0,02	ok			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	11,00	11,00	1,10	98,90
20	0,850	75,80	75,82	7,58	91,32
40	0,425	87,20	87,22	8,72	82,60
60	0,250	92,70	92,72	9,27	73,32
80	0,180	53,80	53,81	5,38	67,94
100	0,150	51,20	51,21	5,12	62,82
200	0,075	109,90	109,92	10,99	51,83
FONDO		18,20	18,20	1,82	50,01
Pasa tamiz 200		500,10	500,10	50,01	
Σ =		999,90	1000,00		



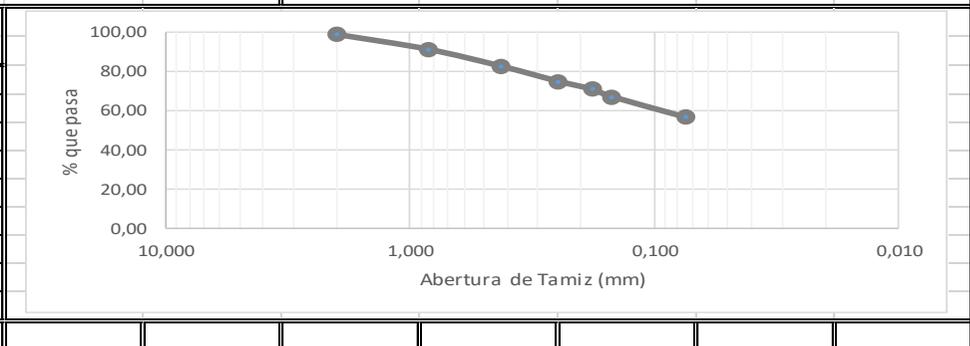
Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4bR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			483,10	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			516,90	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			479,70	gr			
Perdida por tamizado			3,40	gr			
% error <1%			0,70	ok			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	11,50	11,58	1,16	98,84
20	0,850	70,60	71,10	7,11	91,73
40	0,425	80,00	80,57	8,06	83,68
60	0,250	74,10	74,63	7,46	76,21
80	0,180	43,00	43,30	4,33	71,88
100	0,150	80,00	80,57	8,06	63,83
200	0,075	104,20	104,94	10,49	53,33
FONDO		16,30	16,42	1,64	51,69
Pasa tamiz 200		516,90	516,90	51,69	
Σ =		996,60	1000,00		



Ubicación:	Sapul	Fecha:	06/07/2021	N° de muestra:	M4bR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Peso Inicial de la Muestra Seca			1.000,00	gr		D60 =	Cu =
Peso de la Muestra seca al horno después del Lavado			447,90	gr		D30 =	Cc =
Perdida por Lavado			552,10	gr		D10 =	
Retenido parcial seco lavado			447,20	gr			
Perdida por tamizado			0,70	gr			
% error <1%			0,16	ok			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial			% Pasa
		(gr.)	correccion	(%)	
10	2,000	14,50	14,52	1,45	98,55
20	0,850	74,60	74,72	7,47	91,08
40	0,425	86,20	86,33	8,63	82,44
60	0,250	75,60	75,72	7,57	74,87
80	0,180	41,60	41,67	4,17	70,70
100	0,150	37,20	37,26	3,73	66,98
200	0,075	103,70	103,86	10,39	56,59
FONDO		13,80	13,82	1,38	55,21
Pasa tamiz 200		552,10	552,10	55,21	
Σ =		999,30	1000,00		



Anexo 4. Cálculo de los Límites de consistencia

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"										
Tesista :	Darwin Alulima										
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla										
Ensayo :	LÍMITES DE CONSISTENCIA										
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	INEN 691									
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	INEN 692									
LÍMITE CONTRACCIÓN	Norma :	ASTM D-427									
Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M1aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos				
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia		% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	51,4	46,31	
Peso del recipiente	gr	8	8,4	8,6	10,7	8,7	8,8	Límite Plástico (%)	46,1		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	18,7	18,1	17,6	14,1	11,6	12	Límite Contracción (%)	32,0		
Peso del recipiente + muestra seca	gr	14,8	15,2	14,4	13	10,7	11	Índice de Plasticidad (%)	5,3		
Contenido de Humedad	%	57,4	42,6	55,2	47,8	45,0	45,5	Actividad Arcilla	0,11		
Número de Golpes		39	24	19	Promedio:	46,1		Clasificación	Inactiva		
Límite Contracción											
Peso del recipiente(gr)	21,6	Diagram de Fluidez									
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	56,8	Número de	Contenido de								
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	45,9	Golpes	Humedad (%)								
Peso agua(gr)	10,9	39	57,4								
Peso suelo seco(gr)	24,3	24	42,6								
Contenido humedad(%)	44,9	19	55,2								
Volumen vasija contracción(cm3)	21,0	25	51,4								
Volumen torta suelo seco(cm3)	17,9										
(V-Vo) (cm3)	3,1										
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,8										
Límite contracción(%)	32,0										

Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M1aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	53,9	63,05
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,8	17,5	17,7	17,6	Límite Plástico (%)	39,6	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	28,3	26,9	28,4	21,5	21,2	21	Límite Contracción (%)	29,1	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,7	23,6	24,6	20,3	20,2	20,1	Índice de Plasticidad (%)	14,3	
Contenido de Humedad	%	50,7	52,4	55,9	42,9	40,0	36,0	Actividad Arcilla	0,23	
Número de Golpes		35	30	20	Promedio:	39,6		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	21,3	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	57,2	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	46,1	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	11,1	35	50,7							
Peso suelo seco(gr)	24,8	30	52,4							
Contenido humedad(%)	44,8	20	55,9							
Volumen vasija contracción(cm ³)	20,4	25	53,9							
Volumen torta suelo seco(cm ³)	16,5									
(V-Vo) (cm ³)	3,9									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm ³)	15,7									
Límite contracción(%)	29,1									

Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M1aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	51,9	48,34
Peso del recipiente	gr	17,7	17,3	17,6	17,8	17,5	17,2	Límite Plástico (%)	40,3	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	27,6	27	28,1	19,8	20,5	20,6	Límite Contracción (%)	28,2	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,3	23,7	24,5	19,2	19,7	19,6	Índice de Plasticidad (%)	11,6	
Contenido de Humedad	%	50,0	51,6	52,2	42,9	36,4	41,7	Actividad Arilla	0,24	
Número de Golpes		38	30	22	Promedio:	40,3		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,5	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	54,3	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	41,1	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,2	38	50,0							
Peso suelo seco(gr)	33,6	30	51,6							
Contenido humedad(%)	39,3	22	52,2							
Volumen vasija contracción(cm ³)	27,6	25	51,9							
Volumen torta suelo seco(cm ³)	23,8									
(V-Vo) (cm ³)	3,7									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm ³)	11,1									
Límite contracción(%)	28,2									

$y = -3,8761n(x) + 64,332$

Límite Líquido

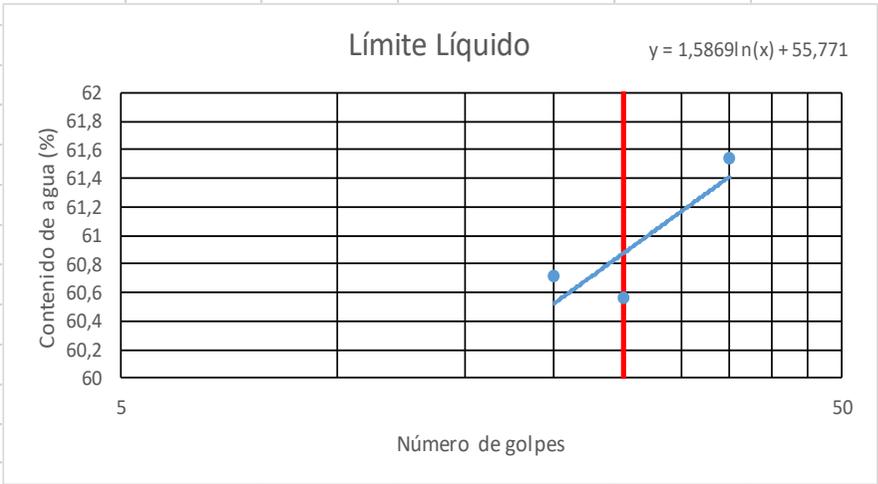
Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M1aR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	50,4	51,57
Peso del recipiente	gr	17,5	17,5	17,6	17,7	31,8	33,1	Límite Plástico (%)	38,2	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	27,7	26,6	26,5	20,4	36,1	36,9	Límite Contracción (%)	28,0	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,4	23,6	23,5	19,7	34,9	35,8	Índice de Plasticidad (%)	12,3	
Contenido de Humedad	%	47,8	49,2	50,8	35,0	38,7	40,7	Actividad Arcilla	0,24	
Número de Golpes		39	29	24	Promedio:	38,2		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,3	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	57,1	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	43,7	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,4	39	47,8							
Peso suelo seco(gr)	36,4	29	49,2							
Contenido humedad(%)	36,8	24	50,8							
Volumen vasija contracción(cm ³)	27,6	25	50,4							
Volumen torta suelo seco(cm ³)	24,4									
(V-Vo) (cm ³)	3,2									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm ³)	8,8									
Límite contracción(%)	28,0									

Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M1aR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	47,7	47,85
Peso del recipiente	gr	8,8	8,6	8,6	8	8,5	10,6	Límite Plástico (%)	31,5	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	16,7	18,5	17	11,3	11,6	13,4	Límite Contracción (%)	22,0	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	14,2	15,3	14,3	10,5	10,9	12,7	Índice de Plasticidad (%)	16,2	
Contenido de Humedad	%	46,3	47,8	47,4	32,0	29,2	33,3	Actividad Arcilla	0,34	
Número de Golpes		40	30	25	Promedio:	31,5		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	9,5	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	60,2	Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	46,8	40	46,3							
Peso agua(gr)	13,4	30	47,8							
Peso suelo seco(gr)	37,3	25	47,4							
Contenido humedad(%)	35,9	25	47,7							
Volumen vasija contracción(cm ³)	28,9									
Volumen torta suelo seco(cm ³)	23,7									
(V-Vo) (cm ³)	5,2									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm ³)	13,9									
Límite contracción(%)	22,0									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
40	46,3
30	47,8
25	47,4
25	47,7

$y = -2,534\ln(x) + 55,85$

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"																					
Tesista :	Darwin Alulima																					
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla																					
Ensayo :	LÍMITES DE CONSISTENCIA																					
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	INEN 691																				
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	INEN 692																				
LÍMITE CONTRACCIÓN	Norma :	ASTM D-427																				
Ubicación:	Payama		Fecha:	30/07/2021	N° muestra:	M1bR1		Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos													
			Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia													
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	51,4	% Tamíz # 200												
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,8	17,5	17,7	17,6	Límite Plástico (%)	47,9													
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	26	28,7	26,8	21	20,8	21,2	Límite Contracción (%)	29,4													
Peso del recipiente + muestra seca	gr	22,8	24,4	23,4	19,8	19,8	20,1	Índice de Plasticidad (%)	3,5													
Contenido de Humedad	%	61,5	60,6	60,7	52,2	47,6	44,0	Actividad Arcilla	0,08													
Número de Golpes		35	25	20	Promedio:	47,9		Clasificación	Inactiva													
Límite Contracción																						
Peso del recipiente(gr)	7,2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Diagram de Fluidiez</th> </tr> <tr> <th>Número de Golpes</th> <th>Contenido de Humedad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>35</td> <td>61,5</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>60,6</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>60,7</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>51,4</td> </tr> </tbody> </table>									Diagram de Fluidiez		Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)	35	61,5	25	60,6	20	60,7	25	51,4
Diagram de Fluidiez																						
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)																					
35	61,5																					
25	60,6																					
20	60,7																					
25	51,4																					
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	52,2																					
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	39,0																					
Peso agua(gr)	13,2																					
Peso suelo seco(gr)	31,8																					
Contenido humedad(%)	41,5																					
Volumen vasija contracción(cm3)	27,0																					
Volumen torta suelo seco(cm3)	23,1																					
(V-Vo) (cm3)	3,8																					
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,1																					
Límite contracción(%)	29,4																					



Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	N° muestra:	M1bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	61,3	58,88
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,6	17,8	17,6	17,2	Límite Plástico (%)	48,5	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	26,2	25,7	27,5	20,2	20,8	20,2	Límite Contracción (%)	33,4	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	23	22,5	23,7	19,4	19,8	19,2	Índice de Plasticidad (%)	12,8	
Contenido de Humedad	%	59,3	61,5	62,3	50,0	45,5	50,0	Actividad Aréola	0,22	
Número de Golpes		35	28	19	Promedio:	48,5		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,3	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	52,2	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	38,5	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,7	35	59,3							
Peso suelo seco(gr)	31,2	28	61,5							
Contenido humedad(%)	43,9	19	62,3							
Volumen vasija contracción(cm3)	27,9	25	61,3							
Volumen torta suelo seco(cm3)	24,7									
(V-Vo) (cm3)	3,3									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	10,5									
Límite contracción(%)	33,4									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	59,3
28	61,5
19	62,3
25	61,3

Límite Líquido

$y = -4,633\ln(x) + 76,216$

Contenido de agua (%)

Número de golpes

Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	N° muestra:	M1bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	58,3	49,17
Peso del recipiente	gr	8,8	8,7	8,6	8	8,5	10,6	Límite Plástico (%)	46,6	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	18	18,6	17,2	12,1	12,2	13,8	Límite Contracción (%)	29,7	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	14,6	15	14	10,8	11	12,8	Índice de Plasticidad (%)	11,7	
Contenido de Humedad	%	58,6	57,1	59,3	46,4	48,0	45,5	Actividad Arcilla	0,24	
Número de Golpes		32	22	18	Promedio:	46,6		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	9,4	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	55,1	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	41,6	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,5	32	58,6							
Peso suelo seco(gr)	32,2	22	57,1							
Contenido humedad(%)	41,9	18	59,3							
Volumen vasija contracción(cm ³)	28,4	25	58,3							
Volumen torta suelo seco(cm ³)	24,4									
(V-Vo) (cm ³)	3,9									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm ³)	12,2									
Límite contracción(%)	29,7									

$y = -0,4661n(x) + 59,808$

Límite Líquido

Contenido de agua (%)

Número de golpes

Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	Nº muestra:	M1bR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	56,0	52,92
Peso del recipiente	gr	17,7	17,3	17,8	17,5	17,7	17,7	Límite Plástico (%)	50,9	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	30,4	30	30,2	20,5	20,4	20,6	Límite Contracción (%)	29,9	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	25,7	25,4	25,5	19,5	19,5	19,6	Índice de Plasticidad (%)	5,1	
Contenido de Humedad	%	58,8	56,8	61,0	50,0	50,0	52,6	Actividad Arilla	0,10	
Número de Golpes		33	27	19	Promedio:	50,9		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,1	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	50,3	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	37,7	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	12,6	33	58,8							
Peso suelo seco(gr)	30,6	27	56,8							
Contenido humedad(%)	41,2	19	61,0							
Volumen vasija contracción(cm3)	26,6	25	56,0							
Volumen torta suelo seco(cm3)	23,1									
(V-Vo) (cm3)	3,5									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	11,3									
Límite contracción(%)	29,9									

Límite Líquido

$y = 11,605\ln(x) + 18,637$

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
33	58,8
27	56,8
19	61,0
25	56,0

Ubicación:	Payama	Fecha:	30/07/2021	N° muestra:		M1bR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
			Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	59,0	51,91
Peso del recipiente		gr	17,5	17,5	17,6	18,1	31,8	33	Límite Plástico (%)	46,7	
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	28,7	28,9	28,1	20,3	34,5	37,3	Límite Contracción (%)	30,0	
Peso del recipiente + muestra seca		gr	24,6	28,1	24,5	19,6	33,6	36	Índice de Plasticidad (%)	12,3	
Contenido de Humedad		%	57,7	7,5	52,2	46,7	50,0	43,3	Actividad Arcilla	0,24	
Número de Golpes			32	25	20	Promedio:	46,7		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción											
Peso del recipiente(gr)	9,9	Diagram de Fluides									
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	56,1	Número de	Contenido de								
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	42,3	Golpes	Humedad (%)								
Peso agua(gr)	13,8	32	57,7								
Peso suelo seco(gr)	32,4	25	7,5								
Contenido humedad(%)	42,6	20	52,2								
Volumen vasija contracción(cm3)	27,9	25	59,0								
Volumen torta suelo seco(cm3)	23,8										
(V-Vo) (cm3)	4,1										
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,6										
Límite contracción(%)	30,0										

