



**UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

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

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO
PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”**

Autor: Mayra Elizabeth Ases Caizabanda

Tutor: Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano Mg.

AMBATO - ECUADOR

Septiembre – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE LA FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”**, elaborado por la Srta. **Mayra Elizabeth Ases Caizabanda**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804465027, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Septiembre 2021

Ing. Myriam Marisol Bayas Mg.
TUTORA

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Mayra Elizabeth Ases Caizabanda**, con C.I.: 180446502-7, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE LA FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



Mayra Elizabeth Ases Caizabanda
C.I: 1804465027
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Septiembre 2021



Mayra Elizabeth Ases Caizabanda

C.I: 1804465027

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Mayra Elizabeth Ases Caizabanda de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE LA FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

Ing. Favio Paul Portilla Yandún Mg.
Miembro Calificador

Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez Ph.D.
Miembro Calificador

DEDICATORIA

A toda mi familia, pues sin el apoyo de ellos no lo habría logrado para concluir mi carrera. A mis padres con todo el corazón, Jorge y Clara quienes, con su apoyo y consejos inspiraron mi espíritu para cumplir con mis sueños, guiándome con su paciencia en los momentos malos y seguir adelante.

A mi hermano William, quien con sus palabras fuertes inspiraron a seguir el camino correcto y tomar decisiones concretas.

A mi pareja Abel, con cariño y amor, por su tiempo y esmero para culminar la carrera y forjar un futuro fructífero para nuestros hijos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por su infinito amor y bondad en el transcurso de mi vida y proyectos a largo plazo, por la fuerza para soportar problemas, caídas y aprender de mis errores. Todas las caídas, me han servido para ser un humano humilde y crecer ayudando a los demás.

A mi madre Clara, una persona muy sabia que se esfuerza cada día por trabajar, me hace sentir orgullosa, de su manera de salir adelante en las situaciones difíciles y afrontar los problemas, dándome la mano en las batallas que he sentido desfallecer.

A mi padre Jorge, quien a pesar de la distancia me ha brindado su apoyo incondicional, con su esfuerzo y trabajo para culminar con uno de mis sueños. Ha sido una de mis bases fundamentales para formarme como profesional.

A mi pareja Richard, fiel compañero de vida, colaborador y confidente. En todo este tiempo hubo situaciones difíciles que han fortalecido nuestra relación, estuviste apoyándome a pesar de no tener tanto tiempo disponible.

A mis amigos, con quienes vivimos varias experiencias inolvidables y nos ha unido más como compañeros.

A mi tutora, Ing. Mg. Marisol Bayas, por impartir sus conocimientos y perseverancia para terminar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi

B. CONTENIDO

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	2
1.1.3.1 Geomallas.....	2
1.1.3.2 Fibra de coco	4
1.1.3.3 Fibras vegetales	6
1.1.3.4 Fibras naturales	7
1.1.3.5 Importancia de raíces para la estabilización de taludes.....	9
1.1.3.6 Fibras de coco para la estabilización de taludes.....	9
1.1.3.7 Relaciones Fundamentales	10
1.1.3.8 Propiedades Índice del suelo	12
1.1.3.9 Propiedades físicas del suelo.....	18
1.1.3.10 Clasificación del suelo	19
1.1.4 HIPÓTESIS	21

1.2OBJETIVOS	21
1.2.1 Objetivo General	21
1.2.2 Objetivos Específicos	21
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA	
2.1 Nivel o tipo de investigación.....	22
2.1.1 Experimental	22
2.1.2 De laboratorio.....	22
2.2 Población y muestra	22
2.2.1 Población.....	22
2.2.2 Muestra.....	24
2.3 Materiales y Equipos	24
2.3.1 Equipos para el ensayo de Contenido de Humedad	24
2.3.2 Equipos para determinar la Gravedad Específica	27
2.3.3 Equipos para el ensayo de Granulometría.....	29
2.3.4 Equipos para determinar los Límites de Atterberg.....	31
2.3.5 Equipos para determinar la Densidad de Campo	34
2.3.6 Equipos para determinar el perfil estratigráfico	36
2.4 Métodos.....	37
2.4.1 Plan de recolección de datos	37
2.4.2 Plan de Procesamiento y Análisis de Información.....	37
2.4.2.1 Ensayo de Contenido de Humedad	37
2.4.2.2 Ensayo de Gravedad Específica	38
2.4.2.3 Ensayo de Granulometría	38
2.4.2.4 Ensayo para los Límites de Atterberg	39
2.4.2.5 Ensayo para la Densidad de campo.....	40

2.4.2.6 Ensayo para el ángulo de fricción interna	41
2.4.2.7 Proceso para la malla de fibra de coco	41

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	43
3.1.1 Análisis Granulométrico de la muestra	45
3.1.1.1 Primera muestra de Suelo para el Análisis Granulométrico	47
3.1.1.2 Segunda muestra de Suelo para el Análisis Granulométrico	48
3.1.1.3 Tercera muestra de Suelo para el Análisis Granulométrico	50
3.1.1.4 Cuarta muestra de Suelo para el Análisis Granulométrico	51
3.1.2 Análisis de los Límites de Atterberg.....	53
3.1.2.1 Primera muestra de suelo para los Límites de Atterberg	54
3.1.2.2 Segunda muestra de suelo para los Límites de Atterberg	54
3.1.2.3 Tercera muestra de suelo para los Límites de Atterberg	55
3.1.2.4 Cuarta muestra de suelo para los Límites de Atterberg	55
3.1.3 Análisis del Contenido de Humedad.....	60
3.1.4 Análisis de la Gravedad Específica del suelo.....	62
3.1.5 Análisis de la Densidad de Campo del suelo	64
3.1.5.1 Primera muestra de suelo para la Densidad de Campo	66
3.1.5.2 Segunda muestra de suelo para la Densidad de Campo	67
3.1.5.3 Tercera muestra de suelo para la Densidad de Campo.....	68
3.1.5.4 Cuarta muestra de suelo para la Densidad de Campo	69
3.1.6 Análisis del Ángulo de fricción interna del Talud.	70
3.1.6.1 Suelo Limo arenoso para el ángulo de fricción interna.....	70
3.1.6.2 Suelo Arcilloso para el ángulo de fricción interna.....	71
3.1.7 Análisis del Perfil Estratigráfico del Talud.	72

3.1.8 Análisis de la malla de coco.....	73
3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	74
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1 Conclusiones	75
4.2 Recomendaciones.....	76
C. MATERIALES DE REFERENCIA	
Referencias Bibliográficas	78
Anexos	82
Anexo A: Fotografías.....	82
Anexo B: Normas.....	88
Anexo C: Ensayo Granulométrico	120
Anexo D: Ensayo Límites de Atterberg	124
Anexo E: Ensayo Gravedad Específica.....	128
Anexo F: Ensayo Densidad de Campo	132

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Aberturas de los tamices.....	13
TABLA 2. Clasificación AASHTO de los suelos	20
TABLA 3. Formato para el Contenido de Humedad.....	26
TABLA 4. Formato para la Gravedad Específica	28
TABLA 5. Formato para la Granulometría	30
TABLA 6. Formato para el Límite Líquido	33
TABLA 7. Formato para el Límite Plástico	33
TABLA 8. Formato para la Densidad de campo	35
TABLA 9. Formato para el Perfil Estratigráfico	36
TABLA 10. Sistema Unificado de suelos SUCS.....	45
TABLA 11. Resistencia en estado seco, dilatación y tenacidad.....	46
TABLA 12. Granulometría de la primera muestra.....	47
TABLA 13. Granulometría de la segunda muestra	48
TABLA 14. Granulometría de la tercera muestra	50
TABLA 15. Granulometría de la cuarta muestra.....	51
TABLA 16. Resultados del Límite Líquido de los suelos.....	56
TABLA 17. Resultados del Límite Plástico de los suelos.....	57
TABLA 18. Resultados del Índice Plástico de los suelos	57
TABLA 19. Resultados de Contenido de Humedad de los suelos	60
TABLA 20. Resultados del Contenido de Humedad de la fibra	61
TABLA 21. Valores Típicos de la Gravedad Específica.....	63
TABLA 22. Resultados de la Gravedad Específica de los suelos	63
TABLA 23. Valores Típicos de las propiedades índice	65
TABLA 24. Resultados de las Propiedades Índice de los suelos	65
TABLA 25. Valores Típicos del Ángulo de fricción	70
TABLA 26. Estratos del Talud.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Geomalla mono-orientada	3
FIGURA 2. Geomalla Bi-orientada	4
FIGURA 3. Estopa de coco.....	4
FIGURA 4. Malla de coco	5
FIGURA 5. Proceso de la fibra coco.....	6
FIGURA 6. Obtención de la fibra de coco.....	6
FIGURA 7. Fibra de caña	7
FIGURA 8. Construcción de fibra vegetal.....	8
FIGURA 9. Talud de la Curva Brava.....	9
FIGURA 10. Curva granulométrica	14
FIGURA 11. Perfil estratigráfico de la Curva Brava	17
FIGURA 12. Clasificación SUCS de los suelos	19
FIGURA 13. Ubicación de las muestras de suelo	23
FIGURA 14. Ubicación de la recolección de fibra de coco.....	23
FIGURA 15. Recipientes	25
FIGURA 16. Horno.....	25
FIGURA 17. Balanza Electrónica.....	26
FIGURA 18. Picnómetro	27
FIGURA 19. Pipeta, termómetro y embudo	28
FIGURA 20. Tamizadora.....	29
FIGURA 21. Brocha	30
FIGURA 22. Copa Casa Grande	31
FIGURA 23. Espátula, acanalador y mortero	32
FIGURA 24. Espátula, acanalador y mortero	32
FIGURA 25. Cono de Arena de Ottawa	34
FIGURA 26. Placa base, martillo, cincel, cucharón y flexómetro.....	35
FIGURA 27. Cabo	36
FIGURA 28. Desprendimiento de la fibra de coco.....	41
FIGURA 29. Dimensiones de la fibra de coco.....	42
FIGURA 30. Direcciones de la fibra de coco	42
FIGURA 31. Perfil estratigráfico en AutoCAD de la Curva Brava con calicatas	43
FIGURA 32. Perfil estratigráfico real de la Curva Brava con las calicatas	44
FIGURA 33. Proceso de la Granulometría	46
FIGURA 34. Figura Granulométrica de la primera muestra.....	47
FIGURA 35. Figura Granulométrica de la segunda muestra	49
FIGURA 36. Figura Granulométrica de la tercera muestra	50
FIGURA 37. Figura Granulométrica de la cuarta muestra	52
FIGURA 38. Comparación de la Granulometría de muestras	53
FIGURA 39. Carta de Plasticidad de Casagrande.....	53
FIGURA 40. Proceso del Límite Líquido y Límite Plástico.....	54

FIGURA 41. Comparación del Límite Líquido de los suelos.....	56
FIGURA 42. Comparación del Límite Plástico de los suelos.....	57
FIGURA 43. Comparación del Índice de Plasticidad de los suelos.....	58
FIGURA 44. Identificación del suelo en el Talud	59
FIGURA 45. Proceso del Contenido de Humedad	60
FIGURA 46. Comparación del Contenido de Humedad de los suelos	60
FIGURA 47. Proceso de la Fibra de coco seca y natural.....	61
FIGURA 48. Comparación del Contenido de Humedad de las fibras	62
FIGURA 49. Proceso de La Gravedad Específica	62
FIGURA 50. Comparación de la Gravedad Específica de los suelos	63
FIGURA 51. Proceso de la Densidad de campo	64
FIGURA 52. Determinación del cubo unitario de la primera muestra	66
FIGURA 53. Determinación del cubo unitario de la segunda muestra.....	67
FIGURA 54. Determinación del cubo unitario de la tercera muestra.....	68
FIGURA 55. Determinación del cubo unitario de la tercera muestra.....	69
FIGURA 56. Proceso del Ángulo de Fricción Interna.....	70
FIGURA 57. Interpretación del Ángulo de Fricción Interna	71
FIGURA 58. Representación del Ángulo real	72
FIGURA 59. Representación de los estratos del Talud	72
FIGURA 60. Implantación de las mallas en el Talud	73
FIGURA 61. Resultados de las mallas en el Talud.....	74

RESUMEN

El presente trabajo experimental propone estabilizar un talud mediante una geomalla en base de fibra de coco. Se procedió a obtener cuatro muestras, una en cada calicata, situados en cuatro puntos específicos del Talud de la Curva Brava ubicada en la parroquia Santa Rosa cantón Ambato, la fibra de coco fue adquirida del cantón Ambato, las muestras recolectadas resultaron ser lo suficiente para realizar los ensayos.

Se efectuó ensayos de campo y laboratorio para determinar propiedades físicas y mecánicas de cada muestra. Para identificar el tipo de suelo se realizó un análisis granulométrico y la determinación de los Límites de Atterberg por medio de las tablas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Las mallas se realizaron desprendiendo las fibras del coco y dejando secar al clima para facilitar la manipulación de la fibra. Las dimensiones de las fibras fueron de 1m x 1m, con una separación de 15cm, se ensamblaron 4 mallas en diferentes sentidos y se utilizaron 45m de fibra de coco para todas las mallas.

Para la evaluación se analizaron las características y propiedades de los suelos, resultados que no fueron favorables, pero con la implantación de la fibra de coco mejoró la capa vegetal del suelo y así evitar la erosión que existe en el Talud. Las mallas de coco son una alternativa ambiental a futuro para estabilizar los taludes.

Palabras claves: Límites de Atterberg, Suelos, SUCS, Mallas de coco, Análisis granulométrico.

ABSTRACT

The present experimental work proposes to stabilize a slope using a coconut fiber-based geogrid. We proceeded to obtain four samples, one in each pit, located in four specific points of the Slope of the Curva Brava located in the Santa Rosa parish, Ambato canton, the coconut fiber was acquired from the Ambato canton, the collected samples turned out to be enough to perform the tests.

Field and laboratory tests were carried out to determine physical and mechanical properties of each sample. To identify the type of soil, a granulometric analysis and the determination of the Atterberg Limits were carried out using the tables of the Unified Soil Classification System (SUCS).

The meshes were made by detaching the fibers from the coconut and allowing the climate to dry to facilitate the handling of the fiber. The dimensions of the fibers were 1m x 1m, with a separation of 15cm, 4 meshes were assembled in different directions and 45m of coconut fiber were used for all meshes.

For the evaluation, the characteristics and properties of the soils were analyzed, results that were not favorable, but with the implantation of coconut fiber, the vegetal layer of the soil improved and thus avoid the erosion that exists in the Slope. Coconut meshes are a future environmental alternative to stabilize slopes.

Keywords: Atterberg limits, Soils, SUCS, Coconut meshes, Granulometric analysis.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1 ANTECEDENTES

Según J. Martínez en su trabajo de titulación con el tema “Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes fibras: sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (vidrio).” concluye que mediante el análisis comparativo entre el adoquín convencional y el adoquín elaborado con materiales provenientes de fibra, se reflejó los resultados que los adoquines convencionales, es decir sin fibra tienen un asentamiento de 5 centímetros, con una homogeneidad equilibrada y baja trabajabilidad, pero esto puede reducir si se integra porcentajes adecuados de estopa de coco, de esta manera se obtendrá los niveles porcentuales a los adoquines con fibra de polipropileno. [1]

Por otro lado, Sánchez y Miranda en su tesis bajo el tema “Adición de la fibra de coco en el hormigón y su incidencia en la resistencia a compresión” mencionan la importancia del aumento de hormigón de fibra de coco ya que se reduce el peso y sus niveles de absorción de agua aumentan, por lo cual, concluyen que los hormigones elaborados con fibras vegetales son más ecológicos, livianos y económicos a comparación de los convencionales. Además, especifican que este tipo de hormigón son usados para bordillos y aceras.

Para N. Villanueva en su trabajo titulado “Influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto” especifica que mediante sus estudios realizados los materiales fabricados con fibra de coco pueden llegar a ser una alternativa para las construcciones de viviendas, siendo más económicas, durables y de alta resistencia.

Y para finalizar D. Merino concluye que el trabajar con productos no tóxicos resulta ser una nueva e innovadora técnica, además de proteger la salud y el medio ambiente.

1.1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el mercado existen varias técnicas de prevención y protección de taludes, que van desde el manejo de los geos productos, hasta el diseño de complicadas estructuras que necesitan de otros materiales para un funcionamiento correcto y que pretenden un riesgo de fallo bajo al medio ambiente en general. [2]

En los últimos años los materiales de construcción han incrementado sus costos y producen emisión de contaminantes al aire. Se procura agregar fibras vegetales de coco para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de eco materiales para obtener viviendas durables. [3]

Cada vez adquiere mayor preferencia los materiales sustentables, se convierten en biodegradables sin causar daño a la naturaleza. La fibra de coco se descompone en el suelo y evita problemas de erosión en la estabilización de taludes reconstruyendo la población vegetal. [4]

Al añadir fibra de coco en el hormigón disminuye el peso específico e incrementa la absorción de agua, permite que en el momento de la falla el hormigón mantenga unido al material, esto detiene la continuidad de la grieta. Estos hormigones son más económicos, ligeros y ecológicos. [5] [6]

El presente proyecto de investigación consiste en la evaluación de la geomalla en base de fibra de coco, para la estabilización del talud ubicado en el sector curva Brava del Barrio Lomas de Garcés de la parroquia Santa Rosa cantón Ambato provincia de Tungurahua, para permitir un mejoramiento del suelo deteriorado por la erosión del ambiente.

1.1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.3.1 Geomallas

Este tipo de materiales son importantes para aumentar el confinamiento de partículas que permanecen en el suelo, además de elevar su resistencia en tensión, para lo cual se usan las geomallas, mediante la utilización de ramas en forma de trenzas o por medio de ramas colocadas en el suelo perpendicularmente. [7]

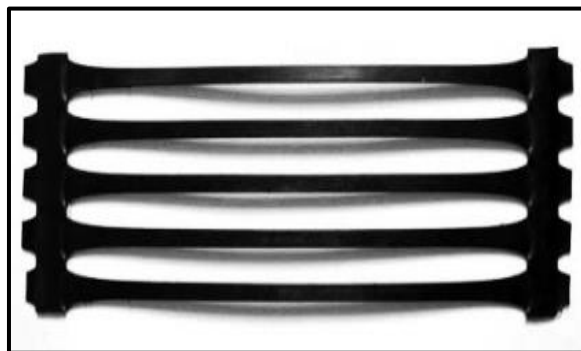
Por lo general estas mallas son elaboradas por polímeros, las mismas que deben tener una apertura que no permita introducción de elementos dañinos para el suelo. La capacidad de estas geomallas ayuda a captar fuerza en la superficie aumentando la resistencia contra cualquier tipo de desplazamientos, ya que se puede producir cargas tanto estáticas como dinámicas. [8]

Según A. Bustamante [7] entre las geomallas que existen son:

- **Mono-Orientadas**

Son bidimensionales fabricadas por polietileno con alto porcentaje de densidad, estas pasan por un proceso de estiramiento, para que logre mayor tensión y así lograr resistencia, teniendo en cuenta la abertura adecuada, tipo granular. Son inertes a los químicos que se hallan en el suelo, de manera que sea similar al material de acero para su refuerzo. [9]

FIGURA 1. Geomalla mono-orientada



Fuente: Evaluación en el nivel de resistencia de un Subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil [7]

- **Bi-Orientadas**

Son fabricadas en base a materiales de polipropileno, con características homogéneas, son inertes químicamente, su proceso es de extrusión, lo cual se inicia con el estiramiento de este material, teniendo en cuenta que los espacios deben ser de forma rectangular, que generan resistencia y elasticidad, además de proporcionar una trabazón al suelo. Estas geomallas están compuestas por elementos rígidos que generan

confinamiento a las partículas, siendo de gran efectividad para los pavimentos rígidos reforzándolos de manera eficiente. [10]

FIGURA 2. Geomalla Bi-orientada



Fuente: Evaluación en el nivel de resistencia de un Subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil [7]

1.1.3.2 Fibra de coco

Es usada para la protección del suelo, ya que por el material fabricado establece el equilibrio entre la retención y la aireación del agua, de manera que evite el aumento excesivo de humedad y problemas.

FIGURA 3. Estopa de coco



Fuente: Plan de empresa para la creación de fibras de coco, empresa dedicada a la producción y comercialización de fibras y sustrato a partir de la estopa de coco [11]

Según Guillermo Laveaga [12] las ventajas de utilizar materiales en base de fibras de coco son:

- No permite la erosión de viento hacia el agua.
- Ayuda al crecimiento rápido y sano de la vegetación.
- Aumenta la protección de las semillas que sirven de consumo para los animales.
- Los arroyos y ríos son protegidos por la fibra de coco.
- Al desear instalar este tipo de materiales no se requiere especialización en la mano de obra.
- La instalación del material es rápido y fácil.

FIGURA 4. Malla de coco



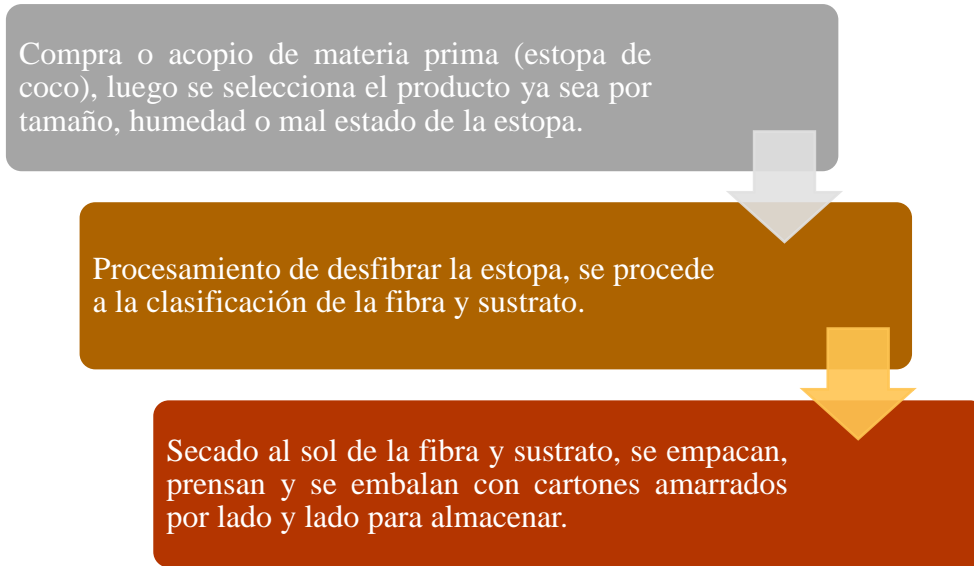
Fuente: DM GeoSintéticos Group [12]

Además, menciona los siguientes campos de aplicación en los cuales se aplica este tipo de materiales:

- Ríos
- Campos de prácticas de golf
- Lugares de recreación
- Centros deportivos
- Suelos en los que puede ocasionarse erosiones
- Canales de flujo estable
- Estabilización de taludes
- Taludes escalonados

Para el proceso de obtener la fibra de coco.

FIGURA 5. Proceso de la fibra coco



Fuente: Plan de empresa para la creación de fibras de coco, empresa dedicada a la producción y comercialización de fibras y sustrato a partir de la estopa de coco [11]

FIGURA 6. Obtención de la fibra de coco



Fuente: Mayra Ases

1.1.3.3 Fibras vegetales

Son estructuras con características flexibles y sólidas, su longitud es mayor a su diámetro. [13]

Entre las características de las fibras vegetales se detallan:

- Están compuestas por celulosa (flexibilidad y tracción) y lignina (dan resistencia y dureza).
- El entorno en el cual se adaptan las plantas es importante ya que dependen de su crecimiento y desarrollo.

FIGURA 7. Fibra de caña



Fuente: Uso de fibras vegetales en la edificación sostenible [13]

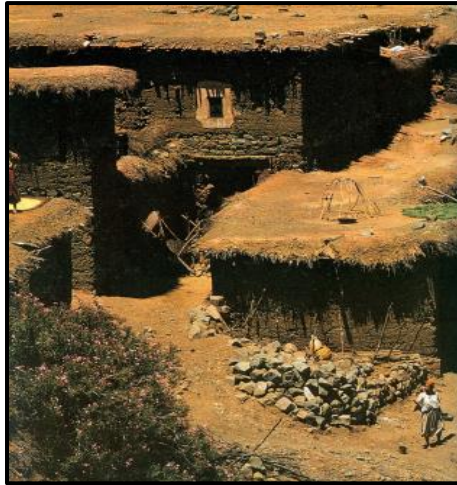
1.1.3.4 Fibras naturales

Las fibras naturales antiguamente las usaban para la conservación de materiales para la construcción. En la actualidad naturales ayudan a reforzar el suelo, siendo una técnica de mejoramiento, además, tiene bajo de costo y es amigable. Estas fibras se obtienen a partir de los restos de las frutas y plantas las cuales se usan en el sector de la industria alimenticia. [14]

Entre las características están:

- Tienen poca resistencia química.
- Disminuyen la corrosión.
- Reducen la biodegradación.
- Limitan uso de estructuras temporales.
- Generan bajo riesgo por fallas degradadoras.

FIGURA 8. Construcción de fibra vegetal



Fuente: influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto [14]

Uso de fibras naturales para la estabilización de taludes en suelos tropicales

Estos suelos se dan por los factores como el clima, es decir la humedad y temperatura, ya que generan propiedades ingenieriles provocadas por la meteorización de las rocas, por su elemento disolvente, ya que sus minerales se meteorizan rápido.

La estabilidad de taludes refleja una moderación hidrológica compleja, en las cuales la humedad y temperatura ambiental tienen un nivel alto, la topografía es escarpada y la geología tiene complejidad, lo cual es desfavorable para todo trabajo dedicados a las excavaciones. [15]

Para que este tipo de fibras posee mayor resistencia tanto química como en corrosión se debe cubrir con elementos geo sintéticos de esta manera su nivel de protección al suelo aumenta, además se puede apoyar por canales de agua lluvia. [16]

FIGURA 9. Talud de la Curva Brava



Fuente: Mayra Ases

1.1.3.5 Importancia de raíces para la estabilización de taludes

Dentro de las funciones de las raíces está en el mando geotécnico facilitando los anclajes, aumentando el refuerzo del suelo para su absorción y conducción del agua ya que se reducirá los niveles de humedad.

Sidele menciona el efecto para la resistencia del suelo y da a conocer 3 formas:

1. Permite la unión de materiales que se encuentran en los suelos inestables.
2. Se forma una capa que refuerza el suelo.
3. Estas raíces operan como pilas que apoyan al suelo.

Además, especifica la resistencia sobre la tensión en raíces que puede tener un 30 por ciento sobrepasando al acero, llegando a tener profundidad en el talud, de manera que se recupere y regenere en caso de presentarse problemas físicos, proporcionando ventajas para su adaptación topográfica. [15]

1.1.3.6 Fibras de coco para la estabilización de taludes

En la actualidad la sostenibilidad ambiental es un tema importante, por lo que la elaboración de materiales bajo fibras de coco se ha convertido útiles para construcciones sobre la estabilización de taludes, ya que posee resistencia contra la

humedad, además que son biodegradables con mayor elasticidad en comparación con las diferentes fibras. Estas fibras de coco son extraídas de sus cáscaras, tiene contextura estrecha, hueca y delgada. Además, puede darse combinaciones con otros materiales como resinas y gomas que ayudan a mantener el peso adecuado el cual está dado por 2.16 N/m³ y 2.68 N/m³. [15]

Entre las actividades en las cuales se aplicó fibras de coco son en carreteras, mejoras en áreas con factores de degradación, ferrovías, refuerzo contra el suelo, acabados y restauración en aviones, entre otras.