Límite Líquido

$y = -5,044\ln(x) + 75,231$

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
32	57,7
25	7,5
20	52,2
25	59,0

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"												
Tesista :	Darwin Alulima												
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla												
Ensayo :	LÍMITES DE CONSISTENCIA												
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	INEN 691											
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	INEN 692											
LÍMITE CONTRACCIÓN	Norma :	ASTM D-427											
Ubicación:	San Antonio Alto		Fecha:	30/07/2021		N° de muestra:	M2aR1		Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia		% Tamíz # 200			
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	46,1	83,9			
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,6	17,7	17,5	17,2	Límite Plástico (%)	30,9				
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	31,5	31,2	28,4	20,4	20,2	20,3	Límite Contracción (%)	22,6				
Peso del recipiente + muestra seca	gr	27,4	26,9	25	19,7	19,6	19,6	Índice de Plasticidad (%)	15,2				
Contenido de Humedad	%	41,8	44,8	45,9	35,0	28,6	29,2	Actividad Arcilla	0,18				
Número de Golpes		40	30	25	Promedio:	30,9		Clasificación	Inactiva				
Límite Contracción													
Peso del recipiente(gr)	7,2												
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	57,9												
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	44,6												
Peso agua(gr)	13,3												
Peso suelo seco(gr)	37,4												
Contenido humedad(%)	35,6												
Volumen vasija contracción(cm3)	27,9												
Volumen torta suelo seco(cm3)	23,0												
(V-Vo) (cm3)	4,8												
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,9												
Límite contracción(%)	22,6												
		Diagram de Fluidéz											
		Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)										
		40	41,8										
		30	44,8										
		25	45,9										
		25	46,1										
<p style="text-align: center;">Límite Líquido $y = -8,88 \ln(x) + 74,708$</p> <p style="text-align: center;">Contenido de agua (%)</p> <p style="text-align: center;">Número de golpes</p>													

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M2aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	42,5	76,85
Peso del recipiente	gr	8,8	8,7	8,6	8	8,5	10,6	Límite Plástico (%)	29,3	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	20,2	21	18,8	9,9	11,1	12,7	Límite Contracción (%)	21,2	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	16,9	17,4	15,7	9,5	10,5	12,2	Índice de Plasticidad (%)	13,2	
Contenido de Humedad	%	40,7	41,4	43,7	26,7	30,0	31,3	Actividad Arcilla	0,17	
Número de Golpes		42	29	20	Promedio:	29,3		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,4	Diagram de Fluidiez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	56,1	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	43,1	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,0	42	40,7							
Peso suelo seco(gr)	35,7	29	41,4							
Contenido humedad(%)	36,4	20	43,7							
Volumen vasija contracción(cm3)	27,7	25	42,5							
Volumen torta suelo seco(cm3)	22,3									
(V-Vo) (cm3)	5,4									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	15,2									
Límite contracción(%)	21,2									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
42	40,7
29	41,4
20	43,7
25	42,5

Límite Líquido

$y = -3,938 \ln(x) + 55,188$

Número de golpes	Contenido de agua (%)
42	40,7
29	41,4
20	43,7
25	42,5

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M2aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	42,4	80,58
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,8	17,5	17,7	17,6	Límite Plástico (%)	32,8	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	30,5	28,7	28,8	19,4	19,9	19,6	Límite Contracción (%)	14,6	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	26,8	25,3	25,5	18,9	19,4	19,1	Índice de Plasticidad (%)	9,5	
Contenido de Humedad	%	40,2	42,5	42,9	35,7	29,4	33,3	Actividad Arcilla	0,12	
Número de Golpes		40	29	20	Promedio:	32,8		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,2	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	29,5	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	22,8	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	6,7	40	40,2							
Peso suelo seco(gr)	18,6	29	42,5							
Contenido humedad(%)	36,0	20	42,9							
Volumen vasija contracción(cm3)	14,2	25	42,4							
Volumen torta suelo seco(cm3)	10,2									
(V-Vo) (cm3)	4,0									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	21,5									
Límite contracción(%)	14,6									

Límite Líquido

$y = -3,735\ln(x) + 54,373$

Número de Golpes	Contenido de Agua (%)
40	40,2
29	42,5
20	42,9
25	42,4

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M2aR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	42,1	83,35
Peso del recipiente	gr	17,7	17,3	17,6	17,7	17,5	17,2	Límite Plástico (%)	30,2	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	27,4	28,9	26,2	19,6	19,6	19,3	Límite Contracción (%)	13,2	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,6	25,6	23,6	19,1	19,2	18,8	Índice de Plasticidad (%)	11,9	
Contenido de Humedad	%	40,6	39,8	43,3	35,7	23,5	31,3	Actividad Arilla	0,14	
Número de Golpes		39	30	22	Promedio:	30,2		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,2	Diagram de Fluidéz								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	28,2	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	22,0	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	6,2	39	40,6							
Peso suelo seco(gr)	17,8	30	39,8							
Contenido humedad(%)	34,8	22	43,3							
Volumen vasija contracción(cm3)	13,8	25	42,1							
Volumen torta suelo seco(cm3)	9,9									
(V-Vo) (cm3)	3,9									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	21,6									
Límite contracción(%)	13,2									

Número de golpes	Contenido de agua (%)
39	40,6
30	39,8
22	43,3
25	42,1

El gráfico muestra la relación entre el número de golpes (eje X) y el contenido de agua en porcentaje (eje Y). Se han plotado tres puntos de datos y una línea de tendencia que describe la relación inversa entre ambos variables. Una línea roja vertical indica el número de golpes promedio de 30,2. La ecuación de la línea de tendencia es $y = -5,012\ln(x) + 58,19$.

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M2aR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
			Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	42,1	73,45
Peso del recipiente	gr	17,4	17,5	17,6	31,7	33	32,5	Límite Plástico (%)	21,9	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	27,3	26,8	29,3	35,1	36,4	36,8	Límite Contracción (%)	20,8	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,5	24,1	25,8	34,7	35,7	35,9	Índice de Plasticidad (%)	20,2	
Contenido de Humedad	%	39,4	40,9	42,7	13,3	25,9	26,5	Actividad Arcilla	0,27	
Número de Golpes		40	32	22	Promedio:	21,9		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	9,4	Diagram de Fluidéz								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	61,1	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	47,6	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,5	40	39,4							
Peso suelo seco(gr)	38,2	32	40,9							
Contenido humedad(%)	35,3	22	42,7							
Volumen vasija contracción(cm3)	28,3	25	42,1							
Volumen torta suelo seco(cm3)	22,8									
(V-Vo) (cm3)	5,6									
$((V-Vo)/Wo)*100$ (cm3)	14,6									
Límite contracción(%)	20,8									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
40	39,4
32	40,9
22	42,7
25	42,1

Límite Líquido

$y = -5,3581\ln(x) + 59,308$

Contenido de agua (%)

Número de golpes

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"										
Tesista :	Darwin Alulima										
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla										
Ensayo :	LÍMITES DE CONSISTENCIA										
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	INEN 691									
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	INEN 692									
LÍMITE CONTRACCIÓN	Norma :	ASTM D-427									
Ubicación:	San Antonio Alto		Fecha:	30/07/2021		N° de muestra:	M2bR1		Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
			Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia		% Tamíz # 200
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	46,7	55,41	
Peso del recipiente	gr	8,8	9,3	8,7	10,7	8,7	8,8	Límite Plástico (%)	46,1		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	18,7	18,8	18,7	14,1	11,6	12	Límite Contracción (%)	25,3		
Peso del recipiente + muestra seca	gr	15,7	15,8	15,5	13	10,7	11	Índice de Plasticidad (%)	0,6		
Contenido de Humedad	%	43,5	46,2	47,1	47,8	45,0	45,5	Actividad Arilla	0,01		
Número de Golpes		38	29	23	Promedio:	46,1		Clasificación	Inactiva		
Límite Contracción											
Peso del recipiente(gr)	7,3	Diagram de Fluidez									
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	55,7	Número de	Contenido de								
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	43,2	Golpes	Humedad (%)								
Peso agua(gr)	12,5	38	43,5								
Peso suelo seco(gr)	35,9	29	46,2								
Contenido humedad(%)	34,8	23	47,1								
Volumen vasija contracción(cm3)	27,5	25	46,7								
Volumen torta suelo seco(cm3)	24,1										
(V-Vo) (cm3)	3,4										
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	9,5										
Límite contracción(%)	25,3										

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
38	43,5
29	46,2
23	47,1
25	46,7

$y = -7,207\ln(x) + 69,925$

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M2bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
			Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	48,4	59,28
Peso del recipiente	gr	23,5	17,3	17,1	8,1	8,5	10,6	Límite Plástico (%)	27,3	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	34,6	26,8	27,5	9,9	10,5	12,4	Límite Contracción (%)	27,8	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	31	23,7	24,1	9,6	10	12	Índice de Plasticidad (%)	21,0	
Contenido de Humedad	%	48,0	48,4	48,6	20,0	33,3	28,6	Actividad Arcilla	0,36	
Número de Golpes		35	26	18	Promedio:	27,3		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,4	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	54,7	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	41,9	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	12,8	35	48,0							
Peso suelo seco(gr)	34,5	26	48,4							
Contenido humedad(%)	37,1	18	48,6							
Volumen vasija contracción(cm3)	27,6	25	48,4							
Volumen torta suelo seco(cm3)	24,4									
(V-Vo) (cm3)	3,2									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	9,3									
Límite contracción(%)	27,8									

Diagram de Fluidez	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	48,0
26	48,4
18	48,6
25	48,4

Límite Líquido

$y = -0,84\ln(x) + 51,054$

Número de golpes	Contenido de agua (%)
35	48,0
26	48,4
18	48,6
25	48,4

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M2bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	49,4	56,9
Peso del recipiente	gr	8,6	20,3	8,1	17,7	32,1	10,8	Límite Plástico (%)	38,1	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	18,4	29,9	18,3	20,2	35,3	13,4	Límite Contracción (%)	25,4	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	15,2	26,7	14,9	19,5	34,3	12,8	Índice de Plasticidad (%)	11,3	
Contenido de Humedad	%	48,5	50,0	50,0	38,9	45,5	30,0	Actividad Arcilla	0,20	
Número de Golpes		34	24	18	Promedio:	38,1		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	9,4	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	57,9	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	44,6	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,3	34	48,5							
Peso suelo seco(gr)	35,2	24	50,0							
Contenido humedad(%)	37,8	18	50,0							
Volumen vasija contracción(cm3)	28,4	25	49,4							
Volumen torta suelo seco(cm3)	24,1									
(V-Vo) (cm3)	4,4									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,4									
Límite contracción(%)	25,4									

Diagram de Fluidez	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
34	48,5
24	50,0
18	50,0
25	49,4

$y = -2,4511n(x) + 57,333$

Límite Líquido

Número de golpes

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M2bR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	46,3	59,44
Peso del recipiente	gr	23,5	17,3	17,2	8,8	9,2	8,7	Límite Plástico (%)	24,1	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	34,9	27,7	27,3	10,2	11,2	9,9	Límite Contracción (%)	23,3	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	31,3	24,4	24,1	9,9	10,8	9,7	Índice de Plasticidad (%)	22,3	
Contenido de Humedad	%	46,2	46,5	46,4	27,3	25,0	20,0	Actividad Arcilla	0,37	
Número de Golpes		35	26	19	Promedio:	24,1		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,4	Diagram de Fluidéz								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	52,2	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	41,3	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	10,9	35	46,2							
Peso suelo seco(gr)	33,9	26	46,5							
Contenido humedad(%)	32,2	19	46,4							
Volumen vasija contracción(cm3)	27,3	25	46,3							
Volumen torta suelo seco(cm3)	24,3									
(V-Vo) (cm3)	3,0									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	8,9									
Límite contracción(%)	23,3									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	46,2
26	46,5
19	46,4
25	46,3

Límite Líquido

$y = -0,3591n(x) + 47,503$

Número de golpes	Contenido de agua (%)
35	46,2
26	46,5
19	46,4
25	46,3

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M2bR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	47,8	58,41
Peso del recipiente	gr	17,1	8,6	8	8,7	8,1	8,5	Límite Plástico (%)	35,0	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	27,9	18,5	17,3	10,5	9,5	10	Límite Contracción (%)	24,7	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,4	15,3	14,3	10,1	9,1	9,6	Índice de Plasticidad (%)	12,8	
Contenido de Humedad	%	47,9	47,8	47,6	28,6	40,0	36,4	Actividad Arcilla	0,22	
Número de Golpes		34	25	20	Promedio:	35,0		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,3	Diagram de Fluidiez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	53,1	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	40,8	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	12,3	34	47,9							
Peso suelo seco(gr)	33,5	25	47,8							
Contenido humedad(%)	36,7	20	47,6							
Volumen vasija contracción(cm3)	27,0	25	47,8							
Volumen torta suelo seco(cm3)	23,0									
(V-Vo) (cm3)	4,0									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,0									
Límite contracción(%)	24,7									

Límite Líquido

$y = 0,6137\ln(x) + 45,783$

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
34	47,9
25	47,8
20	47,6

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"										
Tesista :	Darwin Alulima										
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla										
Ensayo :	LÍMITES DE CONSISTENCIA										
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	INEN 691									
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	INEN 692									
LÍMITE CONTRACCIÓN	Norma :	ASTM D-427									
Ubicación:	San Antonio Bajo		Fecha:	30/07/2021		N° de muestra:	M3aR1		Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia		% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	50,3	71,66	
Peso del recipiente	gr	10,6	20,3	8,1	17,5	17,5	17,6	Límite Plástico (%)	26,1		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	21,6	28,3	18,1	18,7	19	19,2	Límite Contracción (%)	20,6		
Peso del recipiente + muestra seca	gr	18,1	25,6	14,8	18,5	18,7	18,8	Índice de Plasticidad (%)	24,2		
Contenido de Humedad	%	46,7	50,9	49,3	20,0	25,0	33,3	Actividad Arilla	0,34		
Número de Golpes		43	32	25	Promedio:	26,1		Clasificación	Inactiva		
Límite Contracción											
Peso del recipiente(gr)	4,2	Diagram de Fluides									
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	27,5	Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)								
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	20,4	43	46,7								
Peso agua(gr)	7,1	32	50,9								
Peso suelo seco(gr)	16,2	25	49,3								
Contenido humedad(%)	43,8	25	50,3								
Volumen vasija contracción(cm3)	13,9										
Volumen torta suelo seco(cm3)	10,2										
(V-Vo) (cm3)	3,8										
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	23,2										
Límite contracción(%)	20,6										

Límite Líquido

$y = -5,085\ln(x) + 66,662$

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M3aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	49,8	77,16
Peso del recipiente	gr	17,5	17,3	17,7	17,4	17,7	17,6	Límite Plástico (%)	35,0	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	25,7	26,6	26,4	19,1	19,5	19,5	Límite Contracción (%)	23,0	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	23	23,5	23,5	18,7	19	19	Índice de Plasticidad (%)	14,8	
Contenido de Humedad	%	49,1	50,0	50,0	30,8	38,5	35,7	Actividad Arcilla	0,19	
Número de Golpes		35	26	20	Promedio:	35,0		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,2	Diagram de Fluidiez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	27,0	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	20,0	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	7,0	35	49,1							
Peso suelo seco(gr)	15,8	26	50,0							
Contenido humedad(%)	44,3	20	50,0							
Volumen vasija contracción(cm3)	14,0	25	49,8							
Volumen torta suelo seco(cm3)	10,6									
(V-Vo) (cm3)	3,4									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	21,3									
Límite contracción(%)	23,0									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	49,1
26	50,0
20	50,0
25	49,8

$y = -1,656 \ln(x) + 55,112$

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M3aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	52,0	67,7
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,6	17,7	17,5	17,2	Límite Plástico (%)	33,9	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	28,1	28,5	28,6	19,6	19,2	19,2	Límite Contracción (%)	7,6	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,6	24,7	24,8	19,2	18,7	18,7	Índice de Plasticidad (%)	18,1	
Contenido de Humedad	%	50,0	51,4	52,8	26,7	41,7	33,3	Actividad Arcilla	0,27	
Número de Golpes		39	29	21	Promedio:	33,9		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,7									
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	27,0									
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	20,8									
Peso agua(gr)	6,2									
Peso suelo seco(gr)	16,1									
Contenido humedad(%)	38,5									
Volumen vasija contracción(cm3)	14,3									
Volumen torta suelo seco(cm3)	9,4									
(V-Vo) (cm3)	5,0									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	30,9									
Límite contracción(%)	7,6									

Diagram de Fluidiez	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
39	50,0
29	51,4
21	52,8
25	52,0

$y = -4,486 \ln(x) + 66,443$

Límite Líquido

Contenido de agua (%)

Número de golpes

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M3aR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	52,6	76,55
Peso del recipiente	gr	31,8	33	32,4	17,7	32,1	10,7	Límite Plástico (%)	38,9	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	43,1	42,9	41,3	19,6	35,2	13,5	Límite Contracción (%)	22,4	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	39,3	39,5	38,2	19,1	34,3	12,7	Índice de Plasticidad (%)	13,7	
Contenido de Humedad	%	50,7	52,3	53,4	35,7	40,9	40,0	Actividad Arilla	0,18	
Número de Golpes		35	30	20	Promedio:	38,9		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,7	Diagram de Fluides								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	28,3	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	19,9	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	8,4	35	50,7							
Peso suelo seco(gr)	15,2	30	52,3							
Contenido humedad(%)	55,3	20	53,4							
Volumen vasija contracción(cm3)	14,4	25	52,6							
Volumen torta suelo seco(cm3)	9,4									
(V-Vo) (cm3)	5,0									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	32,9									
Límite contracción(%)	22,4									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	50,7
30	52,3
20	53,4
25	52,6

Límite Líquido

$y = -4,532\ln(x) + 67,176$

Número de golpes

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M3aR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	51,9	64,56
Peso del recipiente	gr	10,6	20,3	8,5	17,1	8,6	8,1	Límite Plástico (%)	37,5	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	22,4	30,2	17,9	19	10,4	9,9	Límite Contracción (%)	16,1	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	18,5	26,9	14,6	18,5	9,9	9,4	Índice de Plasticidad (%)	14,3	
Contenido de Humedad	%	49,4	50,0	54,1	35,7	38,5	38,5	Actividad Arcilla	0,22	
Número de Golpes		36	28	20	Promedio:	37,5		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	21,7	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	55,5	Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	44,8	36	49,4							
Peso agua(gr)	10,7	28	50,0							
Peso suelo seco(gr)	23,1	20	54,1							
Contenido humedad(%)	46,3	25	51,9							
Volumen vasija contracción(cm3)	20,8									
Volumen torta suelo seco(cm3)	13,8									
(V-Vo) (cm3)	7,0									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	30,3									
Límite contracción(%)	16,1									

Límite Líquido

$y = -8,276\ln(x) + 78,498$

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"											
Tesista :	Darwin Alulima											
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla											
Ensayo :	LÍMITES DE CONSISTENCIA											
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	INEN 691										
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	INEN 692										
LÍMITE CONTRACCIÓN	Norma :	ASTM D-427										
Ubicación:	San Antonio Bajo			Fecha:	30/07/2021		N° de muestra:	M3bR1		Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia		% Tamíz # 200		
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	52,1	41,79		
Peso del recipiente	gr	23,6	17,3	17,2	8,8	9,3	8,7	Límite Plástico (%)	40,9			
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	33,1	27	28,4	10,8	12	11,5	Límite Contracción (%)	23,5			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	30	23,7	24,5	10,3	11,2	10,6	Índice de Plasticidad (%)	11,2			
Contenido de Humedad	%	48,4	51,6	53,4	33,3	42,1	47,4	Actividad Arcilla	0,27			
Número de Golpes		38	28	21	Promedio:	40,9		Clasificación	Inactiva			
Límite Contracción												
Peso del recipiente(gr)	21,2											
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	56,1											
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	46,1											
Peso agua(gr)	10,0											
Peso suelo seco(gr)	24,9											
Contenido humedad(%)	40,2											
Volumen vasija contracción(cm3)	20,3											
Volumen torta suelo seco(cm3)	16,2											
(V-Vo) (cm3)	4,2											
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	16,7											
Límite contracción(%)	23,5											
		Diagram de Fluidéz										
		Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)									
		38	48,4									
		28	51,6									
		21	53,4									
		25	52,1									

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M3bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamiz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	50,2	48,28
Peso del recipiente	gr	8,7	8,1	8,2	17,5	17,6	17,6	Límite Plástico (%)	39,8	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	18,5	18,5	17,7	20,3	20,9	21	Límite Contracción (%)	34,6	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	15,3	15	14,5	19,5	19,9	20,1	Índice de Plasticidad (%)	10,4	
Contenido de Humedad	%	48,5	50,7	50,8	40,0	43,5	36,0	Actividad Arcilla	0,22	
Número de Golpes		35	29	19	Promedio:	39,8		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,2	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	55,1	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	41,7	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,4	35	48,5							
Peso suelo seco(gr)	34,5	29	50,7							
Contenido humedad(%)	38,8	19	50,8							
Volumen vasija contracción(cm3)	27,9	25	50,2							
Volumen torta suelo seco(cm3)	26,4									
(V-Vo) (cm3)	1,5									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	4,2									
Límite contracción(%)	34,6									

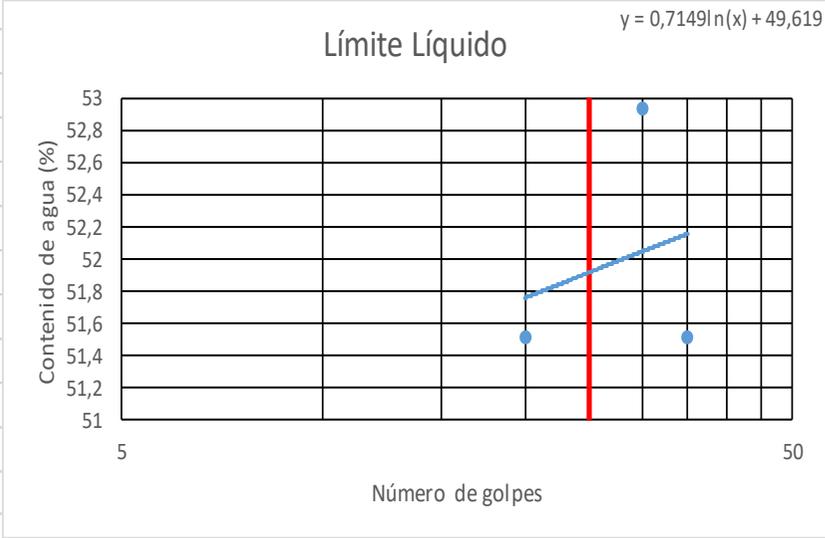
Límite Líquido

$y = -3,168 \ln(x) + 60,421$

Número de Golpes	Contenido de Agua (%)
35	48,5
29	50,7
19	50,8

Número de Golpes	Contenido de Agua (%)
35	48,5
29	50,7
19	50,8

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M3bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	51,9	50,18
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,6	17,5	17,5	17,5	Límite Plástico (%)	40,1	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	27,6	27,7	27,6	19,5	19,7	20,3	Límite Contracción (%)	23,8	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,2	24,1	24,2	18,9	19,1	19,5	Índice de Plasticidad (%)	11,8	
Contenido de Humedad	%	51,5	52,9	51,5	42,9	37,5	40,0	Actividad Arcilla	0,24	
Número de Golpes		35	30	20	Promedio:	40,1		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,4	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	55,0	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	41,4	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,6	35	51,5							
Peso suelo seco(gr)	34,0	30	52,9							
Contenido humedad(%)	40,0	20	51,5							
Volumen vasija contracción(cm3)	28,0	25	51,9							
Volumen torta suelo seco(cm3)	22,5									
(V-Vo) (cm3)	5,5									
$((V-Vo)/Wo)*100$ (cm3)	16,2									
Límite contracción(%)	23,8									



Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M3bR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamiz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	52,1	44,57
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,8	17,8	17,6	17,2	Límite Plástico (%)	40,5	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	30	29,8	27,6	21,3	21,3	21,1	Límite Contracción (%)	27,5	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	25,8	25,6	24,2	20,3	20,2	20	Índice de Plasticidad (%)	11,6	
Contenido de Humedad	%	51,2	50,6	53,1	40,0	42,3	39,3	Actividad Arcilla	0,26	
Número de Golpes		36	29	21	Promedio:	40,5		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	9,6	Diagram de Fluidéz								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	59,1	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	45,0	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	14,1	36	51,2							
Peso suelo seco(gr)	35,4	29	50,6							
Contenido humedad(%)	39,8	21	53,1							
Volumen vasija contracción(cm3)	28,6	25	52,1							
Volumen torta suelo seco(cm3)	24,3									
(V-Vo) (cm3)	4,4									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,3									
Límite contracción(%)	27,5									

Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M3bR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	53,5	37,99
Peso del recipiente	gr	31,7	33,1	32,5	17,7	32	10,7	Límite Plástico (%)	39,4	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	41,8	43,4	42,6	19,6	34,4	13,1	Límite Contracción (%)	19,2	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	38,4	39,8	39	19,1	33,7	12,4	Índice de Plasticidad (%)	14,1	
Contenido de Humedad	%	50,7	53,7	55,4	35,7	41,2	41,2	Actividad Arcilla	0,37	
Número de Golpes		35	27	18	Promedio:	39,4		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,2	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	26,6	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	20,0	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	6,6	35	50,7							
Peso suelo seco(gr)	15,8	27	53,7							
Contenido humedad(%)	41,8	18	55,4							
Volumen vasija contracción(cm3)	13,7	25	53,5							
Volumen torta suelo seco(cm3)	10,2									
(V-Vo) (cm3)	3,6									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	22,6									
Límite contracción(%)	19,2									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	50,7
27	53,7
18	55,4
25	53,5

Límite Líquido

$y = -6,7211n(x) + 75,111$

Número de golpes	Contenido de agua (%)
35	50,7
27	53,7
18	55,4
25	53,5

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"										
Tesista :	Darwin Alulima										
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla										
Ensayo :	LÍMITES DE CONSISTENCIA										
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	INEN 691									
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	INEN 692									
LÍMITE CONTRACCIÓN	Norma :	ASTM D-427									
Ubicación:	Sapul		Fecha:	30/07/2021		N° de muestra:	M4aR1		Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
	Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia		% Tamiz # 200		
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	44,8	54,1	
Peso del recipiente	gr	23,6	17,3	17,2	8,8	9,3	8,7	Límite Plástico (%)	35,5		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	32,2	26,4	25,9	10,7	10,9	10,9	Límite Contracción (%)	32,5		
Peso del recipiente + muestra seca	gr	29,6	23,6	23,2	10,2	10,5	10,3	Índice de Plasticidad (%)	9,3		
Contenido de Humedad	%	43,3	44,4	45,0	35,7	33,3	37,5	Actividad Arcilla	0,17		
Número de Golpes		37	30	23	Promedio:	35,5		Clasificación	Inactiva		
Límite Contracción											
Peso del recipiente(gr)	4,2	Diagram de Fluidéz									
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	27,3	Número de	Contenido de								
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	20,5	Golpes	Humedad (%)								
Peso agua(gr)	6,8	37	43,3								
Peso suelo seco(gr)	16,3	30	44,4								
Contenido humedad(%)	41,7	23	45,0								
Volumen vasija contracción(cm3)	14,0	25	44,8								
Volumen torta suelo seco(cm3)	12,5										
(V-Vo) (cm3)	1,5										
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	9,2										
Límite contracción(%)	32,5										
				<div style="text-align: right;">y = -3,444ln(x) + 55,908</div> <h3 style="text-align: center;">Límite Líquido</h3> <p style="text-align: center;">Contenido de agua (%)</p> <p style="text-align: center;">Número de golpes</p>							

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M4aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	54,2	48,36
Peso del recipiente	gr	8,6	8	8,6	8,1	8,5	10,6	Límite Plástico (%)	41,4	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	17,1	17,6	17,3	10,1	10,7	12,9	Límite Contracción (%)	24,0	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	14,1	14,3	14,2	9,5	10,1	12,2	Índice de Plasticidad (%)	12,8	
Contenido de Humedad	%	54,5	52,4	55,4	42,9	37,5	43,8	Actividad Arcilla	0,27	
Número de Golpes		35	27	21	Promedio:	41,4		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	7,4	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	53,5	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	39,9	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,6	35	54,5							
Peso suelo seco(gr)	32,5	27	52,4							
Contenido humedad(%)	41,8	21	55,4							
Volumen vasija contracción(cm3)	27,8	25	54,2							
Volumen torta suelo seco(cm3)	22,0									
(V-Vo) (cm3)	5,8									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	17,8									
Límite contracción(%)	24,0									

Límite Líquido

$y = -1,535\ln(x) + 59,158$

Número de golpes	Contenido de agua (%)
35	54,5
27	52,4
21	55,4

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M4aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	52,1	55,25
Peso del recipiente	gr	23,6	17,3	17,2	8,8	9,3	8,7	Límite Plástico (%)	41,0	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	30,7	27,8	24,5	10,9	11,3	10,8	Límite Contracción (%)	22,1	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	28,3	24,2	22	10,3	10,7	10,2	Índice de Plasticidad (%)	11,1	
Contenido de Humedad	%	51,1	52,2	52,1	40,0	42,9	40,0	Actividad Arcilla	0,20	
Número de Golpes		36	28	23	Promedio:	41,0		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	9,5	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	57,2	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	43,0	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	14,2	36	51,1							
Peso suelo seco(gr)	33,5	28	52,2							
Contenido humedad(%)	42,4	23	52,1							
Volumen vasija contracción(cm3)	28,5	25	52,1							
Volumen torta suelo seco(cm3)	21,7									
(V-Vo) (cm3)	6,8									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	20,3									
Límite contracción(%)	22,1									

Límite Líquido

$y = -2,373\ln(x) + 59,723$

Número de Golpes	Contenido de agua (%)
36	51,1
28	52,2
23	52,1
25	52,1

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M4aR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	52,3	53,49
Peso del recipiente	gr	17,6	17,4	17,6	17,1	20,3	8,1	Límite Plástico (%)	40,1	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	28,3	26,8	28	19,2	23,2	10,8	Límite Contracción (%)	21,5	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	24,7	23,6	24,4	18,6	22,4	10	Índice de Plasticidad (%)	12,2	
Contenido de Humedad	%	50,7	51,6	52,9	40,0	38,1	42,1	Actividad Arcilla	0,23	
Número de Golpes		35	28	22	Promedio:	40,1		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	9,4	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	56,6	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	42,9	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	13,7	35	50,7							
Peso suelo seco(gr)	33,5	28	51,6							
Contenido humedad(%)	40,9	22	52,9							
Volumen vasija contracción(cm3)	28,5	25	52,3							
Volumen torta suelo seco(cm3)	22,0									
(V-Vo) (cm3)	6,5									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	19,4									
Límite contracción(%)	21,5									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	50,7
28	51,6
22	52,9
25	52,3

Límite Líquido

$y = -4,8271n(x) + 67,809$

Número de golpes	Contenido de agua (%)
35	50,7
28	51,6
22	52,9
25	52,3

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M4aR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	53,0	58,86
Peso del recipiente	gr	17,6	17,4	17,7	17,7	17,6	17,2	Límite Plástico (%)	36,7	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	26,6	26	28,6	19,7	19,5	19,6	Límite Contracción (%)	28,9	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	23,6	23	24,8	19,2	19	18,9	Índice de Plasticidad (%)	16,3	
Contenido de Humedad	%	50,0	53,6	53,5	33,3	35,7	41,2	Actividad Arcilla	0,28	
Número de Golpes		37	28	21	Promedio:	36,7		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	9,9	Diagrama de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	57,8	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	43,8	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	14,0	37	50,0							
Peso suelo seco(gr)	33,9	28	53,6							
Contenido humedad(%)	41,3	21	53,5							
Volumen vasija contracción(cm3)	28,7	25	53,0							
Volumen torta suelo seco(cm3)	24,5									
(V-Vo) (cm3)	4,2									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,4									
Límite contracción(%)	28,9									