1.1.3.7 Relaciones Fundamentales

Contenido de humedad

Es la relación que un suelo tiene entre el peso del agua y el peso de los sólidos de la muestra. Se lo puede definir como la suma del agua libre, capilar e higroscópica. [17]

Se la define con la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W_w: Peso del agua

W_s: Peso de los sólidos

Relación de vacíos (e)

La relación de vacíos es la relación del volumen de los vacíos y el volumen de los sólidos.

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Donde:

V_v: Volumen de los vacíos

W_s: Volumen de los sólidos

Los valores de e muy bajos significa que el suelo se encuentra muy compacto y para los valores altos el suelo está muy suelto o altamente compresible como en los suelos arcillosos. [18]

Porosidad (η)

La porosidad es la relación del volumen de los vacíos y el volumen de la masa, su valor se expresa en porcentaje y sus límites entre 0-100%.

$$\eta = \frac{V_v}{V_m} \times 100$$

Donde:

V_v: Volumen de los vacíos

V_m: Volumen de la masa

El mayor porcentaje de porosidad, significa que el suelo tiene en su mayor parte porosidad y compresibilidad alta. El menor porcentaje de porosidad, significa que el suelo está muy densificado. [19]

Grado de Saturación del Agua

Es la relación que existe entre el volumen del agua con respecto al volumen de los vacíos, el valor se obtiene en porcentaje, el 100% significa un suelo saturado de agua. Se obtiene con la siguiente fórmula: [20]

$$Gw\% = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Donde:

V_w: Volumen del agua

V_v: Volumen de los vacíos

Grado de Saturación del Aire

Es la relación que existe entre el volumen del aire con respecto al volumen de los vacíos, el valor se obtiene en porcentaje, el 100% significa un suelo saturado de aire y sin agua. Se obtiene con la siguiente fórmula: [21]

$$Ga\% = \frac{V_a}{V_v} \times 100$$

Donde:

Va: Volumen del aire

Vv: Volumen de los vacíos

1.1.3.8 Propiedades Índice del suelo

Gravedad específica

Se define como el peso unitario de un material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4 grados centígrados. Sus valores fluctúan entre 2,65-2,72 (sin unidades). [22]

$$G_s = \frac{W_s \times k}{W_s + W_{bw} - W_{bws}}$$

Donde:

Ws: Peso del suelo seco

k: Factor de corrección

Wbw: Picnómetro + agua

Wbws: Picnómetro + agua + suelo (sumergido)

Densidad de Campo

Proporciona información para diferenciar resultados de las densidades secas en obra, con los resultados en laboratorio. El suelo está formado por partículas sólidas rodeado por espacios (vacíos), ocupados por aire y agua para describir un depósito de suelo y expresar las propiedades físicas. Se define relaciones con referencia a sus pesos y

volúmenes para identificar la nomenclatura adecuada y adquirir valores cuantificables, cuya diferencia sea motivo para procesos ingenieriles. [23]

Densidad relativa (Dr): Cuando el suelo tiene más compacidad, posee una mejor resistencia. Es la relación de la masa y el volumen de un suelo. [24]

Densidad aparente (Da): Es la relación del volumen y el peso seco de un material con los poros y vacíos. [25]

Granulometría

Es la distribución del tamaño de las partículas que conforman un suelo, para encontrar una clasificación adecuada de la misma. La gráfica granulométrica está definida por las ordenadas que es el peso en porcentaje, de las partículas menores del tamaño correspondiente y el tamaño de las partículas en las abscisas. [26] Cuando la curva posee una línea vertical, quiere decir que el suelo está constituido por un solo tamaño de partículas. [23] Los tamices distribuyen las partículas del suelo de acuerdo al tamaño de las aberturas, luego es colocada en un bastidor para que la vibración, permita que las partículas caigan en el tamiz correspondiente.

Cuando queda retenido en la malla #200 (0,08) un porcentaje mayor al 50 % del suelo es un suelo grueso, pero si pasa por la malla #200 (0,08) un porcentaje mayor al 50 % del suelo se considera un suelo fino. [27]

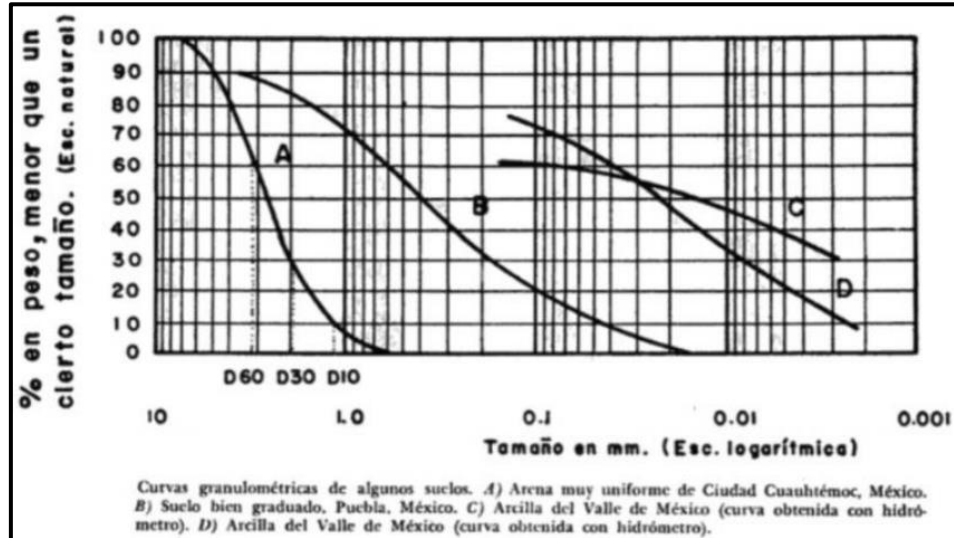
TABLA 1. Aberturas de los tamices

TAMIZ#	ABERTURA (mm)
#4	4,76
#8	2,38
#10	2.00
#16	1,19
#30	0,60
#40	0,43
#50	0,30
#60	0,25
#100	0,15
#200	0,08

Fuente: Representación de estados y trayectorias volumétricas gravimétricas en suelos [28]

La curva granulométrica se representa de la siguiente manera:

FIGURA 10. Curva granulométrica



Fuente: Fundamentos de la Mecánica de Suelos [23]

Por medio de la granulometría se obtiene una información completa del suelo analizado, como el tamaño máximo de las partículas.

D₁₀= Es el diámetro efectivo del tamaño de las partículas que representan el 10% que pasa el material en el tamiz, expresado en milímetros.

D₃₀= Es el diámetro equiparable del tamaño de las partículas que representan el 30% que pasa el material en el tamiz, expresado en milímetros.

D₆₀= Es el diámetro dimensional del tamaño de las partículas que representan el 60% que pasa el material en el tamiz, expresado en milímetros. [29]

Coefficiente de Curvatura (Cc)

El coeficiente de curvatura permite determinar la graduación de la muestra del suelo.

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Donde:

D₃₀: Diámetro equiparable

D₆₀: Diámetro dimensional

D₁₀: Diámetro efectivo

Cuando el valor esta entre 1 y 3 el suelo tiene una buena graduación, pero si el Cc es menor que 1 o mayor que 3, el suelo es uniformemente distribuido. [30]

Coefficiente de Uniformidad (Cu)

Cuando el coeficiente Cu decrece, la uniformidad aumenta. Si el valor es mayor a 3 los suelos son bien graduados. Pero si el Cu es menor que 3 el suelo es mal graduado o muy uniforme. [30]

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

Donde:

D₁₀: Diámetro efectivo

D₆₀: Diámetro dimensional

Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg se basan en el estudio de suelos finos, que se los encuentra en diferentes estados, de acuerdo al contenido de humedad del suelo. [31]

- **Límite Líquido**

Se lo obtiene con el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, de un suelo entre el estado plástico y el estado líquido. [31] [32]

- **Límite Plástico**

Se lo puede observar con el contenido de humedad del suelo, cuando empieza agrietarse los cilindros de suelo de 3 mm de diámetro. [32] Se calcula con el contenido de humedad promedio.

- **Índice Plástico**

Es la frontera entre límite líquido el límite plástico e indica un correcto grado de plasticidad de un suelo. [31] [32]

Ángulo de Fricción interna de un suelo

Evalúa la resistencia al corte, mediante estos resultados se analiza las capacidades portantes última y admisible. Tiene una relación con el ángulo de reposo, para la estabilidad del talud. [33]

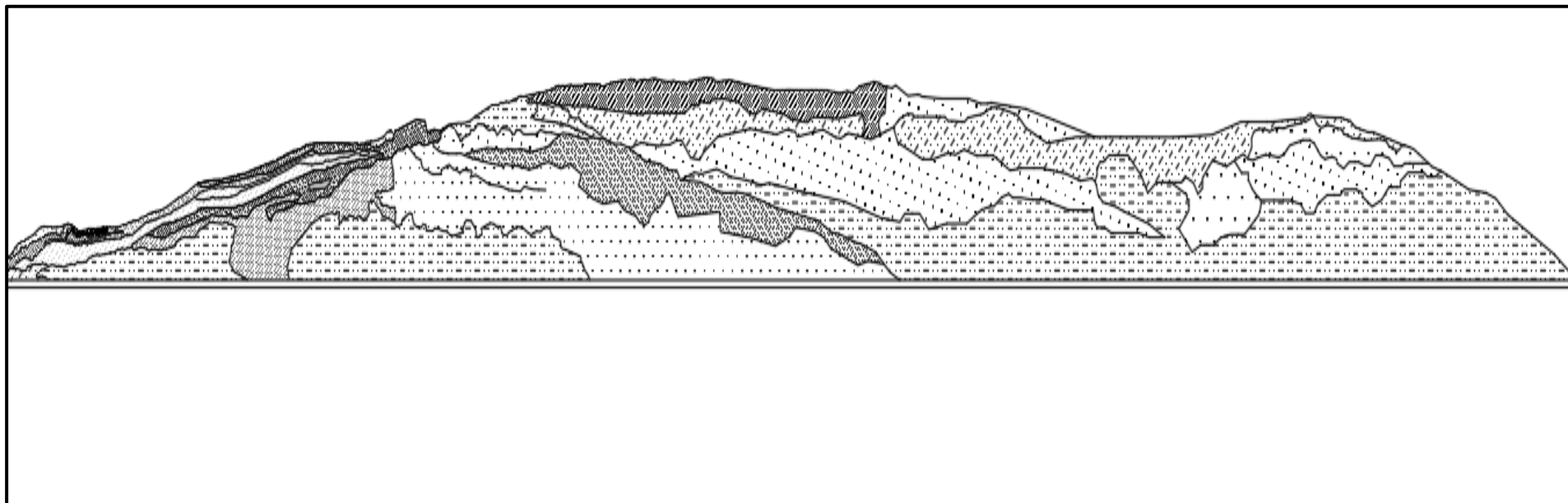
El ángulo de fricción interna depende del tamaño, la forma y la distribución de los granos o partículas del suelo. [34]

Perfil Estratigráfico

Depende de la forma que se depositan las rocas sedimentarias por causa de los agentes y ambiente sedimentario. Por esta razón se obtienen diferentes estratificaciones de superficies horizontales y continuidad. [33]

Se pueden distinguir dos tipos de factores que causan la estratificación: los físicos que se producen por la temperatura y los químicos, por la estructura química de las aguas.

FIGURA 11. Perfil estratigráfico de la Curva Brava



Fuente: AutoCAD 2020

1.1.3.9 Propiedades físicas del suelo

Color

El color es una propiedad que permite detallar los tipos de suelos. A veces el suelo puede tener otro tipo de color causado por agentes externos, temperatura y el contenido de materia orgánica. La “Tabla de Colores Munsell” proporciona información del suelo por su color.

A continuación, se detalla las propiedades del suelo por su color:

Oscuro o negro: Presencia de materia orgánica. Suelos con menor contenido de materia orgánica, pero con exceso de sodio también toma colores oscuros.

Claro o blanco: Esta tonalidad produce los carbonatos de calcio y magnesio, con otras sales solubles.

Pardo amarillento: El origen de este color es por Fe (hierro), a través de aireación, temperatura y contenido de humedad.

Color rojo: Se produce por el Fe no hidratado, o por el dióxido de Mn. Se forma en periodos de meteorización.

Grisés y veteados: Se observa en charcos con suelo, que permanece por un tiempo.

Gris verdoso azulado: Se produce por la mala circulación del agua, en suelos con escasa cantidad de oxígeno. [35]

Textura

La textura se clasifica por sus partículas finas a gruesas. Si el suelo indica gran cantidad de suelo fino puede ser un limo o arcilla. Si la textura es gruesa es porque el suelo tiene presencia de grava.