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
37	50,0
28	53,6
21	53,5
25	53,0

Límite Líquido

$y = -6,182\ln(x) + 72,947$

Número de golpes	Contenido de agua (%)
37	53,5
28	53,6
21	53,5
25	53,0

Proyecto :	"Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"										
Tesista :	Darwin Alulima										
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla										
Ensayo :	LÍMITES DE CONSISTENCIA										
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	INEN 691									
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	INEN 692									
LÍMITE CONTRACCIÓN	Norma :	ASTM D-427									
Ubicación:	Sapul		Fecha:	30/07/2021		N° de muestra:	M4bR1		Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos	
			Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia		% Tamíz # 200
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	46,3	55,14	
Peso del recipiente	gr	17,6	17,3	17,6	17,3	17,7	17,6	Límite Plástico (%)	36,3		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	26,7	25,8	25,7	20,3	20,5	20,8	Límite Contracción (%)	27,9		
Peso del recipiente + muestra seca	gr	23,9	23,1	23,1	19,5	19,8	19,9	Índice de Plasticidad (%)	10,1		
Contenido de Humedad	%	44,4	46,6	47,3	36,4	33,3	39,1	Actividad Arcilla	0,18		
Número de Golpes		35	26	20	Promedio:	36,3		Clasificación	Inactiva		
Límite Contracción											
Peso del recipiente(gr)	7,3	Diagram de Fluides									
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	53,5	Número de	Contenido de								
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	40,6	Golpes	Humedad (%)								
Peso agua(gr)	12,9	35	44,4								
Peso suelo seco(gr)	33,3	26	46,6								
Contenido humedad(%)	38,7	20	47,3								
Volumen vasija contracción(cm3)	28,0	25	46,3								
Volumen torta suelo seco(cm3)	24,4										
(V-Vo) (cm3)	3,6										
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	10,8										
Límite contracción(%)	27,9										

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	44,4
26	46,6
20	47,3
25	46,3

$y = -5,0991n(x) + 62,761$

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M4bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	40,0	56,16
Peso del recipiente	gr	32	33,1	32,5	17,7	31,7	10,7	Límite Plástico (%)	17,3	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	39,9	41,5	41,8	19,2	33,9	12,3	Límite Contracción (%)	18,6	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	37,8	39,1	39	19	33,5	12,1	Índice de Plasticidad (%)	22,8	
Contenido de Humedad	%	36,2	40,0	43,1	15,4	22,2	14,3	Actividad Arcilla	0,41	
Número de Golpes		35	27	18	Promedio:	17,3		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	21,6									
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	55,2									
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	46,3									
Peso agua(gr)	8,9									
Peso suelo seco(gr)	24,7									
Contenido humedad(%)	36,0									
Volumen vasija contracción(cm3)	20,8									
Volumen torta suelo seco(cm3)	16,5									
(V-Vo) (cm3)	4,3									
$((V-Vo)/Wo)*100$ (cm3)	17,4									
Límite contracción(%)	18,6									

Diagram de Fluidez	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	36,2
27	40,0
18	43,1
25	40,0

Límite Líquido

$y = -10,09\ln(x) + 72,527$

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M4bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia		% Tamíz # 200
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	46,9	50,01
Peso del recipiente	gr	23,6	17,3	17,2	8,1	8,5	10,6	Límite Plástico (%)	25,0	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	31,2	25,9	26,3	10,1	10,7	12,9	Límite Contracción (%)	23,4	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	28,8	23,4	23,2	9,7	10,3	12,4	Índice de Plasticidad (%)	21,9	
Contenido de Humedad	%	46,2	41,0	51,7	25,0	22,2	27,8	Actividad Arilla	0,44	
Número de Golpes		36	28	19	Promedio:	25,0		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,2	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	26,8	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	20,9	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	5,9	36	46,2							
Peso suelo seco(gr)	16,7	28	41,0							
Contenido humedad(%)	35,3	19	51,7							
Volumen vasija contracción(cm3)	14,1	25	46,9							
Volumen torta suelo seco(cm3)	12,1									
(V-Vo) (cm3)	2,0									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	12,0									
Límite contracción(%)	23,4									

Diagram de Fluidez	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
36	46,2
28	41,0
19	51,7
25	46,9

$y = -10,24 \ln(x) + 79,911$

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M4bR4	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	46,1	51,69
Peso del recipiente	gr	8,8	9,3	8,7	17,1	8,6	8	Límite Plástico (%)	35,3	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	18,4	18,3	21,2	20,1	11,5	11,3	Límite Contracción (%)	33,3	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	15,4	15,5	17,2	19,4	10,7	10,4	Índice de Plasticidad (%)	10,7	
Contenido de Humedad	%	45,5	45,2	47,1	30,4	38,1	37,5	Actividad Arcilla	0,21	
Número de Golpes		35	27	20	Promedio:	35,3		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,7	Diagram de Fluidez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	27,9	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	21,8	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	6,1	35	45,5							
Peso suelo seco(gr)	17,1	27	45,2							
Contenido humedad(%)	35,7	20	47,1							
Volumen vasija contracción(cm3)	14,4	25	46,1							
Volumen torta suelo seco(cm3)	14,0									
(V-Vo) (cm3)	0,4									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	2,3									
Límite contracción(%)	33,3									

Diagram de Fluidez	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	45,5
27	45,2
20	47,1
25	46,1

Límite Líquido

$y = -2,9561n(x) + 55,595$

Número de golpes	Contenido de agua (%)
35	45,5
27	45,2
20	47,1
25	46,1

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/07/2021	N° de muestra:	M4bR5	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos			
		Límite Líquido			Límite Plástico			Resumen Límites de Consistencia	% Tamíz # 200	
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3	D1	D2	D3	Límite Líquido (%)	46,9	55,21
Peso del recipiente	gr	8,7	20,3	8,1	17,6	17,4	17,5	Límite Plástico (%)	31,4	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	18,7	30,4	18,4	20,6	20,2	20,5	Límite Contracción (%)	30,4	
Peso del recipiente + muestra seca	gr	15,5	27,2	15,1	19,9	19,5	19,8	Índice de Plasticidad (%)	15,5	
Contenido de Humedad	%	47,1	46,4	47,1	30,4	33,3	30,4	Actividad Arcilla	0,28	
Número de Golpes		36	28	21	Promedio:	31,4		Clasificación	Inactiva	
Límite Contracción										
Peso del recipiente(gr)	4,2	Diagram de Fluidiez								
Peso del recipiente + muestra húmeda(gr)	26,7	Número de	Contenido de							
Peso del recipiente + muestra seca(gr)	21,0	Golpes	Humedad (%)							
Peso agua(gr)	5,7	36	47,1							
Peso suelo seco(gr)	16,8	28	46,4							
Contenido humedad(%)	33,9	21	47,1							
Volumen vasija contracción(cm3)	14,1	25	46,9							
Volumen torta suelo seco(cm3)	13,5									
(V-Vo) (cm3)	0,6									
((V-Vo)/Wo)*100 (cm3)	3,6									
Límite contracción(%)	30,4									

Diagram de Fluidiez	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
36	47,1
28	46,4
21	47,1
25	46,9

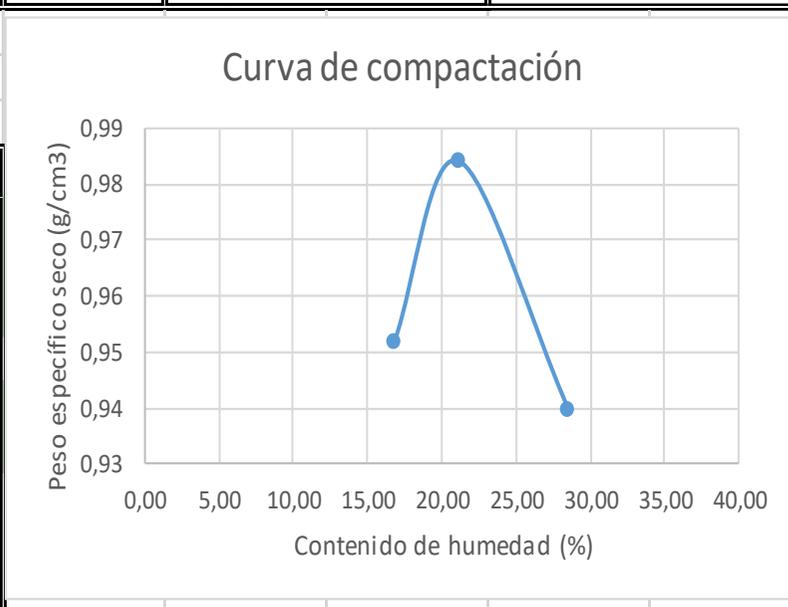
Límite Líquido

$y = -0,2161n(x) + 47,577$

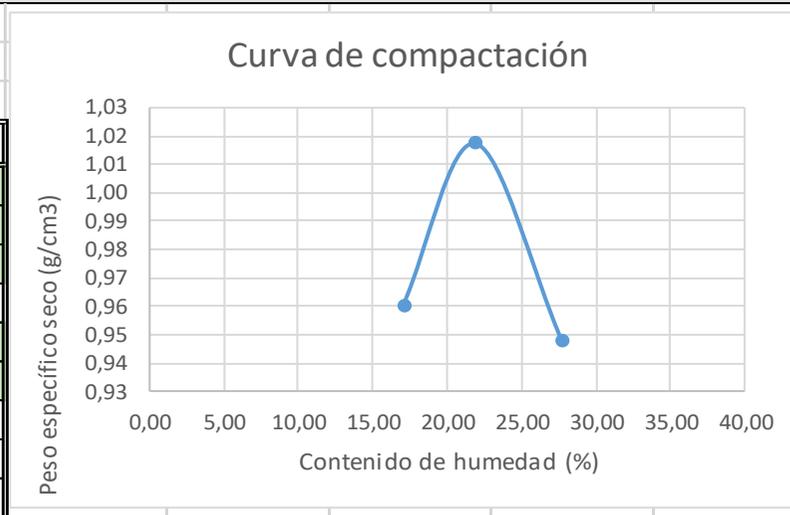
Número de golpes	Contenido de agua (%)
36	47,1
28	46,4
21	47,1
25	46,9

Anexo 5. Cálculo de Curva de Compactación mediante Próctor Estándar

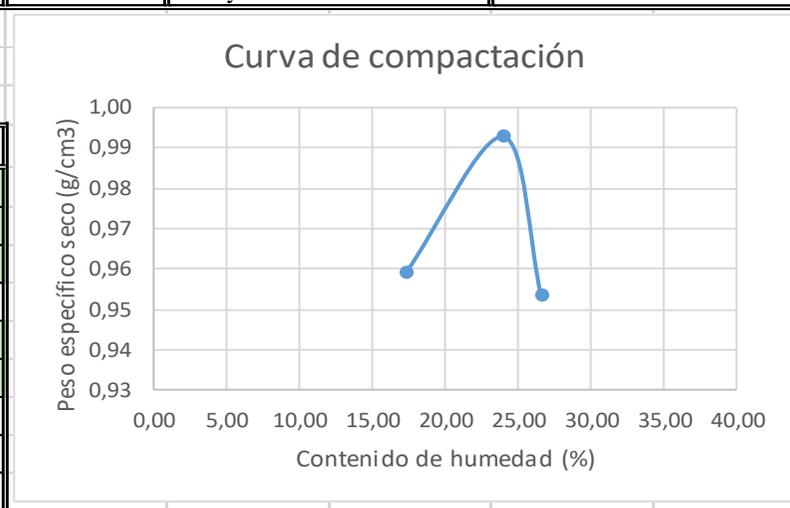
Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesis :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Estándar						
Norma:	ASTM D 698						
Ubicación:	Payama	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M1aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	43,00	42,70	27,00		
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	142,40	140,90	67,20		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	128,10	123,80	58,30		
Contenido de Humedad		%	16,80	21,09	28,43		
Peso del cilindro + base		gr	3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	4826,20	4926,90	4946,32		
Peso muestra húmeda		gr	1397,00	1497,70	1517,12		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,11	1,19	1,21		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	0,95	0,98	0,94		



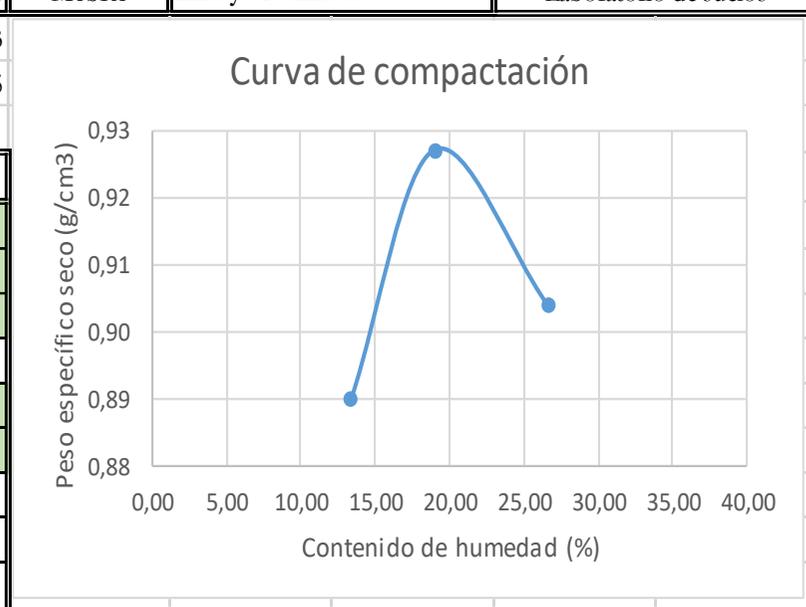
Ubicación:	Payama	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M1aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr	25,00	27,00	24,90			
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	92,80	78,70	72,40			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	82,90	69,40	62,10			
Contenido de Humedad	%	17,10	21,93	27,69			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	4842,70	4988,10	4950,30			
Peso muestra húmeda	gr	1413,50	1558,90	1521,10			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,12	1,24	1,21			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	0,96	1,02	0,95			



Ubicación:	Payama	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M1aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr	27,00	25,10	24,70			
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	84,60	86,50	84,10			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	76,10	74,60	71,60			
Contenido de Humedad	%	17,31	24,04	26,65			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	4842,90	4976,65	4946,50			
Peso muestra húmeda	gr	1413,70	1547,45	1517,30			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,12	1,23	1,21			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	0,96	0,99	0,95			



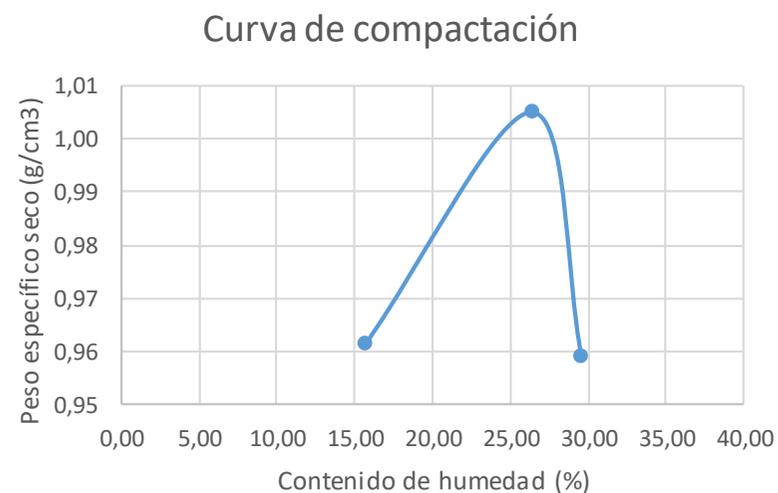
Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Estándar						
Norma:	ASTM D 698						
Ubicación:	Payama	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M1bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	27,50	24,70	24,70		
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	84,20	77,90	84,10		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	77,50	69,40	71,60		
Contenido de Humedad		%	13,40	19,02	26,65		
Peso del cilindro + base		gr	3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	4697,80	4815,80	4868,10		
Peso muestra húmeda		gr	1268,60	1386,60	1438,90		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,01	1,10	1,15		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	0,89	0,93	0,90		



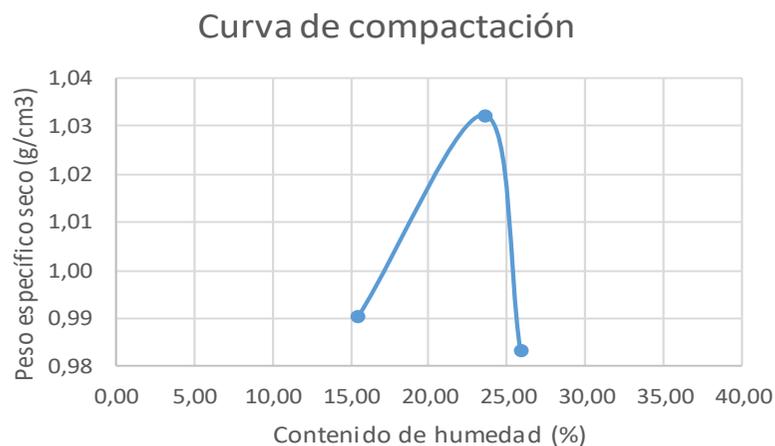
Ubicación:	Payama	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M1bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3	<p style="text-align: center;">Curva de compactación</p>		
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		25,00	27,00	24,80		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		85,40	84,60	82,90		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		78,30	75,60	71,70		
Contenido de Humedad	%		13,32	18,52	23,88		
Peso del cilindro + base	gr		3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		4705,80	4825,24	4847,50		
Peso muestra húmeda	gr		1276,60	1396,04	1418,30		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm³		1,02	1,11	1,13		
Peso volumétrico seco	gr/cm³		0,90	0,94	0,91		

Ubicación:	Payama	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M1bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3	<p style="text-align: center;">Curva de compactación</p>		
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		24,30	25,00	27,00		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		85,00	80,60	90,10		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		77,70	71,30	77,80		
Contenido de Humedad	%		13,67	20,09	24,21		
Peso del cilindro + base	gr		3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		4715,10	4876,20	4848,30		
Peso muestra húmeda	gr		1285,90	1447,00	1419,10		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm³		1,02	1,15	1,13		
Peso volumétrico seco	gr/cm³		0,90	0,96	0,91		

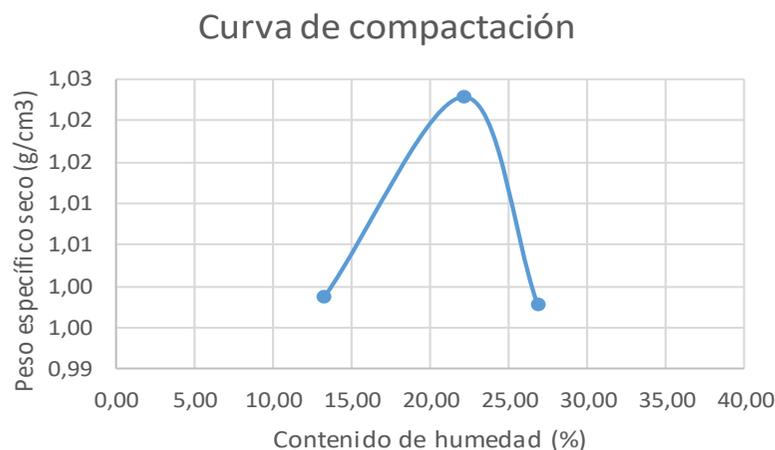
Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de T	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Estándar						
Norma:	ASTM D 698						
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	19/08/2021	N° de muestr	M2aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10 cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6 cm ³						
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3			
Peso del recipiente	gr	25,00	25,10	24,80			
Peso del recipiente + muestra h	gr	84,70	75,40	79,60			
Peso del recipiente + muestra s	gr	76,60	64,90	67,10			
Contenido de Humedad	%	15,70	26,38	29,55			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muc	gr	4827,40	5025,40	4990,70			
Peso muestra humeda	gr	1398,20	1596,20	1561,50			
Peso volumétrico humedo	gr/cm ³	1,11	1,27	1,24			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	0,96	1,01	0,96			



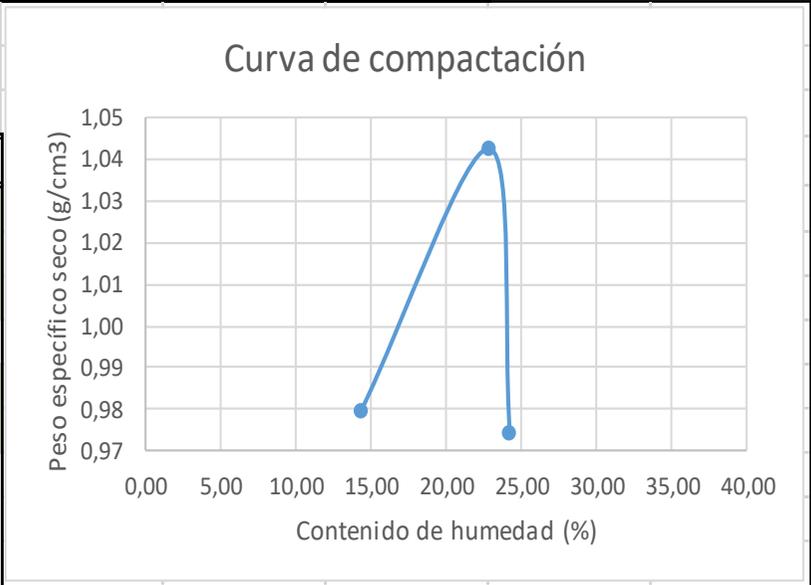
Ubicación:	San Antonio Alto		Fecha:	19/08/2021	N° de muestr	M2aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6		cm ³					
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3				
Peso del recipiente	gr	24,30	25,00	24,70				
Peso del recipiente + muestra h	gr	87,00	86,30	86,50				
Peso del recipiente + muestra s	gr	78,60	74,60	73,80				
Contenido de Humedad	%	15,47	23,59	25,87				
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20				
Peso del cilindro + base + muc	gr	4866,50	5032,30	4984,60				
Peso muestra humeda	gr	1437,30	1603,10	1555,40				
Peso volumétrico humedo	gr/cm ³	1,14	1,28	1,24				
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	0,99	1,03	0,98				



Ubicación:	San Antonio Alto		Fecha:	19/08/2021	N° de muestr	M2aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6		cm ³					
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3				
Peso del recipiente	gr	27,00	24,90	25,00				
Peso del recipiente + muestra h	gr	95,20	85,40	87,30				
Peso del recipiente + muestra s	gr	87,20	74,40	74,10				
Contenido de Humedad	%	13,29	22,22	26,88				
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20				
Peso del cilindro + base + muc	gr	4851,10	5000,10	5020,30				
Peso muestra humeda	gr	1421,90	1570,90	1591,10				
Peso volumétrico humedo	gr/cm ³	1,13	1,25	1,27				
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,00	1,02	1,00				



Proyecto :	<i>"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"</i>						
Tesista :	<i>Darwin Alulima</i>						
Director de Tesis	<i>Ing. María del Cisne Veintimilla</i>						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Estándar						
Norma:	ASTM D 698						
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M2bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	43,70	24,50	25,00		
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	166,50	76,60	78,80		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	151,10	66,90	68,30		
Contenido de Humedad		%	14,34	22,88	24,25		
Peso del cilindro + base		gr	3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	4837,00	5039,20	4950,60		
Peso muestra húmeda		gr	1407,80	1610,00	1521,40		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,12	1,28	1,21		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	0,98	1,04	0,97		



Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M2bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10 cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr	24,70	18,30	15,10			
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	88,60	44,80	43,40			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	79,60	38,80	36,50			
Contenido de Humedad	%	16,39	29,27	32,24			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	4836,10	5031,80	5019,70			
Peso muestra húmeda	gr	1406,90	1602,60	1590,50			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,12	1,28	1,27			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	0,96	0,99	0,96			

Curva de compactación

Contenido de humedad (%)	Peso específico seco (g/cm³)
16,39	0,962
29,27	0,985
32,24	0,955

Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M2bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10 cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr	15,10	13,20	18,30			
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	43,70	41,90	45,20			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	39,30	35,20	38,40			
Contenido de Humedad	%	18,18	30,45	33,83			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	4863,40	5108,00	5038,70			
Peso muestra húmeda	gr	1434,20	1678,80	1609,50			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,14	1,34	1,28			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	0,97	1,02	0,96			

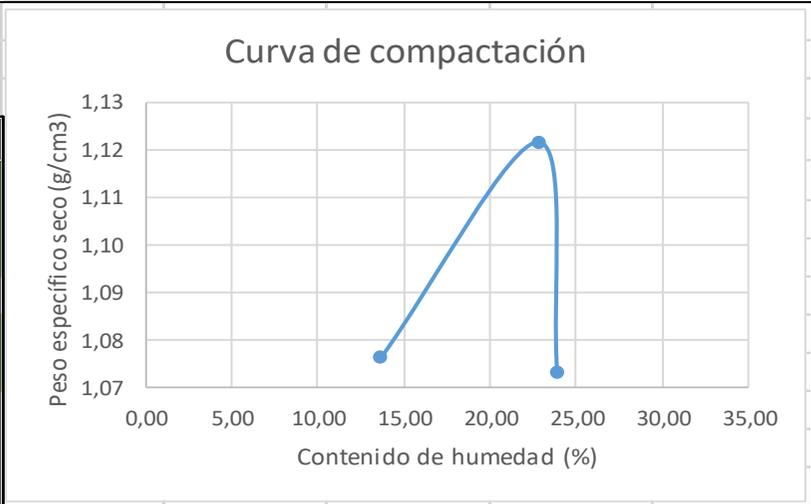
Curva de compactación

Contenido de humedad (%)	Peso específico seco (g/cm³)
18,18	0,965
30,45	1,025
33,83	0,955

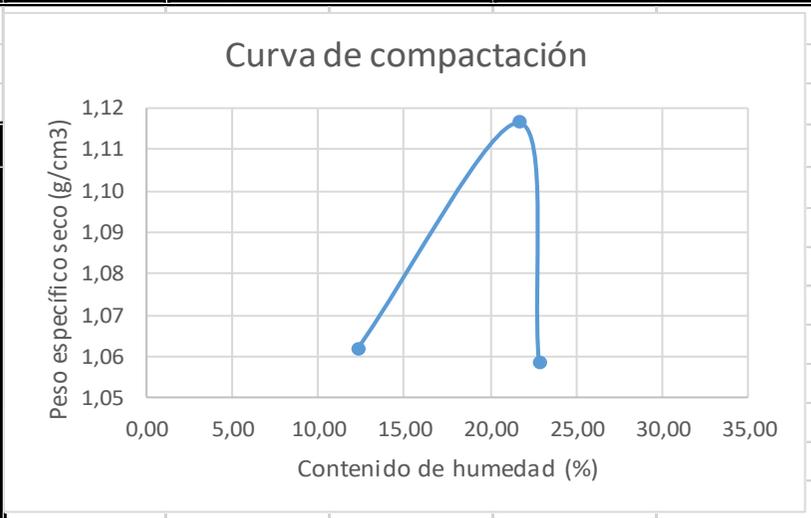
Proyecto :	<i>"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"</i>						
Tesis :	<i>Darwin Alulima</i>						
Director de Tesis	<i>Ing. María del Cisne Veintimilla</i>						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Estándar						
Norma:	ASTM D 698						
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M3aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm ³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	24,30	25,00	24,70		
Peso del recipiente + muestra húm		gr	86,00	82,80	85,60		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	78,50	72,60	73,70		
Contenido de Humedad		%	13,84	21,43	24,29		
Peso del cilindro + base		gr	3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	4964,40	5124,20	5083,70		
Peso muestra húmeda		gr	1535,20	1695,00	1654,50		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,22	1,35	1,32		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,07	1,11	1,06		



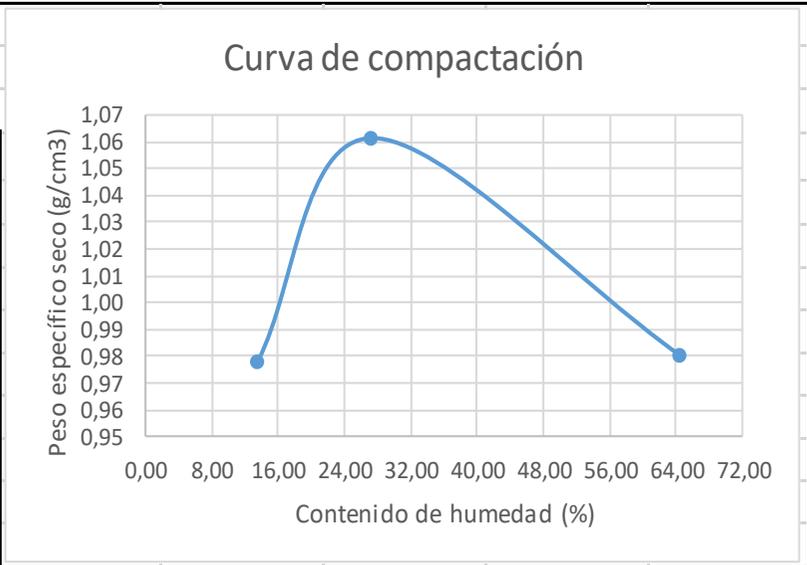
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M3aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10 cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr	25,00	25,10	24,80			
Peso del recipiente + muestra húm	gr	93,30	82,10	79,20			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	85,10	71,50	68,70			
Contenido de Humedad	%	13,64	22,84	23,92			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	4966,50	5160,60	5100,40			
Peso muestra húmeda	gr	1537,30	1731,40	1671,20			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,22	1,38	1,33			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,08	1,12	1,07			



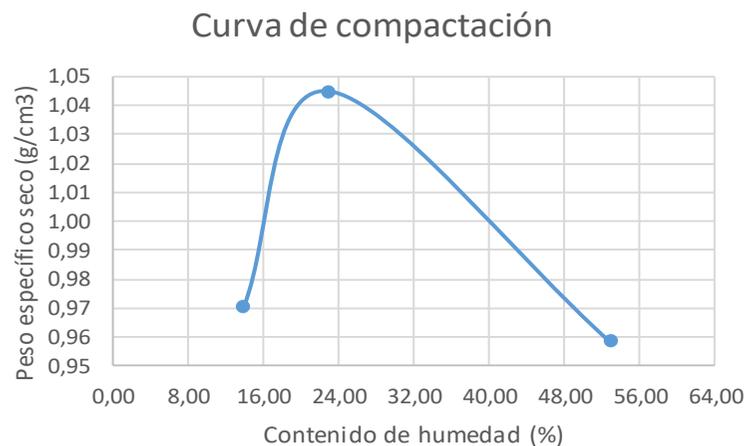
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M3aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10 cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr	27,50	24,70	24,90			
Peso del recipiente + muestra húm	gr	98,70	88,10	86,20			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	90,90	76,80	74,80			
Contenido de Humedad	%	12,30	21,69	22,85			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	4927,80	5136,50	5063,70			
Peso muestra húmeda	gr	1498,60	1707,30	1634,50			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,19	1,36	1,30			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,06	1,12	1,06			