Estructura

Es la manera en que se acomodan las partículas del suelo. Tiene gran influencia el clima y manejo del suelo. Un suelo con una estructura buena es utilizado para cultivar

ya que la erosión no le arrastra, por el contrario, un suelo con mala estructura no permite que el aire penetre y se hacen masas cuando están húmedos. [36]

1.1.3.10 Clasificación del suelo

Para la clasificación del suelo existen varios métodos:

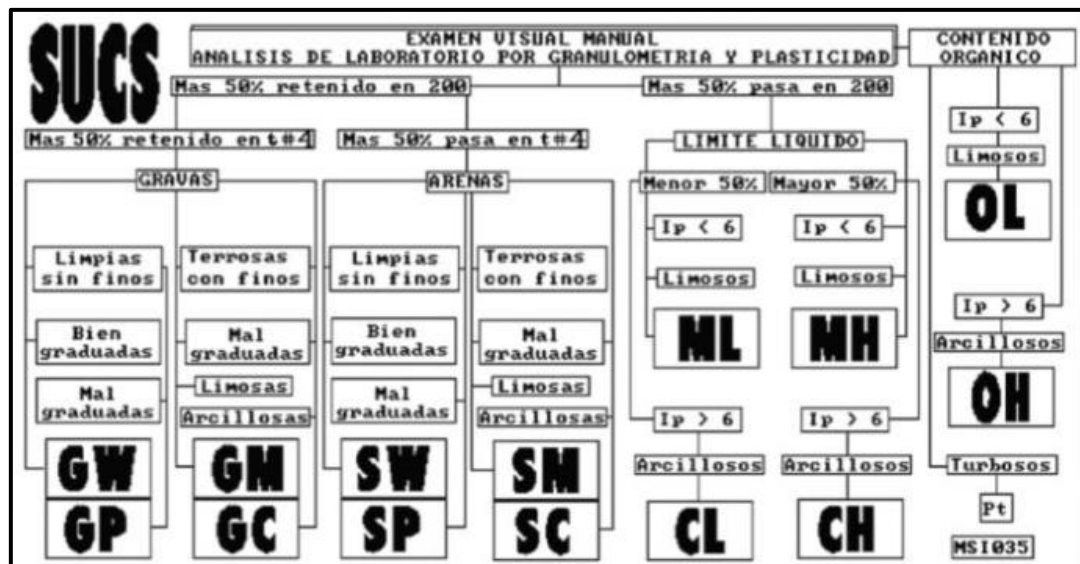
La tabla del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS es un sistema para la Ingeniería y Geología en la cual se describe la textura y el tamaño de las partículas. Método de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO).

Los Sistemas están en función de las características de los límites de Atterberg (límite líquido, plástico e índice de plasticidad) y análisis granulométrico.

Sistema de Clasificación SUCS

Es un sistema que muestra detalladamente el estudio de suelos, en la figura se indica la clasificación de los suelos por medio de la granulometría.

FIGURA 12. Clasificación SUCS de los suelos



Fuente: Clasificación Unificada de suelos SUCS ASTM D2 487 [37]

Gravas o arenas

Si pasa el tamiz #200 menos del 5% del material es un suelo GW, GP, SW O SP, las variables significan G= grava, S=arena, W= bien graduada, P=pobrememente graduada. Cuando más del 12% pasa el tamiz #200 es un suelo GM, GC, SM o SC, las variables significan M=limo, C=arcilla. Si se encuentra entre el 5% y 12% que pasa el tamiz # 200, significa que es un suelo GW-GC-GW-GM, GP-GC, GP-GM, SP-SC, SP-SM

Suelos de grano fino

Cuando pasa el tamiz #200 más del 50% y es menor del 50% en los límites líquidos, es un suelo ML, OL o CL, las variables O=suelos orgánicos, caso contrario los límites líquidos son mayores al 50%, es un suelo MH, OH o CH, las variables H=Alta plasticidad. [38]

Sistema de Clasificación AASHTO

El sistema AASHTO clasifica al suelo en 7 grupos: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, varios se dividen en subgrupos. Los 3 primeros grupos pertenecen a los suelos granulares ya que menos del 35% pasa el tamiz N° 200 y los cuatro últimos son suelos limo-arcilloso ya que más del 35% pasa el tamiz N° 200. [38]

TABLA 2. Clasificación AASHTO de los suelos

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm)	50 máx	-	-	-				-			
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín	-				-			
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Limite líquido	-		-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Indice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

Fuente: Manual de Laboratorios de Suelos [22]

1.1.4 HIPÓTESIS

Evaluación de la geomalla en base de fibra de coco genera ventajas para la estabilización de taludes

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Analizar la estabilización del talud mediante la colocación de una geomalla en base de fibra de coco.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas del talud.
- Obtener la malla óptima de fibra de coco, que necesita el suelo para evitar la erosión.
- Analizar los resultados del suelo natural y el suelo estabilizado con la fibra de coco.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Nivel o tipo de investigación

2.1.1 Experimental

La estabilización del talud se realiza con geomallas de fibra de coco en cuatro calicatas diferentes. Es una manera no convencional a las que se utiliza actualmente para la estabilización de taludes, evitando que la erosión destruya la vegetación. La fibra va a detener los desprendimientos de partículas de suelo hacia la carretera e impedir accidentes de tránsito.

2.1.2 De laboratorio

Después de la recolección de los datos se procede a los laboratorios de la Carrera de Ingeniería civil, para comprobar los rangos de los valores en cada uno de los ensayos según las normas.

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población

En el trabajo experimental se recolectaron dos muestras de cada calicata y de fibra de coco, para la evaluación de la geomalla de fibra de coco y analizar sus propiedades; para evitar la erosión del talud.

Las muestras de suelo ensayadas fueron recolectadas de la región Sierra, sector de la Curva Brava del Barrio Lomas de Garcés de la parroquia Santa Rosa cantón Ambato provincia Tungurahua.

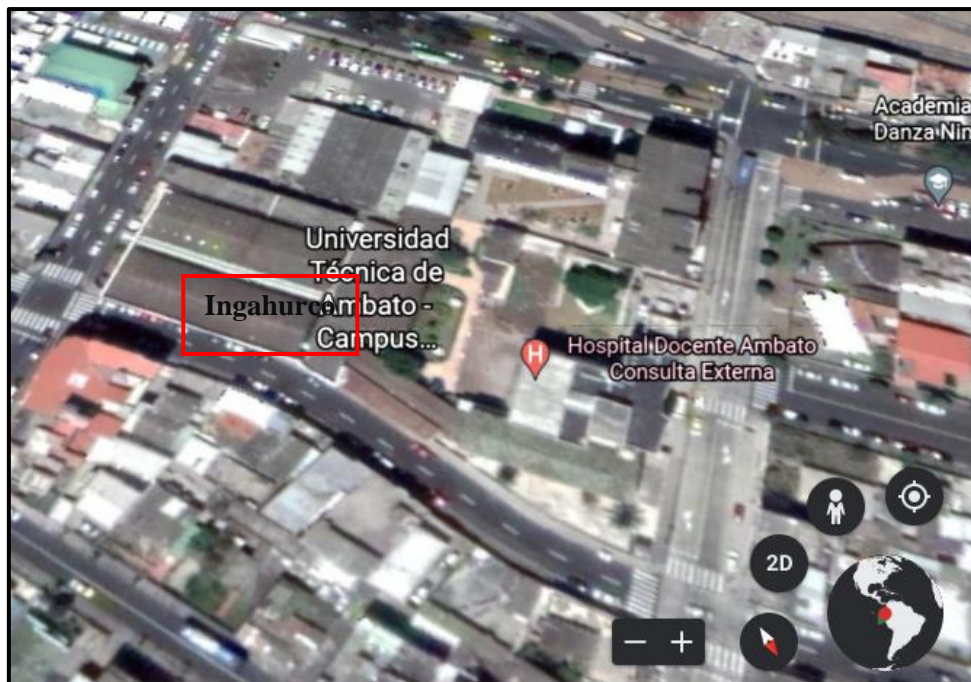
Las muestras de fibra de coco fueron recolectadas de la región Sierra, sector Ingahurco de la parroquia la Merced cantón Ambato provincia Tungurahua.

FIGURA 13. Ubicación de las muestras de suelo



Fuente: Google Earth

FIGURA 14. Ubicación de la recolección de fibra de coco



Fuente: Google Earth

2.2.2 Muestra

La norma NTE INEN 690 del ensayo Contenido de Humedad se establece con el tamaño máximo de la partícula y del tipo de gradación.

La norma NTE INEN 856 de la Gravedad Específica indica que el suelo debe ser secado en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta que la masa se encuentre consistente.

La norma AASHTO T-87 Y T-88 de la Granulometría establece el procedimiento para definir cuantitativamente la distribución de partículas de un suelo. La cantidad de muestra mínima depende del tamaño máximo de las partículas.

La norma NTE INEN 691 del Límite Líquido determina que se debe utilizar 250 gr de la mezcla total que pase el tamiz de $425\ \mu\text{m}$ (No.40). La norma NTE INEN 692 establece que se utiliza aproximadamente 100 gr que pase el tamiz de $425\ \mu\text{m}$ (No.40).

La norma ASTM D 2167 y AASHTO T 205 de la densidad de campo establece que se debe excavar el suelo con una profundidad de 4" o 10 cm.

Para los ensayos de ángulo de fricción interna, ángulo de buzamiento y perfil estratigráfico las normas INEN Y AASHTO establece valores aproximados.

2.3 Materiales y Equipos

Los materiales y equipos empleados en el trabajo experimental proporcionan la información necesaria para obtener las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Todos los ensayos son realizados en el Laboratorio de Ingeniería Civil bajo especificaciones establecidas por las normas.

2.3.1 Equipos para el ensayo de Contenido de Humedad

Para el Ensayo de Contenido de Humedad la norma recomienda utilizar una cantidad de 300 gr de cada calicata.

Recipientes

Los recipientes deben ser de un material que no se dañe al entrar en contacto con el calor del horno. Pueden ser de aluminio o acero inoxidable, las muestras no sufren ningún tipo de alteración con estos materiales.

FIGURA 15. Recipientes



Fuente: Mayra Ases

Horno

El horno debe tener una temperatura que oscila entre $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ para obtener un secado adecuado de las muestras de suelo.

FIGURA 16. Horno

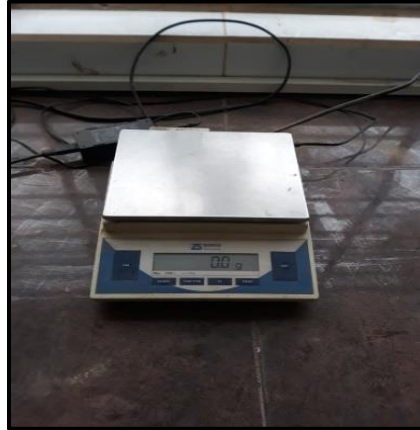


Fuente: Mayra Ases

Balanza Electrónica

Son instrumentos para pesar muestras de suelos y tiene una aproximación de 0,1 gr



FIGURA 17. Balanza Electrónica



Fuente: Mayra Ases

El Ensayo de Contenido de Humedad se realiza mediante el siguiente formato:

TABLA 3. Formato para el Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL 								
"EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES"								
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador							
ESTUDIANTE:	Mayra Ases							
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas							
NORMA:	NTE INEN 690							
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
NÚMERO DE CALICATA	1		2		3		4	
Número recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso húmedo+recipiente								
Peso seco+recipiente								
Peso del agua								
Peso del recipiente								
Peso muestra seca								
Contenido de Humedad								
Contenido de Humedad promedio								

Fuente: Mayra Ases

2.3.2 Equipos para determinar la Gravedad Específica

Para el Ensayo de Gravedad Específica la norma recomienda utilizar una cantidad de 50 gr de cada calicata.

Picnómetro

El picnómetro tiene una capacidad de 500 ml. El picnómetro lleno hasta la marca de aforo puede alcanzar una temperatura de 23°C.

FIGURA 18. Picnómetro



Fuente: Mayra Ases

Termómetro

Es un tubo largo hecho de vidrio que se lo sumerge hasta la mitad del agua y arroja valores con una exactitud de 0.1 °C.

Embudo

Permite introducir el agua con más precisión sin desperdiciar el líquido en el picnómetro.

Pipeta

Pueden ser de vidrio o plástico, permite colocar una medida exacta en el picnómetro con divisiones diminutas de 0.1 ml.

FIGURA 19. Pipeta, termómetro y embudo



Fuente: Mayra Ases

A continuación, se realiza un detallado formato para los datos:

TABLA 4. Formato para la Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL	
"EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES"	
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador
ESTUDIANTE:	Mayra Ases
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas
NORMA:	ASTM D854-58 y AASHTO T-100-70
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	
NÚMERO DE CALICATA	1
Número recipiente	1G
Peso Picnómetro	
Temperatura agua y suelo C°	
Peso del recipiente+suelo seco	
Peso del suelo seco W _s	
Picnómetro+agua W _{bw}	
W _s +W _{bw}	
Picnómetro+agua+suelo(sumergido)W _{bws}	
Desplazamiento del agua W _s +W _{bw} -W _{bws}	
Factor de corrección por temperatura K	
Gravedad Específica	
Gravedad Específica promedio	

Fuente: Mayra Ases

2.3.3 Equipos para el ensayo de Granulometría

Para el Ensayo de Análisis Granulométrico la norma recomienda utilizar una cantidad de 250 gr de cada calicata.

Tamices

Las muestras de suelo son finas, por lo cual se utilizará tamices desde el número #4, #8, #10, #16, #30, #40, #60, #100 y #200.

Tamizadora

Es un instrumento mecánico que agita todos los tamices para que las partículas de suelo pasen de un tamiz a otro y vayan quedándose de acuerdo a la abertura del tamiz.