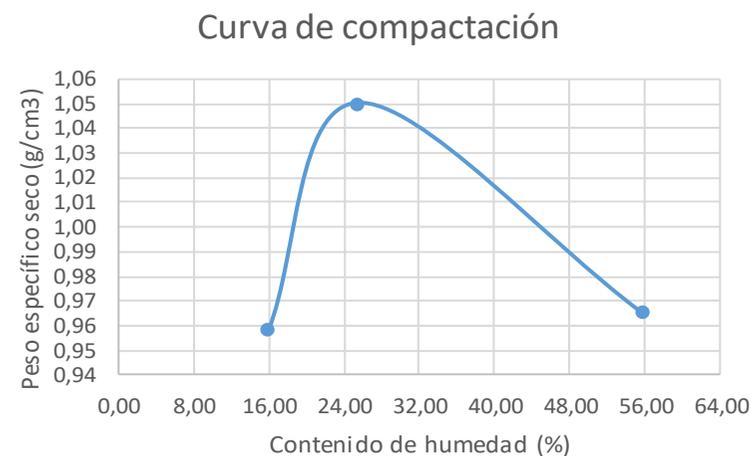
Proyecto :	<i>"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"</i>						
Tesista :	<i>Darwin Alulima</i>						
Director de Tesis	<i>Ing. María del Cisne Veintimilla</i>						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Estándar						
Norma:	ASTM D 698						
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M3bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	43,70	18,30	15,10		
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	172,30	45,40	44,20		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	157,00	39,60	32,80		
Contenido de Humedad		%	13,50	27,23	64,41		
Peso del cilindro + base		gr	3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	4824,60	5126,00	5454,30		
Peso muestra húmeda		gr	1395,40	1696,80	2025,10		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,11	1,35	1,61		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	0,98	1,06	0,98		



Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M3bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10 cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		24,90	24,60	27,20		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		82,90	84,20	85,30		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		75,80	73,10	65,20		
Contenido de Humedad	%		13,95	22,89	52,89		
Peso del cilindro + base	gr		3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		4819,10	5042,80	5270,90		
Peso muestra húmeda	gr		1389,90	1613,60	1841,70		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,11	1,28	1,47		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		0,97	1,04	0,96		

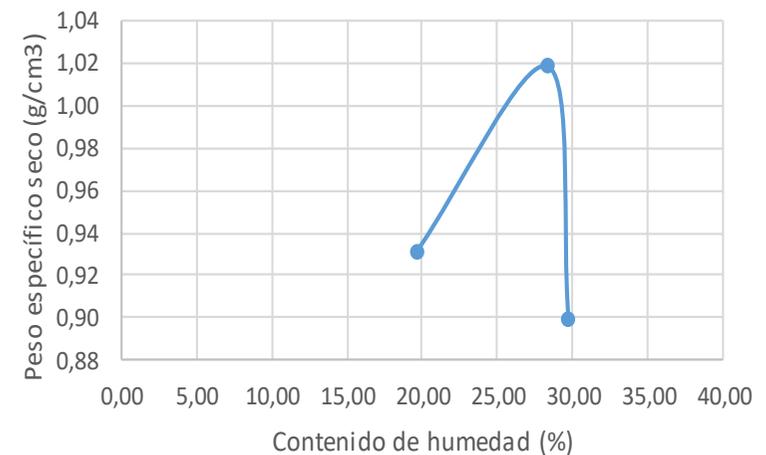


Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M3bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	3				
Diámetro interior del cilindro	10 cm	N° Golpes	25				
Volumen del cilindro	1256,6 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		13,30	8,60	15,10		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		42,40	35,70	42,50		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		38,40	30,20	32,70		
Contenido de Humedad	%		15,94	25,46	55,68		
Peso del cilindro + base	gr		3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		4825,40	5084,80	5318,50		
Peso muestra húmeda	gr		1396,20	1655,60	1889,30		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,11	1,32	1,50		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		0,96	1,05	0,97		



Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Estándar						
Norma:	ASTM D 698						
Ubicación:	Sapul	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M4aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	24,30	25,00	24,70		
Peso del recipiente + muestra húm		gr	76,70	76,20	79,30		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	68,10	64,90	66,80		
Contenido de Humedad		%	19,63	28,32	29,69		
Peso del cilindro + base		gr	3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	4828,60	5071,40	4895,70		
Peso muestra humeda		gr	1399,40	1642,20	1466,50		
Peso volumétrico humedo		gr/cm ³	1,11	1,31	1,17		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	0,93	1,02	0,90		

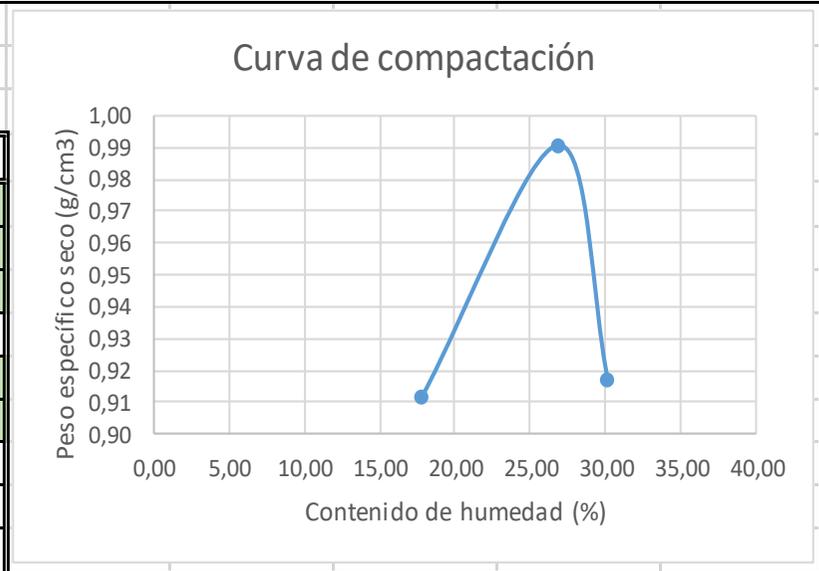
Curva de compactación



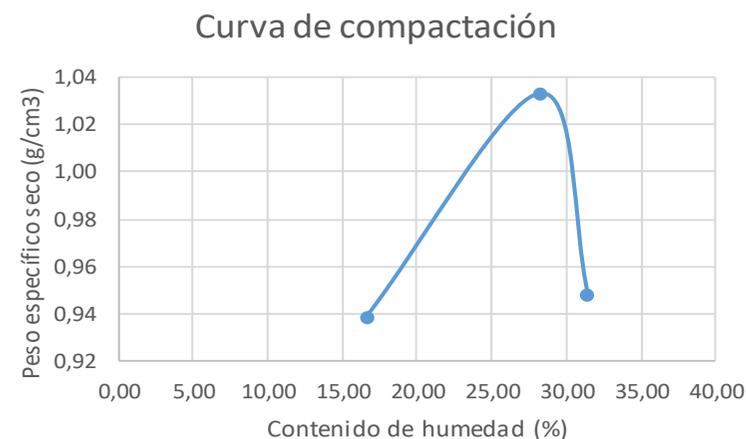
Ubicación:	Sapul	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M4aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3	<h3 style="text-align: center;">Curva de compactación</h3>		
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		25,00	25,10	24,80		
Peso del recipiente + muestra húm	gr		83,60	85,90	83,20		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		74,40	72,80	69,90		
Contenido de Humedad	%		18,62	27,46	29,49		
Peso del cilindro + base	gr		3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		4796,20	5046,30	4942,70		
Peso muestra húmeda	gr		1367,00	1617,10	1513,50		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm³		1,09	1,29	1,20		
Peso volumétrico seco	gr/cm³		0,92	1,01	0,93		

Ubicación:	Sapul	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M4aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3	<h3 style="text-align: center;">Curva de compactación</h3>		
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		27,50	24,70	24,90		
Peso del recipiente + muestra húm	gr		85,20	84,10	85,90		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		76,10	71,40	72,00		
Contenido de Humedad	%		18,72	27,19	29,51		
Peso del cilindro + base	gr		3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		4754,70	5063,40	4890,90		
Peso muestra húmeda	gr		1325,50	1634,20	1461,70		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm³		1,05	1,30	1,16		
Peso volumétrico seco	gr/cm³		0,89	1,02	0,90		

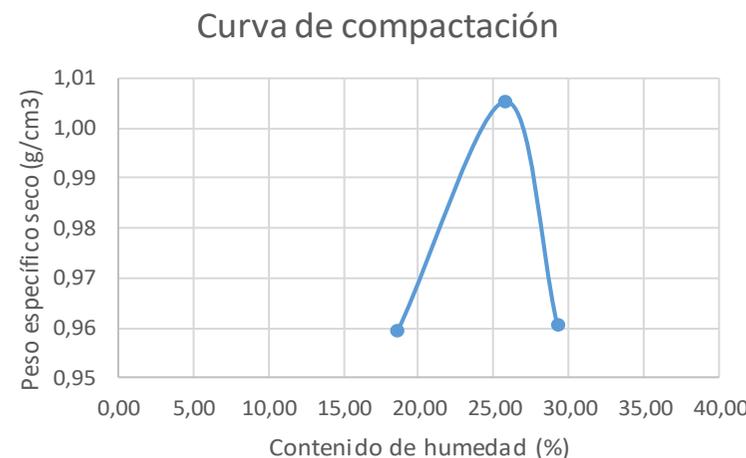
Proyecto :	<i>"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"</i>						
Tesista :	<i>Darwin Alulima</i>						
Director de Tesis	<i>Ing. María del Cisne Veintimilla</i>						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Estándar						
Norma:	ASTM D 698						
Ubicación:	Sapul	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M4bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	15,10	13,20	18,30		
Peso del recipiente + muestra húm		gr	42,20	42,50	46,80		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	38,10	36,30	40,20		
Contenido de Humedad		%	17,83	26,84	30,14		
Peso del cilindro + base		gr	3429,20	3429,20	3429,20		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	4779,40	5008,50	4928,40		
Peso muestra húmeda		gr	1350,20	1579,30	1499,20		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,07	1,26	1,19		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	0,91	0,99	0,92		



Ubicación:	Sapul	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M4bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr	43,70	18,30	15,10			
Peso del recipiente + muestra húm	gr	199,60	46,90	42,70			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	177,40	40,60	36,10			
Contenido de Humedad	%	16,60	28,25	31,43			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	4804,70	5093,80	4995,40			
Peso muestra húmeda	gr	1375,50	1664,60	1566,20			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,09	1,32	1,25			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	0,94	1,03	0,95			

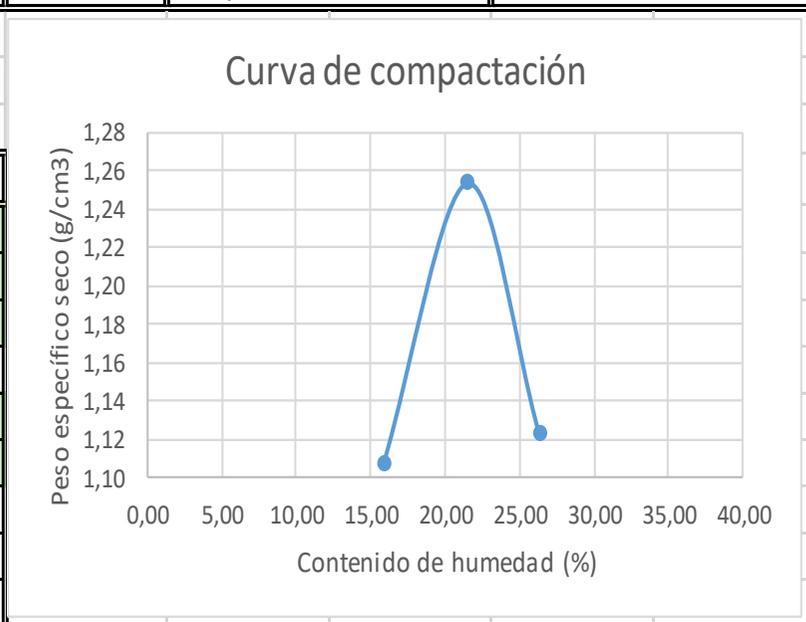


Ubicación:	Sapul	Fecha:	19/08/2021	N° de muestra:	M4bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	3			
Diámetro interior del cilindro	10	cm	N° Golpes	25			
Volumen del cilindro	1256,6	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr	24,90	24,60	25,00			
Peso del recipiente + muestra húm	gr	85,40	86,50	84,20			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	75,90	73,80	70,80			
Contenido de Humedad	%	18,63	25,81	29,26			
Peso del cilindro + base	gr	3429,20	3429,20	3429,20			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	4859,60	5018,60	4989,60			
Peso muestra húmeda	gr	1430,40	1589,40	1560,40			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,14	1,26	1,24			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	0,96	1,01	0,96			

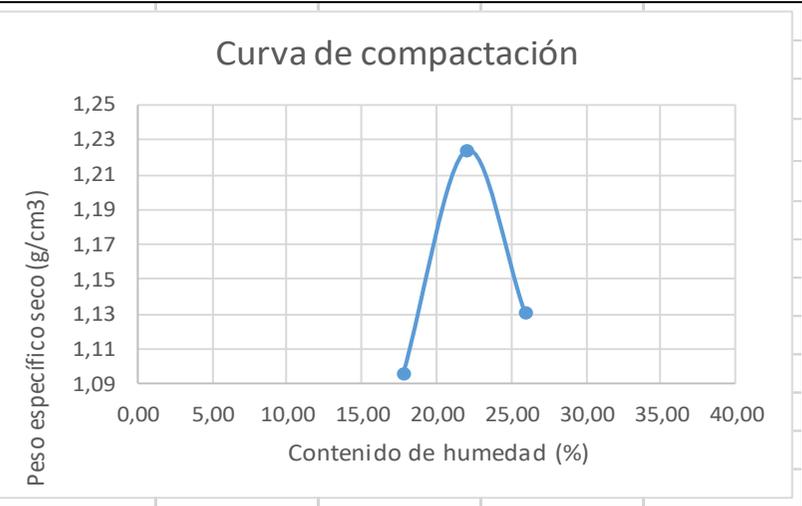


Anexo 6. Cálculo de Curva de Compactación mediante Próctor Modificado

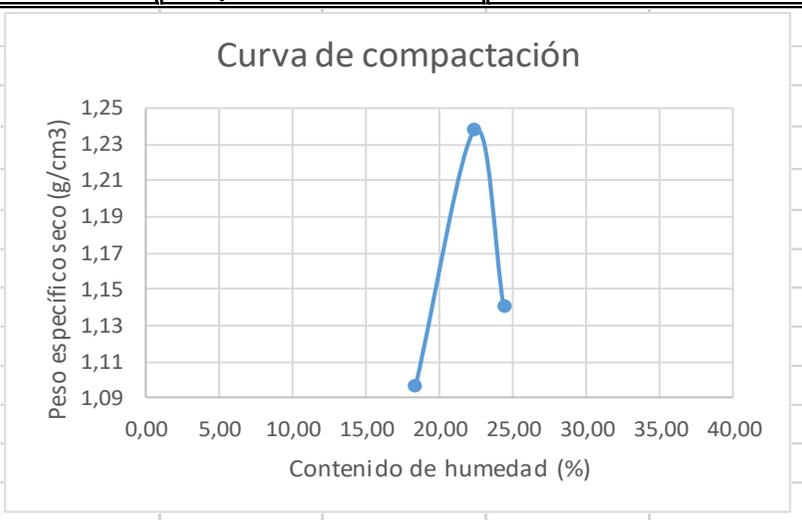
Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesis :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Modificado						
Norma:	ASTM D 1557						
Ubicación:	Payama	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M1aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5			
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	43,80	42,70	24,50		
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	204,00	209,70	76,80		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	182,00	180,10	65,90		
Contenido de Humedad		%	15,92	21,54	26,33		
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	8630,14	9310,05	9013,21		
Peso muestra húmeda		gr	3629,64	4309,55	4012,71		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,28	1,52	1,42		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,11	1,25	1,12		



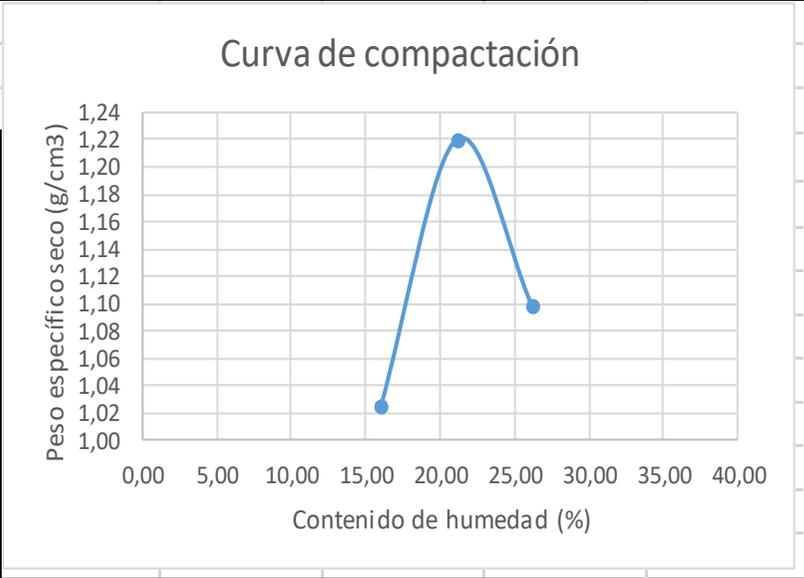
Ubicación:	Payama	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M1aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		25,00	25,10	24,80		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		85,30	86,10	86,50		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		76,20	75,10	73,80		
Contenido de Humedad	%		17,77	22,00	25,92		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8648,36	9222,68	9027,94		
Peso muestra húmeda	gr		3647,86	4222,18	4027,44		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,29	1,49	1,42		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,10	1,22	1,13		



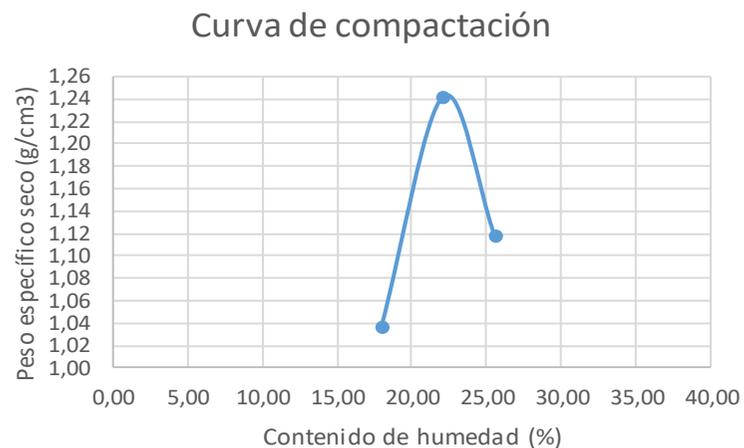
Ubicación:	Payama	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M1aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		24,40	25,00	24,70		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		86,30	85,60	85,90		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		76,70	74,50	73,90		
Contenido de Humedad	%		18,36	22,42	24,39		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8670,87	9286,27	9011,91		
Peso muestra húmeda	gr		3670,37	4285,77	4011,41		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,30	1,52	1,42		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,10	1,24	1,14		



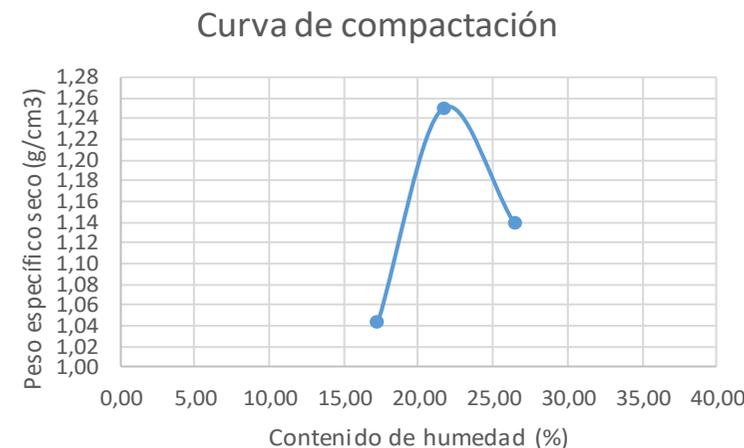
Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Modificado						
Norma:	ASTM D 1557						
Ubicación:	Payama	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M1bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3			
Peso del recipiente	gr	25,00	25,10	24,80			
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	85,80	86,30	86,40			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	77,40	75,60	73,60			
Contenido de Humedad	%	16,03	21,19	26,23			
Peso del cilindro + base	gr	5000,50	5000,50	5000,50			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	8360,24	9180,60	8920,22			
Peso muestra húmeda	gr	3359,74	4180,10	3919,72			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,19	1,48	1,39			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,02	1,22	1,10			



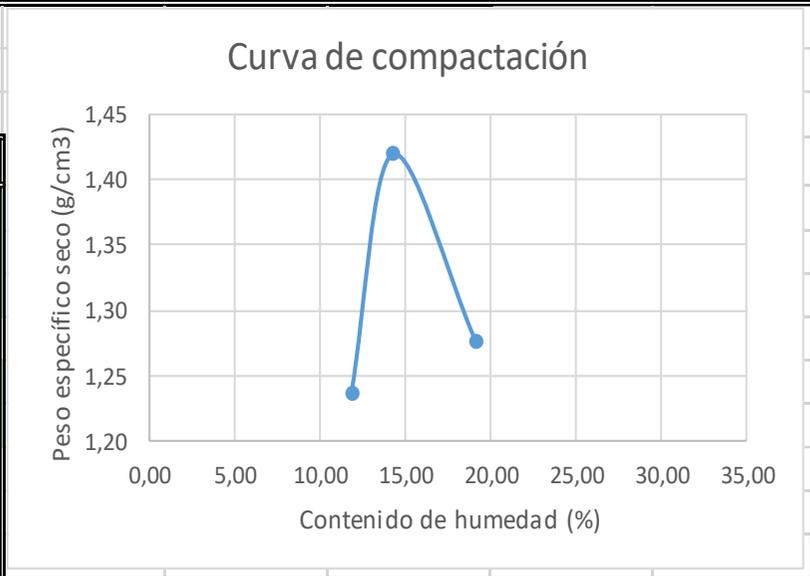
Ubicación:	Payama	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M1bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		27,50	24,70	24,90		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		84,50	86,50	85,80		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		75,80	75,30	73,40		
Contenido de Humedad	%		18,01	22,13	25,57		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8459,62	9289,42	8965,94		
Peso muestra húmeda	gr		3459,12	4288,92	3965,44		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,22	1,52	1,40		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,04	1,24	1,12		



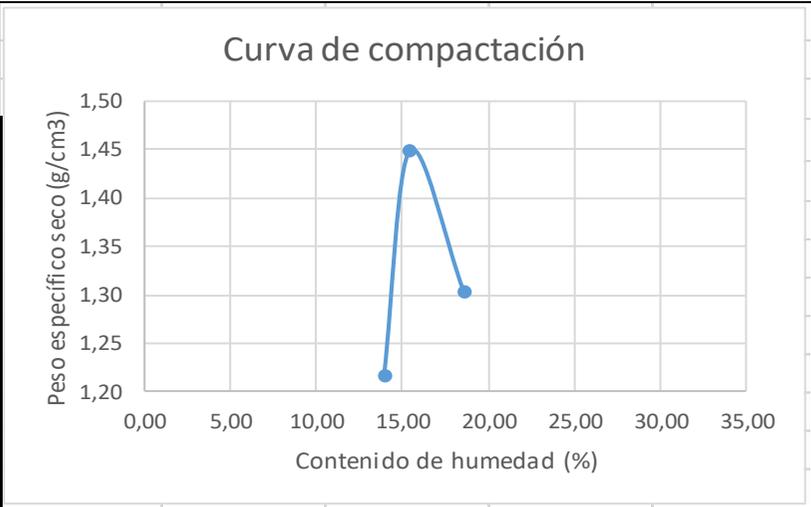
Ubicación:	Payama	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M1bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		24,60	24,90	25,10		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		86,40	86,10	85,30		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		77,30	75,20	72,70		
Contenido de Humedad	%		17,27	21,67	26,47		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8458,56	9301,57	9075,30		
Peso muestra húmeda	gr		3458,06	4301,07	4074,80		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,22	1,52	1,44		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,04	1,25	1,14		



Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Modificado						
Norma:	ASTM D 1557						
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M2aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5			
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4 cm³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	24,40	25,00	24,70		
Peso del recipiente + muestra húm		gr	90,20	89,70	88,90		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	83,20	81,60	78,60		
Contenido de Humedad		%	11,90	14,31	19,11		
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	8914,76	9589,29	9301,40		
Peso muestra húmeda		gr	3914,26	4588,79	4300,90		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,38	1,62	1,52		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,24	1,42	1,28		



Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M2aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		25,00	25,10	24,80		
Peso del recipiente + muestra húm	gr		90,30	88,50	87,90		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		82,30	80,00	78,00		
Contenido de Humedad	%		13,96	15,48	18,61		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8922,77	9730,49	9372,17		
Peso muestra húmeda	gr		3922,27	4729,99	4371,67		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,39	1,67	1,55		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,22	1,45	1,30		



Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M2aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		27,50	24,70	24,90		
Peso del recipiente + muestra húm	gr		92,50	90,10	89,70		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		84,10	80,40	79,20		
Contenido de Humedad	%		14,84	17,41	19,34		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8898,22	9703,72	9254,39		
Peso muestra húmeda	gr		3897,72	4703,22	4253,89		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,38	1,66	1,50		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,20	1,42	1,26		



Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesisista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Modificado						
Norma:	ASTM D 1557						
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M2bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5			
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	24,40	25,00	24,70		
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	89,70	91,60	90,80		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	80,80	81,10	79,80		
Contenido de Humedad		%	15,78	18,72	19,96		
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	8785,63	9579,16	9182,79		
Peso muestra húmeda		gr	3785,13	4578,66	4182,29		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,34	1,62	1,48		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,16	1,36	1,23		



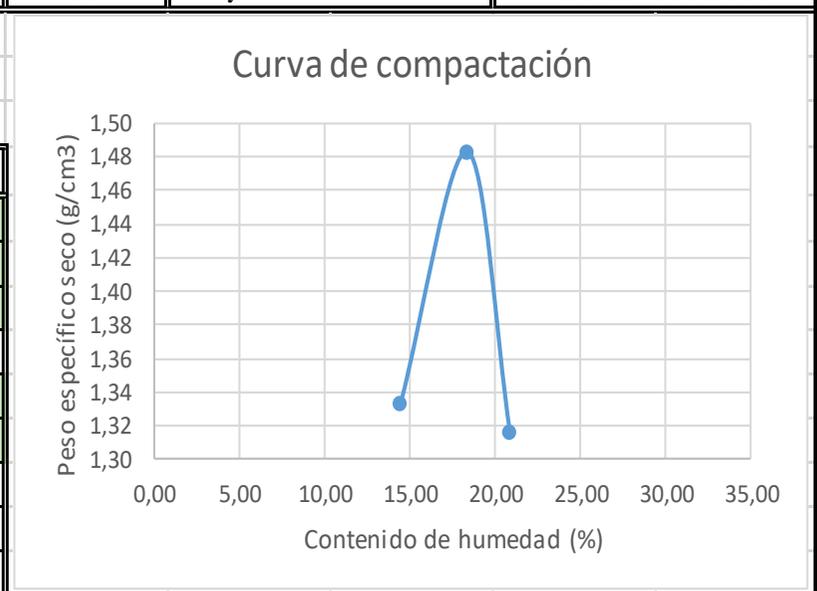
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M2bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		25,00	25,10	24,80		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		91,80	90,90	89,70		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		82,70	80,40	78,60		
Contenido de Humedad	%		15,77	18,99	20,63		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8799,62	9644,41	9148,77		
Peso muestra húmeda	gr		3799,12	4643,91	4148,27		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,34	1,64	1,47		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,16	1,38	1,22		



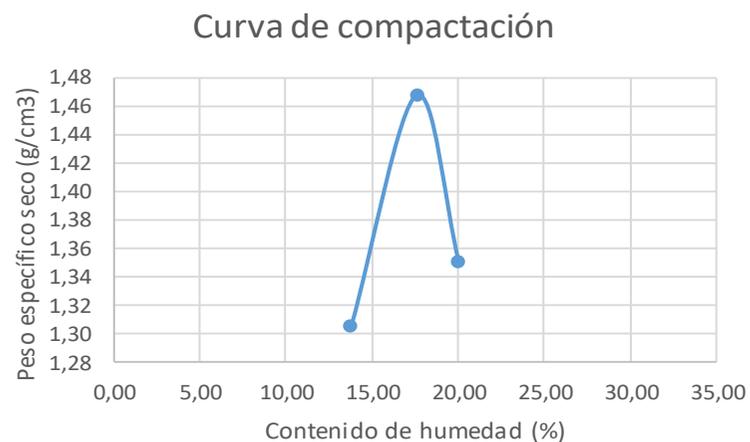
Ubicación:	San Antonio Alto	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M2bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		27,50	24,70	24,90		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		93,40	90,90	91,50		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		83,70	79,90	79,90		
Contenido de Humedad	%		17,26	19,93	21,09		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8799,11	9619,68	9257,82		
Peso muestra húmeda	gr		3798,61	4619,18	4257,32		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,34	1,63	1,51		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,15	1,36	1,24		



Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesisista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Modificado						
Norma:	ASTM D 1557						
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M3aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5			
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	24,40	25,00	24,70		
Peso del recipiente + muestra húm		gr	96,50	96,60	97,70		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	87,40	85,50	85,10		
Contenido de Humedad		%	14,44	18,35	20,86		
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	9315,91	9961,43	9497,32		
Peso muestra húmeda		gr	4315,41	4960,93	4496,82		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,53	1,75	1,59		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,33	1,48	1,32		



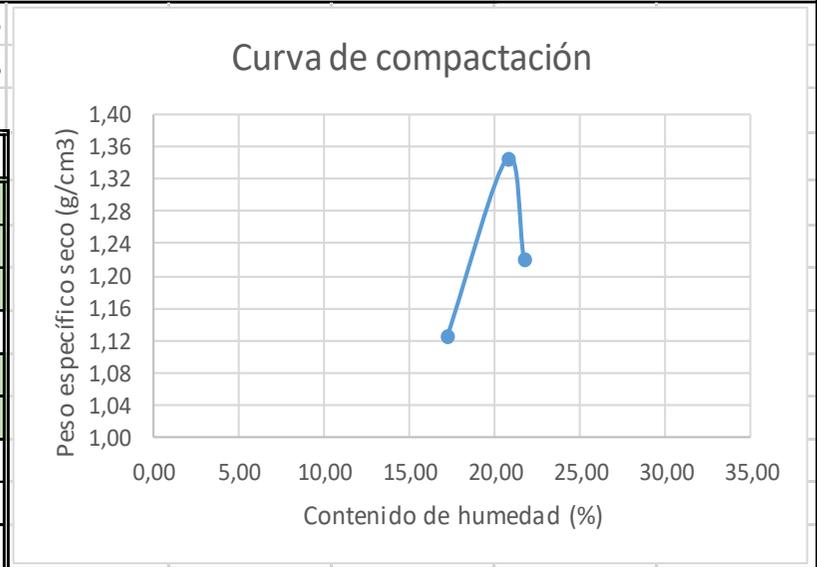
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M3aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3			
Peso del recipiente	gr	24,80	25,00	24,90			
Peso del recipiente + muestra húm	gr	96,70	97,30	96,80			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	88,00	86,50	84,80			
Contenido de Humedad	%	13,77	17,56	20,03			
Peso del cilindro + base	gr	5000,50	5000,50	5000,50			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	9199,23	9879,92	9584,67			
Peso muestra húmeda	gr	4198,73	4879,42	4584,17			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,48	1,73	1,62			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,31	1,47	1,35			



Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M3aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente	Unidades	D1	D2	D3			
Peso del recipiente	gr	25,00	25,10	24,80			
Peso del recipiente + muestra húm	gr	97,60	97,20	96,70			
Peso del recipiente + muestra seca	gr	87,90	85,60	84,30			
Contenido de Humedad	%	15,42	19,17	20,84			
Peso del cilindro + base	gr	5000,50	5000,50	5000,50			
Peso del cilindro + base + muestra	gr	9164,75	9945,49	9625,73			
Peso muestra húmeda	gr	4164,25	4944,99	4625,23			
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1,47	1,75	1,64			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1,28	1,47	1,35			