FIGURA 20. Tamizadora



Fuente: Mayra Ases

Brocha

Es un material que permite desprender las partículas de suelos adheridas a los tamices y determinar el peso que pasa cada tamiz

FIGURA 21. Brocha



Fuente: Mayra Ases

Los datos se realizarán con el siguiente formato:

TABLA 5. Formato para la Granulometría

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERIA CIVIL	
"EVALUACION DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACION DE TALUDES"					
ORIGEN:		Santa Rosa-Ambato-Ecuador			
ESTUDIANTE:		Mayra Ases			
TUTOR:		Ing. Marisol Bayas			
NORMA:		ASTM D -421-58 y AASHTO T-87-70			
DETERMINACION DE LA GRANULOMETRIA					
TAMIZ	mm	PESO RET/TA gr	PESO RET/ACUM gr	% PESO RETENIDO	% PASA
4	4,760				
8	2,380				
10	2,000				
16	1,190				
30	0,595				
40	0,420				
50	0,297				
60	0,250				
100	0,149				
200	0,074				
fuente					
Diámetro Dimensional (D60)		Tipo de Suelo			
Diámetro Equiparable (30)		SUCS		ML	
Diámetro Efectivo (10)					
Coeficiente de curvatura					
Coeficiente de Uniformidad					

Fuente: Mayra Ases

2.3.4 Equipos para determinar los Límites de Atterberg

Para el Ensayo de Análisis Granulométrico la norma recomienda utilizar una cantidad de 180 gr de cada calicata.

Copa Casa Grande

Se lo utiliza para determinar el límite líquido de una muestra de suelo. Está conformado por una cuchara de bronce suspendida de un dispositivo que controla su caída sobre una base de caucho.

FIGURA 22. Copa Casa Grande



Fuente: Mayra Ases

Acanalador

El acanalador es una herramienta para realizar el ensayo, tiene forma curva. Se debe revisar gradualmente su estado por el desgaste que va sufriendo en cada tipo de suelo a ensayar.

Placa de vidrio

La placa de vidrio es utilizada para el límite plástico, debe estar bien pulida para no dañar el proceso de los rollos hechos con el suelo.

FIGURA 23. Espátula, acanalador y mortero



Fuente: Mayra Ases

Mortero de porcelana

En este recipiente se mezcla la muestra de suelo hasta conseguir una consistencia homogénea. Por lo general es blanco y posee una forma cóncava, que permite triturar las partículas del suelo para obtener la forma requerida.

Espátula

La espátula debe ser de un material inoxidable, con un tamaño adecuado, que sea adecuado para el mezclado y el cortado del suelo.

FIGURA 24. Espátula, acanalador y mortero



Fuente: Mayra Ases

A continuación, se detalla el formato para el límite líquido:

TABLA 6. Formato para el Límite Líquido

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERIA CIVIL								
"EVALUACION DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES"								
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador							
ESTUDIANTE:	Mayra Ases							
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas							
NORMA:	ASTM D-424-21 y INEN 691							
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO								
Recipiente número	1L	2L	3L	4L	5L	6L	7L	8L
Peso de la muestra húmeda+rec								
Peso muestra seca+reci								
Peso del recipiente								
Peso del agua								
Peso de la muestra seca								
Contenido de Humedad								
Contenido de Humedad pro								
Nº- de Golpes								
Límite líquido								

LIMITE LIQUIDO (COPA CASA GRANDE)

Fuente: Mayra Ases

A continuación, se detalla el formato para el límite plástico:

TABLA 7. Formato para el Límite Plástico

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERIA CIVIL					
"EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES"					
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador				
ESTUDIANTE:	Mayra Ases				
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas				
NORMA:	AASHTO T 90-70 y ASTM D 424-71				
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO					
Recipiente número	1LP	2LP	3LP	4LP	5LP
Peso de la muestra húmeda+rec					
Peso muestra seca+reci					
Peso del recipiente					
Peso del agua					
Peso de la muestra seca					
Contenido de Humedad					
Límite Plástico					
Índice Plástico					

Fuente: Mayra Ases

2.3.5 Equipos para determinar la Densidad de Campo

Para el Ensayo de Densidad de Campo la norma recomienda utilizar una cantidad de 4000 gr de cada calicata.

Aparato de Densidad

Posee una válvula cilíndrica de 12,5 mm (4”), tiene un extremo en forma de embudo y el otro ajusta la boca del recipiente de plástico de 3785 cm³ de capacidad. La Arena de Ottawa está conformada por partículas redondeadas, no cementadas y de 1-2 mm de tamaño.

La válvula tiene topes que fijan la posición del aparato de densidad en la posición que se encuentre cerrada o abierta.

FIGURA 25. Cono de Arena de Ottawa



Fuente: Mayra Ases

Placa Metálica

Es de un metal rígido que se utiliza como base del aparato de densidad, debe tener una dimensión mínima a dos veces el diámetro del hueco para evitar inconvenientes. Está sostenida con los clavos para que se mantenga fija al suelo.

Cinzel

Por lo general son de acero, en forma de barras, con filo en un extremo y biselado en el otro. Permite dar la forma al hueco de la placa base para alcanzar una profundidad de 8 a 10 cm aproximadamente.

FIGURA 26. Placa base, martillo, cinzel, cucharón y flexómetro



Fuente: Mayra Ases

A continuación, se presenta una tabla para llenar los datos del ensayo:

TABLA 8. Formato para la Densidad de campo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL	
"EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES"	
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador
ESTUDIANTE:	Mayra Ases
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas
NORMA:	AASHTO T-205 y ASTM D-2167
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO	
1. Determinación del peso del suelo extraído	
NUMERO DE CALICATA	
Numero recipiente	
Peso de la masa del suelo+recipiente (funda plástica)	
Peso de la funda plástica	
Peso de la masa del suelo	
2. Determinación del volumen del hueco en el suelo	
Peso inicial de frasco + cono + arena	
Peso inicial de frasco + cono + arena	
Peso de la arena en el cono	
Peso de la arena en el hueco	
Calibración de la arena de Ottawa	
Volumen del hueco	
3. Determinación del contenido de humedad	
Peso de la muestra húmeda+reci	
Peso de la muestra seca+reci	
Peso recipiente	
Peso agua	
Peso de la muestra seca	
Contenido de Humedad	
Contenido de Humedad prom	
4. Determinación del cubo unitario	
5. Determinación del peso volumétrico	
6. Determinación de la densidad seca	
7. Determinación de la relación de vacíos	
7. Determinación de la porosidad	
8. Determinación del grado de saturación del aire	
9. Determinación del grado de saturación del agua	

Fuente: Mayra Ases

2.3.6 Equipos para determinar el perfil estratigráfico

Para el Ensayo de Perfil Estratigráfico la norma recomienda utilizar una cantidad de 250 gr de cada estrato.

Cabo

El cabo debe tener una longitud de 20m aproximadamente para medir cada estrato que se encuentra en el talud.

FIGURA 27. Cabo



Fuente: Mayra Ases

A continuación, se detalla el formato para los datos:

TABLA 9. Formato para el Perfil Estratigráfico

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL		
		
"EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES"		
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador	
ESTUDIANTE:	Mayra Ases	
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas	
NORMA:	AASHTO T86 y ASTM D 420	
DETERMINACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO		
Suelo	Color	Características

Fuente: Mayra Ases

2.4 Métodos

2.4.1 Plan de recolección de datos

- Recoger los datos para realizar los ensayos: Contenido de humedad, Gravedad Específica, Granulometría, Límites de Atterberg, Densidad de campo, ángulo de fricción interna, ángulo de buzamiento y Perfil estratigráfico. Establecer las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
- Por medio de la tabulación, obtener la información de cada uno de los ensayos, recolectar la muestra de suelo suficiente para los ensayos.

2.4.2 Plan de Procesamiento y Análisis de Información

2.4.2.1 Ensayo de Contenido de Humedad

El Ensayo se realiza con la norma NTE INEN 690. Ver anexo (Anexo B. Contenido de Humedad).

- Establecer y reconocer la masa del recipiente (m_1) y que se encuentre limpio y seco.
- Colocar con precaución la porción de suelo en el recipiente, sin que quede partículas de suelo adheridas y registrar la masa (m_2).
- Poner la muestra con suelo húmedo en el horno, con una temperatura constante $105 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta que la masa se encuentre seca.
- Sacar las muestras secas del horno, registrar su masa (m_3). Caso contrario se debe colocar en el desecador hasta cuando se pueda registrar la masa.

El contenido de agua en un suelo se calcula en porcentaje de la masa con la siguiente ecuación:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100$$

Donde

W: Contenido de agua en %

m₁: Masa del recipiente en gr

m₂: Masa del recipiente y suelo húmedo en gr

m₃: Masa del recipiente y suelo seco en gr

2.4.2.2 Ensayo de Gravedad Específica

El ensayo de Gravedad Específica se realiza mediante la norma NTE INEN 856. Ver anexo (Anexo B. Gravedad Específica).

- Poner la muestra en un recipiente y secar a una temperatura $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en el horno y dejar enfriar por 15 minutos.
- Llenar el picnómetro de agua hasta la línea de aforo, pesar y registrar el peso del picnómetro más agua. Sacar $1/3$ de agua aproximadamente e introducir 50 ± 10 gr de la muestra. Llenar hasta llegar a la marca de aforo.
- Girar en forma circular el picnómetro para que todas las burbujas salgan, por el tiempo de 5 minutos.
- Controlar la temperatura del picnómetro a $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Registrar la masa total del picnómetro, muestra y agua.
- Sacar la muestra fina del picnómetro, secar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta lograr una mezcla homogénea y enfriar por $1\text{h} \pm 1/2\text{h}$, registra la masa.

2.4.2.3 Ensayo de Granulometría

El ensayo de Granulometría se realiza con la norma NTE INEN 696.

- Secar en el horno la muestra a una temperatura $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Escoger los tamices por sus aberturas, para pasar la muestra de suelo.
- Ordenar los tamices #4, #8, #10, #16, #30, #40, #60, #100, #200 y fuente.
- Pesar las partículas de suelo que se encuentra en cada tamiz.
- Verificar que la suma del suelo retenido en el tamiz #200 y fuente tenga menos al 1% del total de muestra.

2.4.2.4 Ensayo para los Límites de Atterberg

Límite Líquido

El ensayo de límite líquido se realiza mediante la norma NTE INEN 691. Ver anexo (Anexo B. Límite Líquido).

- Pesar una muestra de 150 gr que pase por el tamiz #40 (abertura 0,42 mm).
- Agregar a la porción agua y mezclar en el mortero utilizando la espátula hasta tener una muestra uniforme y que sea moldeable.
- Poner la porción en la copa, esparcir rápido con la espátula, cuidar que no quede atrapadas burbujas.
- Nivelar la porción de suelo con la espátula paralela a la base, con una profundidad de 10 mm, la muestra que sobra debe colocarse en el mortero.
- Con el acanalador realizar un corte, evitar despegar de la copa Casa Grande, de tal forma que su plano de simetría sea perpendicular a la articulación de la copa.
- Activar el equipo y contar el número de golpes precisos para que las dos mitades entren en contacto en el fondo de la copa.
- Coger una parte de la muestra donde se unen los bordes, colocar en el recipiente y establecer el contenido de agua.
- Realizar todos los pasos anteriores, con diferentes porcentajes de agua, para lograr el número de golpes que reduzca el canal de la copa variando de 45 a 5, dos muestras por debajo de los 25 golpes y dos muestras sobre los 25 golpes.

Se debe realizar un gráfico, en el que se representa los contenidos de humedad, en escala aritmética, en las abscisas y el número de golpes, en escala logarítmica, en las ordenadas.

Límite Plástico

El ensayo para el límite plástico se realiza mediante la norma NTE INEN 692. Ver anexo (Anexo B. Límite Plástico).

- Recolectar una muestra de 30 gr, debe ser uniforme y plástica para facilitar su manejo.
- Separar una porción de 10 gr, moldear entre los dedos, después amasar entre las palmas hasta formar un rollo de 3 mm de diámetro en 5 a 15 movimientos.
- Si el rollo se desprende antes de 3 mm de diámetro, colocar agua destilada a toda la muestra y volver a mezclar.
- Coger las muestras desmenuzadas de los rollos en un recipiente metálico y establecer el contenido de agua con lo estipulado en la Norma INEN 690.

Índice Plástico

El índice plástico IP se establece entre la diferencia del límite líquido LL y el límite plástico LP.

$$IP = LL - LP$$

2.4.2.5 Ensayo para la Densidad de campo

El ensayo para la Densidad de campo se realiza mediante la norma ASTM D 2167 y AASHTO T-205.

- Pesar la funda plástica en la balanza electrónica, para colocar el suelo del talud.
- Elegir un lugar estable y adecuado en el talud, nivelar y limpiar de escombros.
- Colocar y fijar la placa base con los clavos para no perder estabilidad.
- Colocar el aparato volumétrico sobre la placa base, abrir la llave para que el agua descienda.
- Anotar la lectura inicial del aparato volumétrico, cerrar la llave y subir el nivel del agua con la bomba al vacío.
- Retirar el aparato volumétrico y excavar el suelo con una profundidad de 10 cm y diámetro de 4".
- Colocar la muestra en una funda plástica anteriormente pesada, poner otra vez el aparato volumétrico y abrir la llave para que descienda el agua.
- Anotar la lectura final del aparato volumétrico y cerrar la llave.
- Pesar la funda plástica más suelo húmedo y coger dos muestras para el contenido de agua.

2.4.2.6 Ensayo para el ángulo de fricción interna

El ensayo para el ángulo de fricción interna del talud se realiza mediante la norma NTE INEN 685.

- Colocar una muestra de suelo en una superficie plana en la que se forme un cono.
- Anotar la altura y el diámetro del cono para obtener el ángulo.

2.2.2.7. Ensayo para Perfil Estratigráfico

El ensayo para el Perfil Estratigráfico se realiza mediante la norma AASHTO T86 y ASTM D 420.

- Subir a la cima del talud, identificar visualmente los estratos existentes y con su color correspondiente.
- Amarrar una piedra a la punta del cabo de 20 m de longitud aproximadamente.
- Lanzar la piedra amarrada al cabo por el talud, señalar con la cinta adhesiva cada capa de estrato.
- Medir y anotar las distancias señaladas en el cabo de cada capa de estrato.