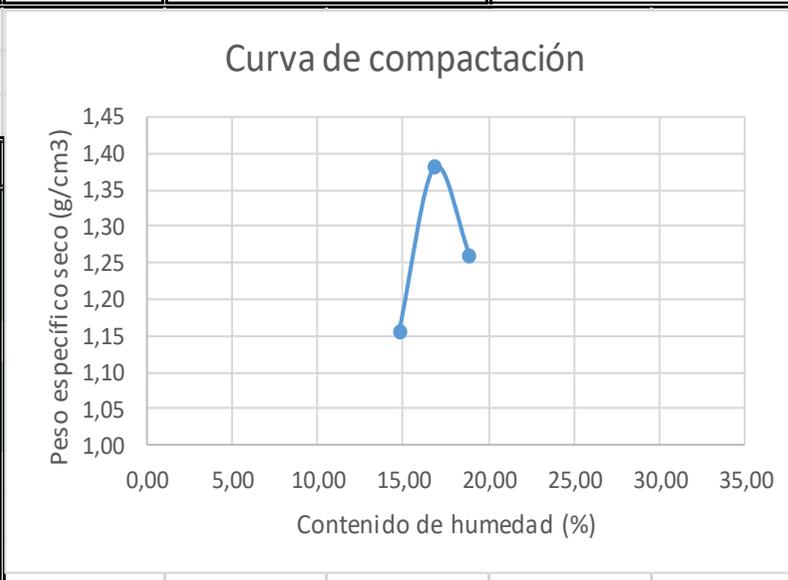
Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesis :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Modificado						
Norma:	ASTM D 1557						
Ubicación:	San Antonio Bajo	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M3bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5			
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	27,50	24,70	24,90		
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	85,40	86,90	87,00		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	76,90	76,20	75,90		
Contenido de Humedad		%	17,21	20,78	21,76		
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	8726,02	9591,03	9201,97		
Peso muestra húmeda		gr	3725,52	4590,53	4201,47		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,32	1,62	1,49		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,12	1,34	1,22		



Ubicación:	San Antonio Bajo		Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M3bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas			5	<p style="text-align: center;">Curva de compactación</p>	
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes			56		
Volumen del cilindro	2827,4	cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3			
Peso del recipiente		gr	43,80	42,70	24,50			
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	204,00	209,70	76,80			
Peso del recipiente + muestra seca		gr	180,10	181,60	67,60			
Contenido de Humedad		%	17,53	20,23	21,35			
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50			
Peso del cilindro + base + muestra		gr	9228,84	10047,63	9476,50			
Peso muestra húmeda		gr	4228,34	5047,13	4476,00			
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,50	1,79	1,58			
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,27	1,48	1,30			

Ubicación:	San Antonio Bajo		Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M3bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas			5	<p style="text-align: center;">Curva de compactación</p>	
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes			56		
Volumen del cilindro	2827,4	cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3			
Peso del recipiente		gr	25,00	25,10	24,80			
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	86,80	86,50	87,20			
Peso del recipiente + muestra seca		gr	77,20	76,00	76,10			
Contenido de Humedad		%	18,39	20,63	21,64			
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50			
Peso del cilindro + base + muestra		gr	8856,21	9631,85	9267,17			
Peso muestra húmeda		gr	3855,71	4631,35	4266,67			
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,36	1,64	1,51			
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,15	1,36	1,24			

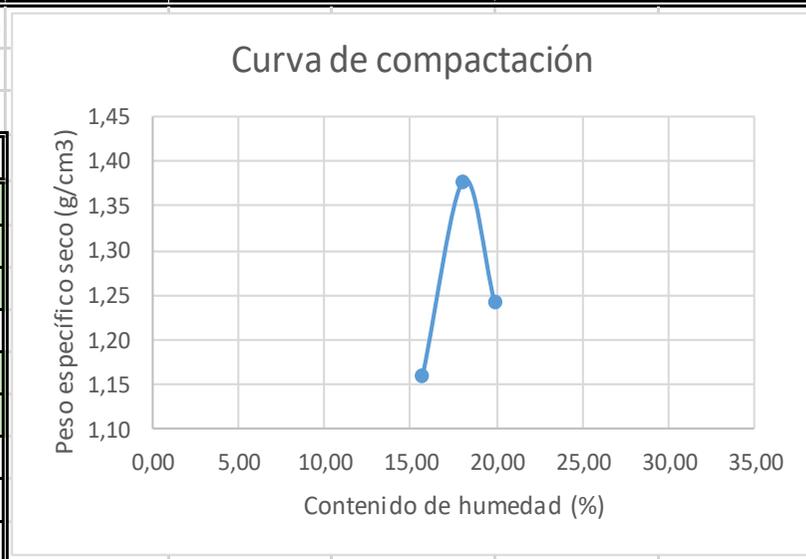
Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Modificado						
Norma:	ASTM D 1557						
Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M4aR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16 cm	N° Capas	5				
Diámetro interior del cilindro	15 cm	N° Golpes	56				
Volumen del cilindro	2827,4 cm ³						
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	24,40	25,00	24,70		
Peso del recipiente + muestra húmeda		gr	87,30	86,80	87,00		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	79,20	77,90	77,10		
Contenido de Humedad		%	14,78	16,82	18,89		
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	8752,95	9565,40	9232,15		
Peso muestra húmeda		gr	3752,45	4564,90	4231,65		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,33	1,61	1,50		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,16	1,38	1,26		



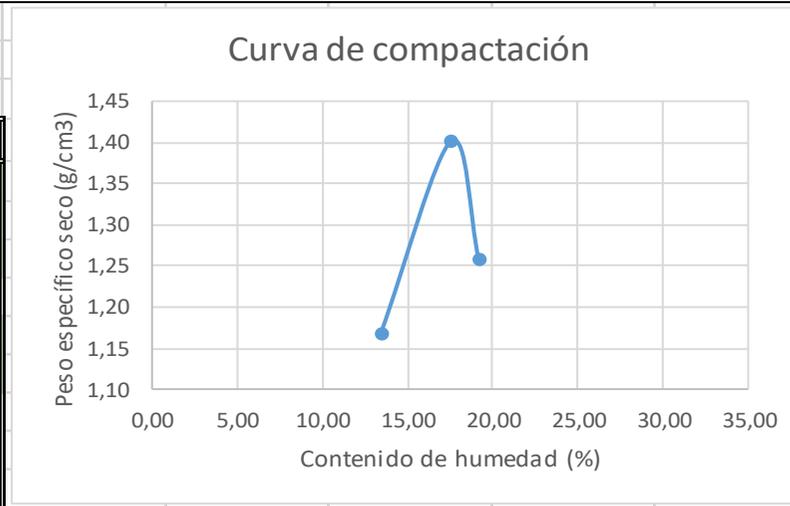
Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M4aR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5	<p style="text-align: center;">Curva de compactación</p>		
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		27,50	24,70	24,90		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		85,40	87,50	86,90		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		77,80	77,60	76,70		
Contenido de Humedad	%		15,11	18,71	19,69		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8743,86	9689,06	9241,53		
Peso muestra húmeda	gr		3743,36	4688,56	4241,03		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm³		1,32	1,66	1,50		
Peso volumétrico seco	gr/cm³		1,15	1,40	1,25		

Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M4aR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5	<p style="text-align: center;">Curva de compactación</p>		
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		43,80	42,70	24,50		
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr		202,70	207,80	77,80		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		183,90	183,30	69,20		
Contenido de Humedad	%		13,42	17,43	19,24		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		9087,89	9873,74	9364,28		
Peso muestra húmeda	gr		4087,39	4873,24	4363,78		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm³		1,45	1,72	1,54		
Peso volumétrico seco	gr/cm³		1,27	1,47	1,29		

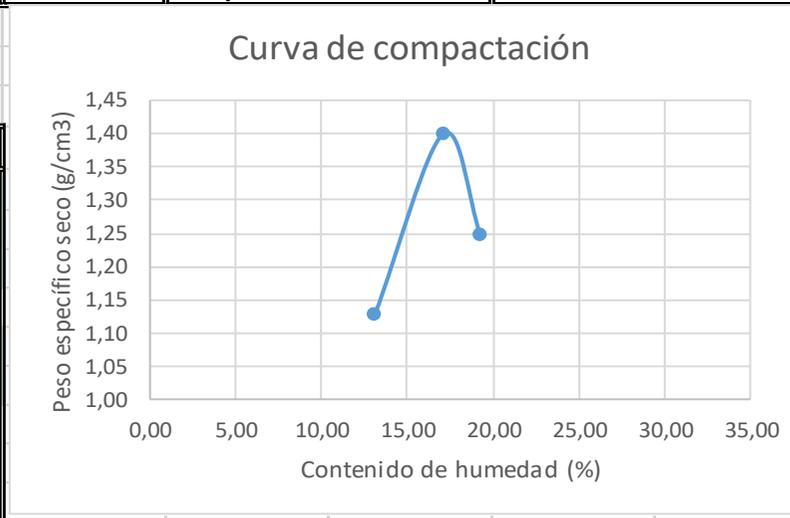
Proyecto :	"Caracterización de arcillas en el sector contiguo al reservorio del sistema de riego aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja"						
Tesista :	Darwin Alulima						
Director de Tesis	Ing. María del Cisne Veintimilla						
Ensayo :	Ensayo de Compactación método de Proctor Modificado						
Norma:	ASTM D 1557						
Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M4bR1	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5			
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente		gr	25,00	25,10	24,80		
Peso del recipiente + muestra húm		gr	86,20	85,20	86,30		
Peso del recipiente + muestra seca		gr	77,90	76,00	76,10		
Contenido de Humedad		%	15,69	18,07	19,88		
Peso del cilindro + base		gr	5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra		gr	8794,50	9598,60	9213,16		
Peso muestra húmeda		gr	3794,00	4598,10	4212,66		
Peso volumétrico húmedo		gr/cm ³	1,34	1,63	1,49		
Peso volumétrico seco		gr/cm ³	1,16	1,38	1,24		



Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M4bR2	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5			
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		24,40	25,00	24,70		
Peso del recipiente + muestra húm	gr		87,60	86,50	87,40		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		80,10	77,30	77,30		
Contenido de Humedad	%		13,46	17,59	19,20		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8747,70	9662,51	9242,89		
Peso muestra húmeda	gr		3747,20	4662,01	4242,39		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,33	1,65	1,50		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,17	1,40	1,26		



Ubicación:	Sapul	Fecha:	30/08/2021	N° de muestra:	M4bR3	Ensayo realizado:	Laboratorio de suelos
Altura interior del cilindro	16	cm	N° Capas	5			
Diámetro interior del cilindro	15	cm	N° Golpes	56			
Volumen del cilindro	2827,4	cm³					
# de recipiente		Unidades	D1	D2	D3		
Peso del recipiente	gr		27,50	24,70	24,90		
Peso del recipiente + muestra húm	gr		85,40	87,80	87,50		
Peso del recipiente + muestra seca	gr		78,70	78,60	77,40		
Contenido de Humedad	%		13,09	17,07	19,24		
Peso del cilindro + base	gr		5000,50	5000,50	5000,50		
Peso del cilindro + base + muestra	gr		8610,46	9636,40	9207,27		
Peso muestra húmeda	gr		3609,96	4635,90	4206,77		
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³		1,28	1,64	1,49		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³		1,13	1,40	1,25		



Anexo 7. Tabla de resumen de clasificación de los suelos en estudio

Características Muestras						Coordenadas			Límites de Consistencia					
ZONA	Muestra N°	Profundidad	Identificación	Sector	Codificación	Latitud (m)	Longitud (m)	Altitud (msnm)	humedad higroscópica	LL %	LP %	IP %	ACTIVIDAD	LC %
Chuquiribamba	1	1,10m	1a	Payama	M1a	684 344	9 576 979	2920	39,28%	53,89	39,40	14,49	0,28(inactiva)	12,47
Chuquiribamba	2	2,0m	1b	Payama	M1b	684 344	9 576 979	2920	56,35%	61,30	47,40	13,90	0,27(inactiva)	11,73
Chuquiribamba	3	1,10m	2a	San Antonio Alto	M2a	683 256	9 575 620	2920	33,87%	42,06	30,80	11,26	0,15(inactiva)	17,15
Chuquiribamba	4	2,0m	2b	San Antonio Alto	M2b	683 256	9 575 620	2920	39,67%	47,76	36,30	11,46	0,20(inactiva)	10,42
Chuquiribamba	5	1,10m	3a	San Antonio Bajo	M3a	683 354	9 575 589	2920	34,54%	52,00	36,30	15,70	0,22(inactiva)	27,72
Chuquiribamba	6	2,0m	3b	San Antonio Bajo	M3b	683 354	9 575 589	2920	39,42%	52,15	40,20	11,95	0,24(inactiva)	14,39
Chuquiribamba	7	1,10m	4a	Sapul	M4a	684 502	9 575 907	2920	41,66%	52,27	40,80	11,47	0,21(inactiva)	15,83
Chuquiribamba	8	2,0m	4b	Sapul	M4b	684 502	9 575 907	2920	69,74%	46,35	34,30	12,05	0,22(inactiva)	9,22

PRÓCTOR ESTANDAR		PRÓCTOR MODIFICADO		BOYOUCO				SUCS		AASHTO	
Densidad Máxima g/cm3	Humedad Óptima %	Densidad Máxima g/cm3	Humedad Óptima %	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural	SUCS	Identificación	AASHTO	Identificación
1,02	22,00	1,25	21,00	48,43	24,75	26,82	Franco arenoso arcilloso	MH	Limo elástico de alta plasticidad	A-7-5 (6)	Suelos arcillosos
0,96	21,00	1,25	21,00	48,09	24,92	26,99	Franco arenoso arcilloso	MH	Limo elástico de alta plasticidad	A-7-5 (7)	Suelos arcillosos
1,03	23,00	1,42	17,00	23,15	33,51	43,34	Arcilloso	ML	Limo arcillosos de baja plasticidad	A-7-5 (9)	Suelos arcillosos
1,04	23,00	1,38	19,00	41,59	34,17	24,24	Franco	ML	Limo arcilloso de baja plasticidad	A-7-5 (6)	Suelos arcillosos
1,11	21,00	1,48	19,00	28,34	23,29	48,37	Arcilloso	MH	Limo elástico de alta plasticidad	A-7-5 (12)	Suelos arcillosos
1,06	27,00	1,48	20,00	49,82	28,30	21,88	Franco arenoso arcilloso	MH	Limo elástico de alta plasticidad	A-7-5 (5)	Suelos arcillosos
1,02	28,00	1,47	17,00	45,90	30,51	23,59	Franco	MH	Limo elástico de alta plasticidad	A-7-5 (6)	Suelos arcillosos
1,01	26,00	1,38	17,00	44,79	35,44	19,77	Franco	ML	Limo arcilloso de baja plasticidad	A-7-5 (6)	Suelos arcillosos

Loja, 04 de Febrero de 2025

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Yo, Nadine Alejandra Narváez Tapia, con número de cédula 1150753067, con título de Licenciada en Ciencias de la Educación, mención Inglés, registrado en el SENESCYT con número 1008-2019-2144786; y con Maestría en Educación, mención en Innovación y Liderazgo Educativo, registrado en el SENESCYT con número 1008-2024-2856934.

CERTIFICO:

Qué he realizado la traducción de español al idioma Inglés de los resúmenes del presente trabajo de titulación y artículo científico denominados “Caracterización de las arcillas en el sector contiguo al reservorio del Sistema de Riego Aguarongo de la parroquia Chuquiribamba, Cantón Loja, provincia de Loja” de autoría de Darwin Antonio Alulima Granda, portador de la cédula de identidad, número 1106080631, egresado de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, siendo el mismo verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que se creyera conveniente.



Firmado digitalmente
porNADINE
ALEJANDRA
NARVAEZ TAPIA

Lic. Nadine Alejandra Narváez Tapia, Mgs.
C.I: 1150753067
Registro del SENESCYT: 1008-2019-2144786