2.4.2.7 Proceso para la malla de fibra de coco

FIGURA 28. Desprendimiento de la fibra de coco



Fuente: Mayra Ases

- Se golpea el coco para que la fibra salga larga y hacer la malla sin desperdiciar el material
- Se desprende la fibra de coco para dejar secar y manipular de mejor manera la fibra

FIGURA 29. Dimensiones de la fibra de coco



Fuente: Mayra Ases

- Para estirar la fibra se colocaron clavos en el suelo a una distancia de 1 m con separaciones de 15 cm.

FIGURA 30. Direcciones de la fibra de coco



Fuente: Mayra Ases

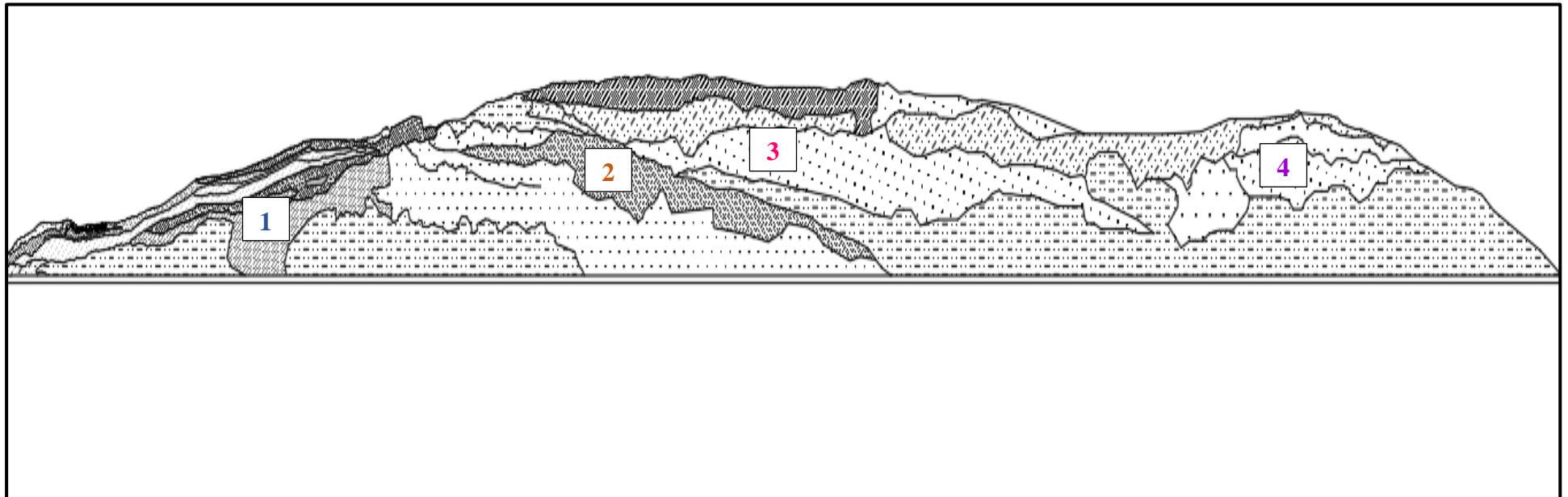
- Con la fibra de coco se ensamblaron cuatro tipos de mallas en diferentes direcciones.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

FIGURA 31. Perfil estratigráfico en AutoCAD de la Curva Brava con calicatas



Fuente: AutoCAD 2020

FIGURA 32. Perfil estratigráfico real de la Curva Brava con las calicatas



Fuente: Mayra Ases

3.1.1 Análisis Granulométrico de la muestra

TABLA 10. Sistema Unificado de suelos SUCS

Identificación en el campo (Excluyendo las partículas mayores de 7,6 cm) y basando las fracciones en pesos estimados		Símbolo del grupo	Nombres Típicos		
Suelos de grano grueso. Más de la mitad del material es retenido por el tamiz No. 200	(La abertura del tamiz No. 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Gravas más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos	
			GM	Gravas limosas, mezclas más graduadas de grava, arena y limo.	
				GC	Gravas arcillosas, mezclas gradadas de grava, arena y arcilla
			Arenas más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos
				SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arena limosa, mezcla de arena y limo mal graduadas	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas, arenas y arcillas	
		Suelos de grano fino. Más de la mitad del material pasa por el tamiz No. 200	(La abertura del tamiz No. 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Métodos de Identificación para la fracción que pasa por el tamiz No. 40	
				Limos y arcillas con límite líquido menor de 50	ML
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas				
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				
Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50	MH			Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos	
	CH			Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas	
	OH			Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta	

Fuente: Manual de Mecánica de suelos y cimentaciones [39]

Por medio de la tabla SUCS se realizará el estudio granulométrico de las muestras de suelo.

TABLA 11. Resistencia en estado seco, dilatancia y tenacidad

SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACIÓN)	DILATANCIA (REACCIÓN A LA AGITACIÓN)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LÍMITE PLÁSTICO)
ML	Limos inorgánicos de baja compresibilidad	Nula a ligera	rápida a lenta	Nula
CL	Arcilla inorgánica de baja a media compresibilidad arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas	Media a alta	Nula a muy lenta	media
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad	Ligera a media	lenta	ligera
MH	Limos inorgánicos de alta compresibilidad	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media
CH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Alta a muy alta	nula	alta
OH	Arcillas y limos orgánicos de media a alta compresibilidad	Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media

Fuente: Clasificación Unificada de suelos SUCS ASTM D2 487 [37]

FIGURA 33. Proceso de la Granulometría



Fuente: Mayra Ases

La granulometría se realiza por medio de tamices con aberturas normalizadas, obteniendo la distribución de las partículas de las muestras de suelo.

A continuación, se detalla los datos obtenidos de las cuatro muestras de suelos:

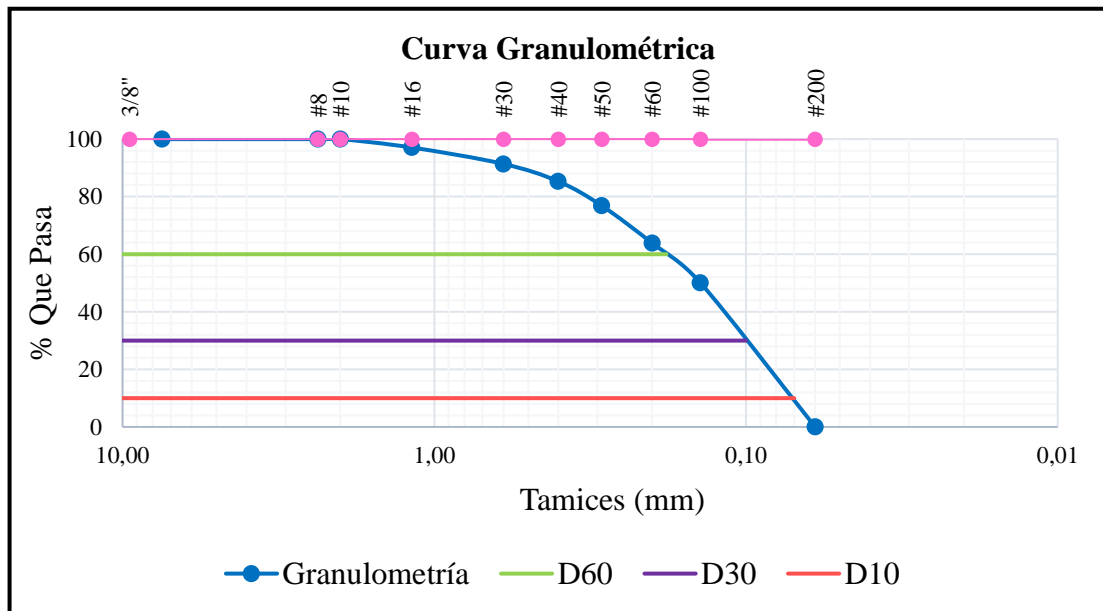
3.1.1.1 Primera muestra de Suelo para el Análisis Granulométrico

TABLA 12. Granulometría de la primera muestra

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	1,18	0,00	0,00	0,00	100,00
#30	0,60	7,30	7,30	2,92	97,08
#40	0,43	14,25	21,55	8,62	91,38
#50	0,30	15,16	36,71	14,68	85,32
#60	0,25	21,20	57,91	23,16	76,84
#100	0,15	32,45	90,36	36,14	63,86
#200	0,08	34,50	124,86	40,94	50,06
124,15					
				Peso de la muestra (gr):	250,00

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 34. Figura Granulométrica de la primera muestra



Fuente: Mayra Ases

RESULTADO:

En la FIGURA 34 de la primera muestra de suelo se puede determinar un 50,06% pasa el tamiz #200. Después se procede a utilizar la cartilla de Plasticidad en el siguiente ensayo. La muestra de suelo tiene contenido de finos, considerando que las partículas son pequeñas y tienen un tacto áspero. Un diámetro efectivo $D_{10}=0,07$ mm, un diámetro equiparable $D_{30}=0,1$ mm no están presentes en la curva granulométrica y un diámetro dimensional $D_{60}=0,18$ mm forman parte de la curva analizada. Cada uno de los D representan los diámetros de tamaño nominal máximo que se encuentran en la muestra.

Posee un coeficiente de Uniformidad $C_u=2,57$, quiere decir, que C_u es menor a 3 y tiende a ser mal graduado. Un coeficiente de Curvatura $C_c=0,79$ quiere decir, que C_c es menor a 1 y pertenece a un suelo uniformemente distribuido o mal graduado.

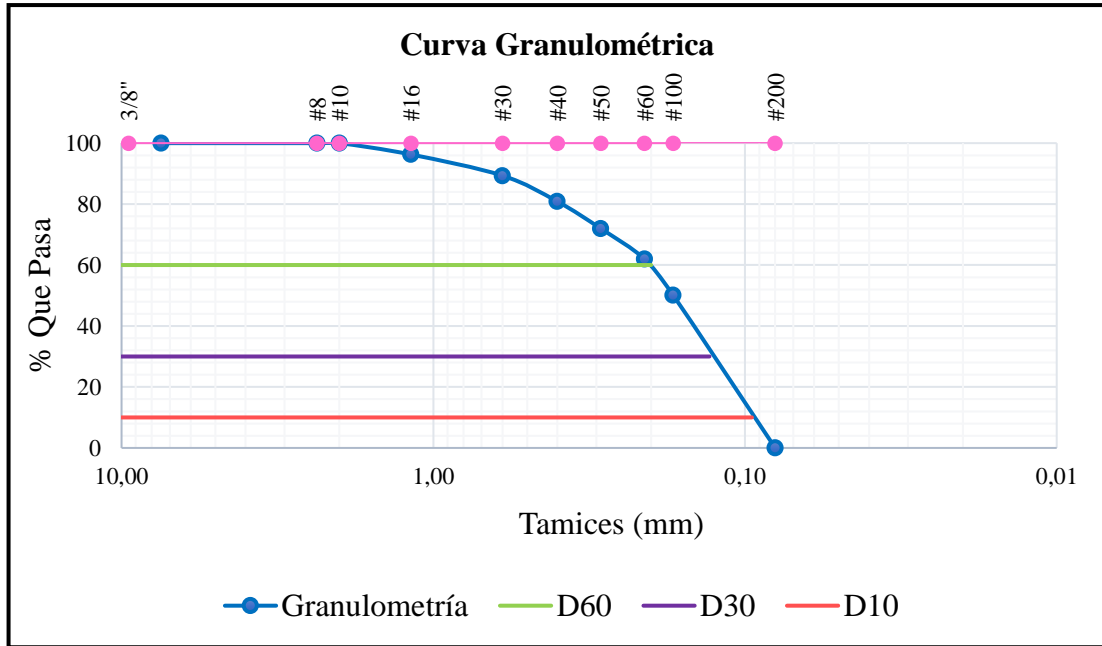
3.1.1.2 Segunda muestra de Suelo para el Análisis Granulométrico

TABLA 13. Granulometría de la segunda muestra

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	1,18	0,00	0,00	0,00	100,00
#30	0,60	9,30	9,30	3,72	96,28
#40	0,43	17,35	26,65	10,66	89,34
#50	0,30	21,20	47,85	19,14	80,86
#60	0,25	22,25	70,10	28,04	71,96
#100	0,15	24,90	95,00	38,00	62,00
#200	0,08	29,70	124,70	42,88	50,12
125,3					
			Peso de la muestra (gr):		250,00

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 35. Figura Granulométrica de la segunda muestra



Fuente: Mayra Ases

RESULTADO:

En la FIGURA 35 de la segunda muestra de suelo se puede determinar un 50,12% pasa el tamiz #200. Después se procede a utilizar la cartilla de Plasticidad en el siguiente ensayo. La muestra de suelo tiene contenido de finos, considerando que las partículas son pequeñas y tienen un tacto áspero. Un diámetro efectivo $D_{10}=0,09$ mm, un diámetro equiparable $D_{30}=0,13$ mm no están presentes en la curva granulométrica y un diámetro dimensional $D_{60}=0,20$ mm forman parte de la curva analizada. Cada uno de los D representan los diámetros de tamaño nominal máximo que se encuentran en la muestra.

Posee un coeficiente de Uniformidad $C_u=2,22$, quiere decir, que C_u es menor a 3 y tiende a ser mal graduado. Un coeficiente de Curvatura $C_c=0,94$ quiere decir, que C_c es menor a 1 y pertenece a un suelo uniformemente distribuido o mal graduado.

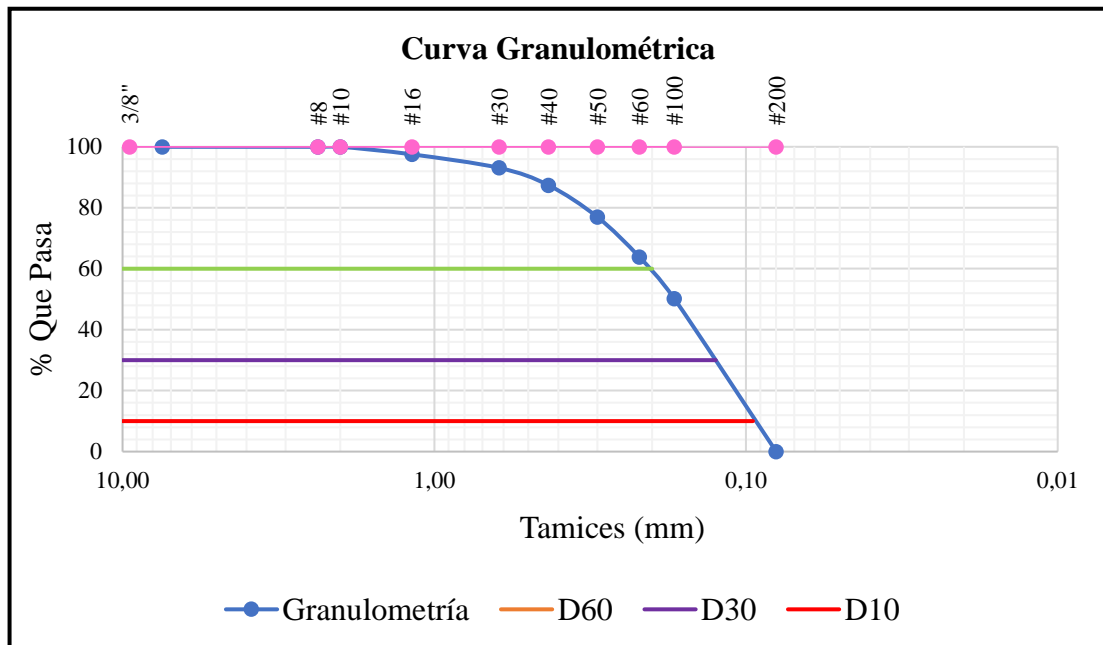
3.1.1.3 Tercera muestra de Suelo para el Análisis Granulométrico

TABLA 14. Granulometría de la tercera muestra

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	1,18	0,00	0,00	0,00	100,00
#30	0,60	6,20	6,20	2,48	97,52
#40	0,43	11,10	17,30	6,92	93,08
#50	0,30	14,21	31,51	12,60	87,40
#60	0,25	26,01	57,52	23,01	76,99
#100	0,15	32,81	90,33	36,13	63,87
#200	0,08	34,10	124,43	42,77	50,23
125,5					
				Peso Seco de la muestra (gr):	250,00

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 36. Figura Granulométrica de la tercera muestra



Fuente: Mayra Ases

RESULTADO:

En la FIGURA 36 de la tercera muestra de suelo se puede determinar un 50,23% pasa el tamiz #200. Después se procede a utilizar la cartilla de Plasticidad en el siguiente ensayo. La muestra de suelo tiene contenido de finos, considerando que las partículas son pequeñas y tienen un tacto suave. Un diámetro efectivo $D_{10}=0,095$ mm, un diámetro equiparable $D_{30}=0,125$ mm no están presentes en la curva granulométrica y un diámetro dimensional $D_{60}=0,20$ mm forman parte de la curva analizada. Cada uno de los D representan los diámetros de tamaño nominal máximo que se encuentran en la muestra.

Posee un coeficiente de Uniformidad $C_u=2,11$, quiere decir, que C_u es menor a 3 y tiende a ser mal graduado. Un coeficiente de Curvatura $C_c=0,82$ quiere decir, que C_c es menor a 1 y pertenece a un suelo uniformemente distribuido o mal graduado.

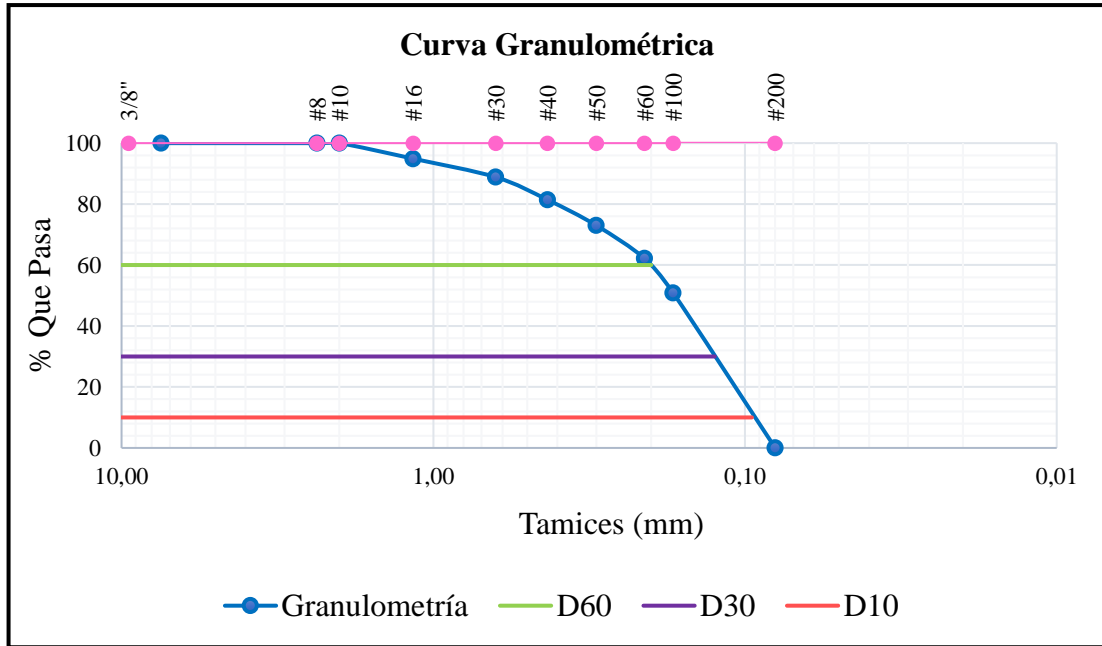
3.1.1.4 Cuarta muestra de Suelo para el Análisis Granulométrico

TABLA 15. Granulometría de la cuarta muestra

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	1,18	0,00	0,00	0,00	100,00
#30	0,60	12,77	12,77	5,11	94,89
#40	0,43	15,17	27,94	11,18	88,82
#50	0,30	18,55	46,49	18,60	81,40
#60	0,25	21,00	67,49	27,00	73,00
#100	0,17	27,10	94,59	37,84	62,16
#200	0,08	28,25	122,84	41,14	50,86
127,1					
			Peso de la muestra (gr):		250,00

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 37. Figura Granulométrica de la cuarta muestra



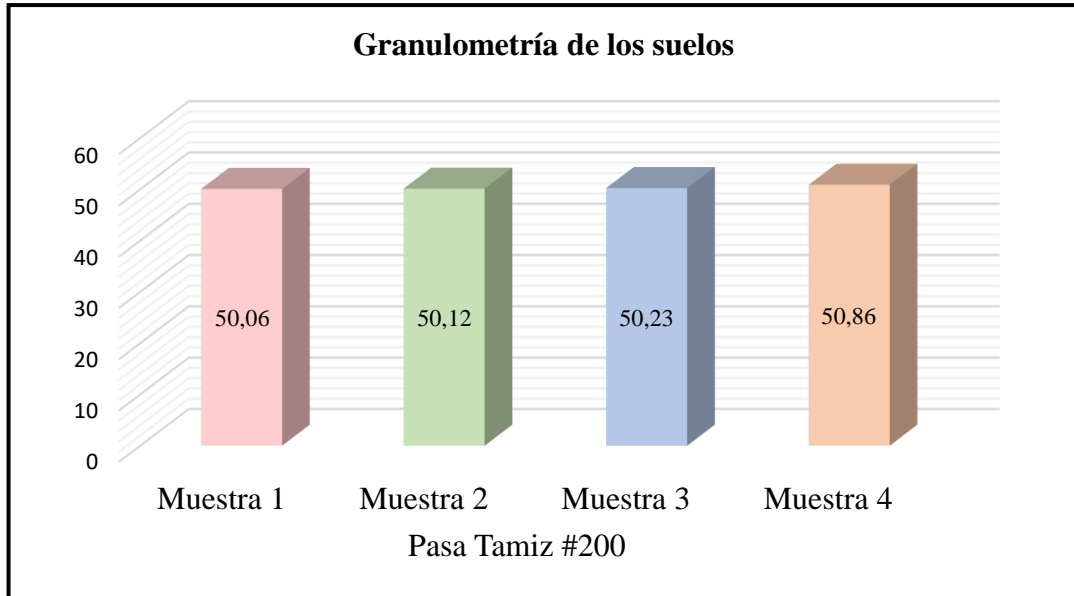
Fuente: Mayra Ases

RESULTADO:

En la FIGURA 37 de la cuarta muestra de suelo se puede determinar un 50,86% pasa el tamiz #200. Después se procede a utilizar la cartilla de Plasticidad en el siguiente ensayo. La muestra de suelo tiene contenido de finos, considerando que las partículas son pequeñas y tienen un tacto suave. Un diámetro efectivo $D_{10}=0,095$ mm, un diámetro equiparable $D_{30}=0,125$ mm no están presentes en la curva granulométrica y un diámetro dimensional $D_{60}=0,20$ mm forman parte de la curva analizada. Cada uno de los D representan los diámetros de tamaño nominal máximo que se encuentran en la muestra.

Posee un coeficiente de Uniformidad $C_u=2,22$, quiere decir, que C_u es menor a 3 y tiende a ser mal graduado. Un coeficiente de Curvatura $C_c=0,87$ quiere decir, que C_c es menor a 1 y pertenece a un suelo uniformemente distribuido o mal graduado.

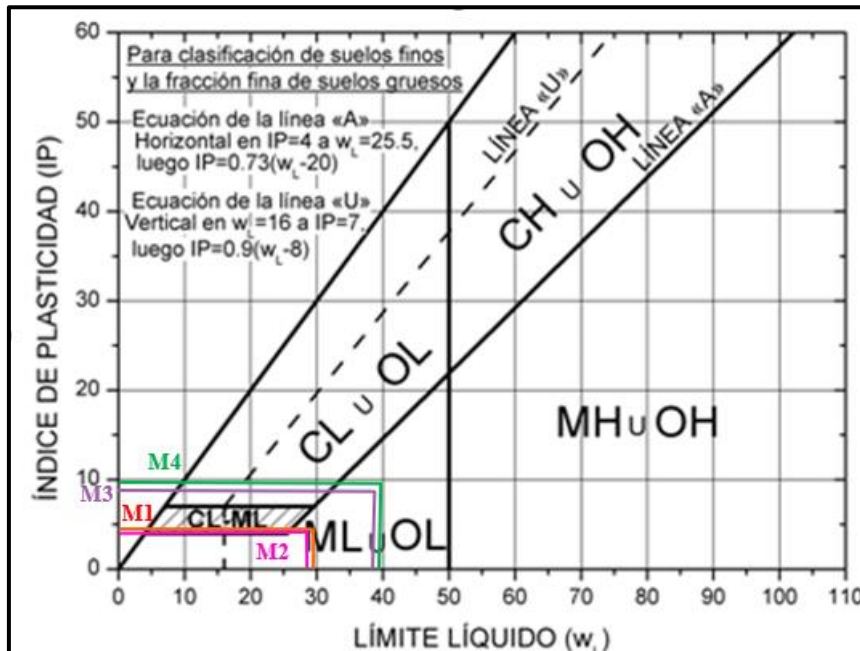
FIGURA 38. Comparación de la Granulometría de muestras



Fuente: Mayra Ases

3.1.2 Análisis de los Límites de Atterberg.

FIGURA 39. Carta de Plasticidad de Casagrande



Fuente: Clasificación Unificada de suelos SUCS ASTM D2 487 [37]

FIGURA 40. Proceso del Límite Líquido y Límite Plástico



Fuente: Mayra Ases

3.1.2.1 Primera muestra de suelo para los Límites de Atterberg

En la muestra se determinaron los siguientes datos: Límite Líquido de 28,77% y el Límite Plástico de 25,03%, de la diferencia se obtiene el Índice de Plasticidad de 3,74%, las características corresponden a un suelo limo de baja plasticidad, ya que es una capacidad de resistir deformaciones rápidas sin variaciones visibles del volumen y proporcionar información para obtener las características principales del suelo como se muestra en la TABLA 11. Resistencia en estado seco, dilatancia y tenacidad.

El Índice de Plasticidad se determina con la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 28,77\% - 25,03\%$$

$$IP = 3,74\%$$

3.1.2.2 Segunda muestra de suelo para los Límites de Atterberg

En la muestra se determinaron los siguientes datos: Límite Líquido de 27,21% y el Límite Plástico de 22,23%, de la diferencia se obtiene el Índice de Plasticidad de 4,98%, las características corresponden a un suelo limo de baja plasticidad, ya que es una capacidad de resistir deformaciones rápidas sin variaciones visibles del volumen

y proporcionar información para obtener las características principales del suelo como se muestra en la TABLA 11. Resistencia en estado seco, dilatancia y tenacidad.

El Índice de Plasticidad se determina con la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 27,21\% - 22,23\%$$

$$IP = 4,98\%$$

3.1.2.3 Tercera muestra de suelo para los Límites de Atterberg

En la muestra se determinaron los siguientes datos: Límite Líquido de 39,43% y el Límite Plástico de 30,07%, de la diferencia se obtiene el Índice de Plasticidad de 9,36%, las características corresponden a un suelo arcilloso de baja plasticidad, ya que es una capacidad de resistir deformaciones rápidas sin variaciones visibles del volumen y proporcionar información para obtener las características principales del suelo como se muestra en la TABLA 11. Resistencia en estado seco, dilatancia y tenacidad.

El Índice de Plasticidad se determina con la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 39,43\% - 30,07\%$$

$$IP = 9,36\%$$

3.1.2.4 Cuarta muestra de suelo para los Límites de Atterberg

En la muestra se determinaron los siguientes datos: Límite Líquido de 39,81% y el Límite Plástico de 29,85%, de la diferencia se obtiene el Índice de Plasticidad de 9,96%, las características corresponden a un suelo arcilloso de baja plasticidad, ya que es una capacidad de resistir deformaciones rápidas sin variaciones visibles del volumen y proporcionar información para obtener las características principales del suelo como se muestra en la TABLA 11. Resistencia en estado seco, dilatancia y tenacidad.

El Índice de Plasticidad se determina con la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 39,81\% - 29,85\%$$

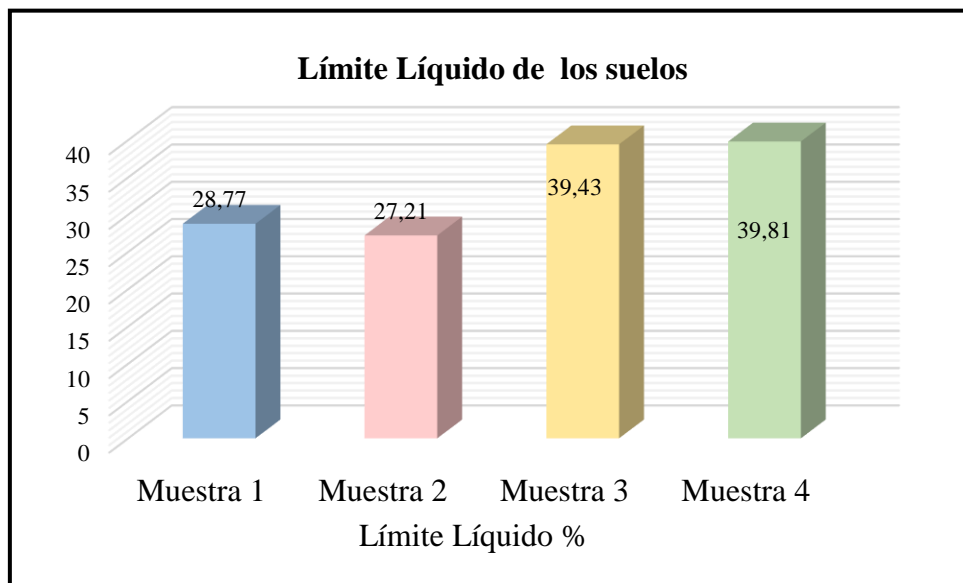
$$IP = 9,96\%$$

TABLA 16. Resultados del Límite Líquido de los suelos

LÍMITE LÍQUIDO		
Muestra 1	Límite Líquido LL	28,77%
Muestra 2		27,21%
Muestra 3		39,43%
Muestra 4		39,81%

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 41. Comparación del Límite Líquido de los suelos



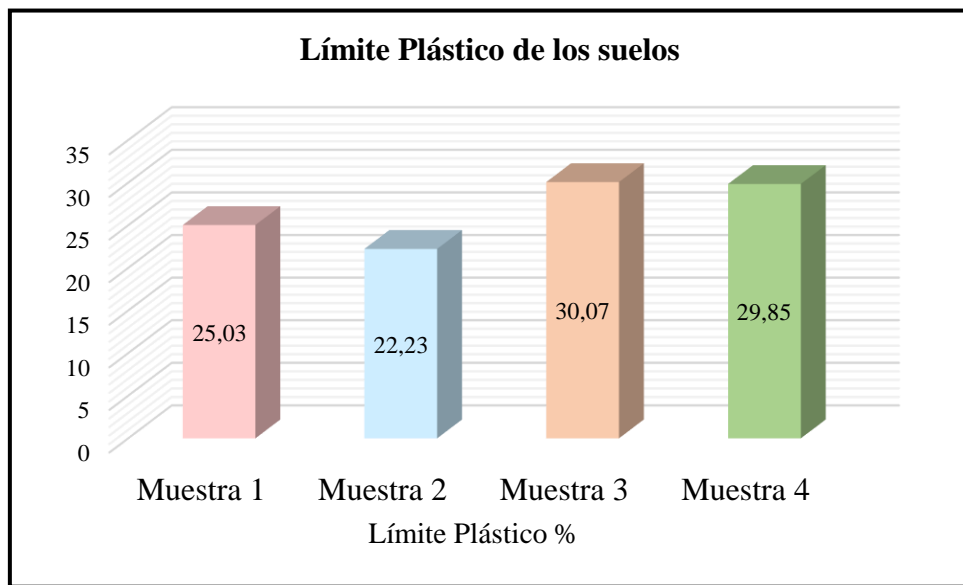
Fuente: Mayra Ases

TABLA 17. Resultados del Límite Plástico de los suelos

LÍMITE PLÁSTICO		
Muestra 1	Límite Plástico LP	25,03%
Muestra 2		22,23%
Muestra 3		30,07%
Muestra 4		29,85%

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 42. Comparación del Límite Plástico de los suelos



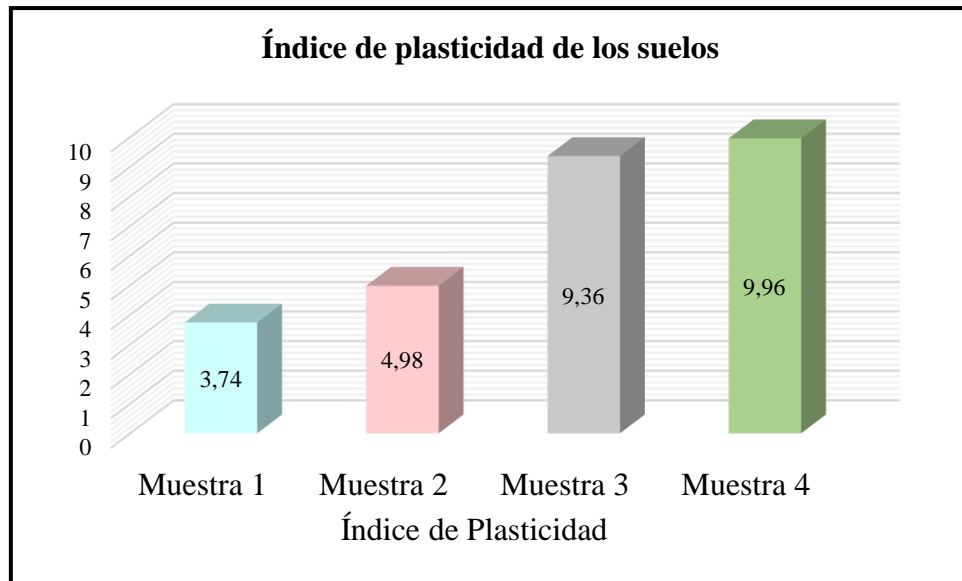
Fuente: Mayra Ases

TABLA 18. Resultados del Índice Plástico de los suelos

ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
Muestra 1	Índice de Plasticidad LP	3,74%
Muestra 2		4,98%
Muestra 3		9,36%
Muestra 4		9,96%

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 43. Comparación del Índice de Plasticidad de los suelos



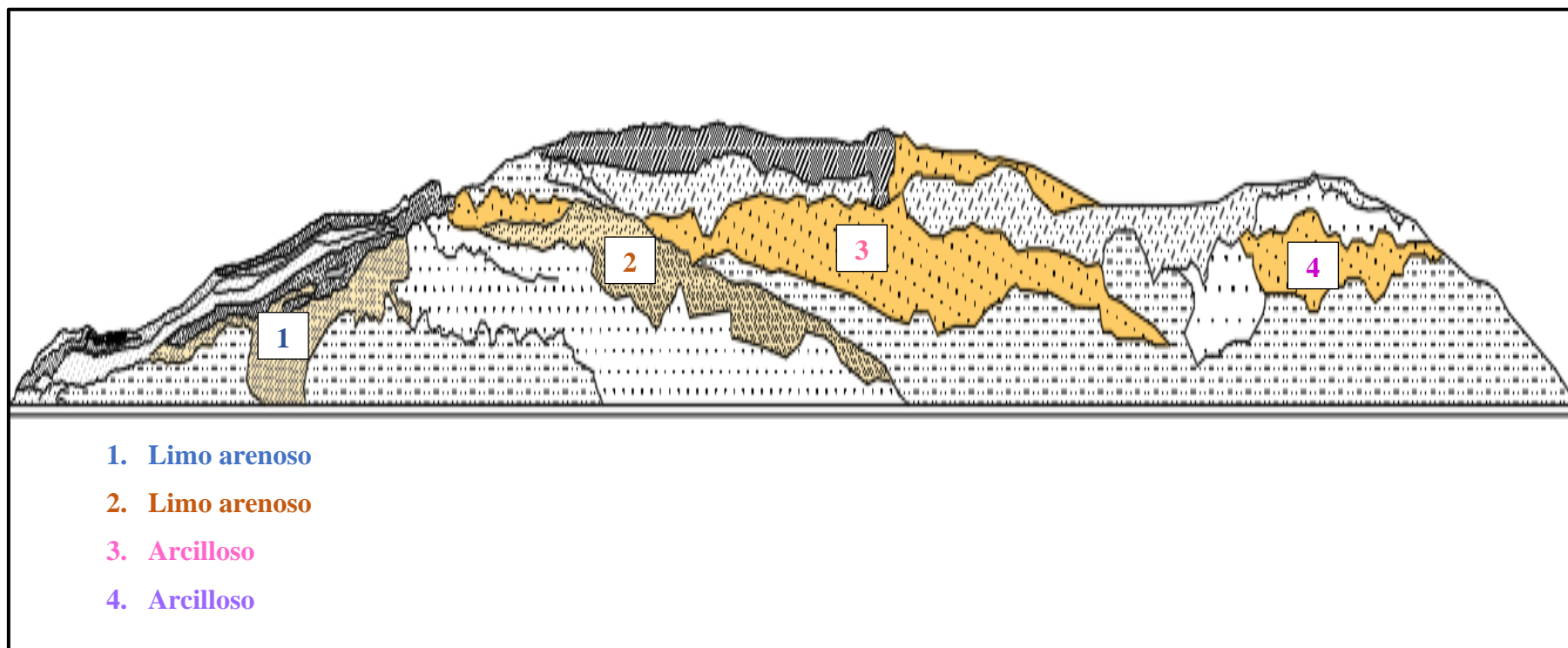
Fuente: Mayra Ases

RESULTADO:

Las muestras 1 y 2 presentan un Límite Líquido menor al 50% y un Índice de Plasticidad menor al 6%, la carta de Plasticidad de Casagrande define como un suelo limoso. A través del análisis Granulométrico se determinó que más del 50% pasa el tamiz # 200 y más del 50% pasa el tamiz #4. Las muestras 1 y 2 se definen con un suelo limo arenoso.

Las muestras 3 y 4 presentan un Límite Líquido mayor al 50% y un Índice de Plasticidad mayor al 6%, la carta de Plasticidad de Casagrande define como un suelo arcilloso. A través del análisis Granulométrico se determinó que más del 50% pasa el tamiz # 200 y más del 50% pasa el tamiz #4. Las muestras 3 y 4 se definen con un suelo arcilloso.

FIGURA 44. Identificación del suelo en el Talud



Fuente: Mayra Ases

3.1.3 Análisis del Contenido de Humedad.

FIGURA 45. Proceso del Contenido de Humedad



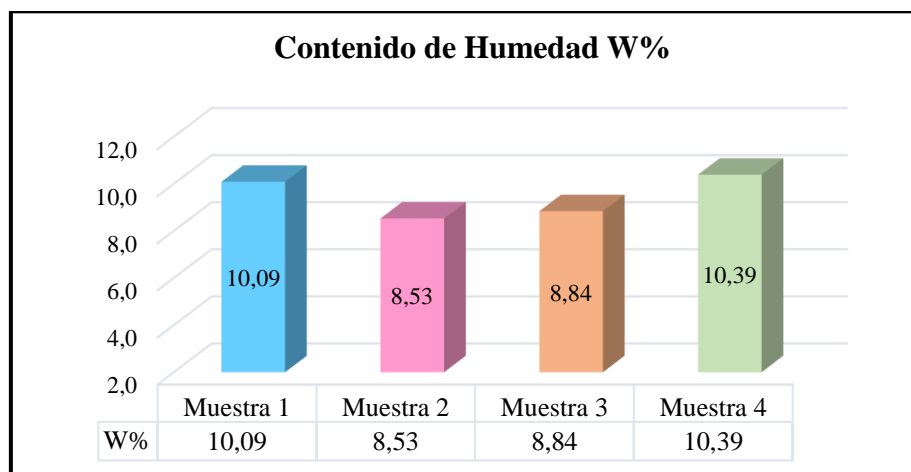
Fuente: Mayra Ases

TABLA 19. Resultados de Contenido de Humedad de los suelos

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
MUESTRA	TIPO	UBICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD w%
Muestra 1	Limo	Santa Rosa-Tungurahua	10,09%
Muestra 2	Arenoso	Santa Rosa-Tungurahua	8,53%
Muestra 3	Arcilloso	Santa Rosa-Tungurahua	8,84%
Muestra 4		Santa Rosa-Tungurahua	10,39%

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 46. Comparación del Contenido de Humedad de los suelos



Fuente: Mayra Ases

Por medio del Ensayo de Contenido de Humedad de cada una de las calicatas se determinaron los siguientes datos: Muestra 1 =2,85%, Muestra 2=2,2%, Muestra 3=4,61%, Muestra 4=4,24%. La Muestra 1 y 2 presenta menor cantidad de agua pertenece a una de las características de un suelo limo arenoso y mayor presencia de agua en la Muestra 3 y 4 característico de un suelo arcilloso.

FIGURA 47. Proceso de la Fibra de coco seca y natural



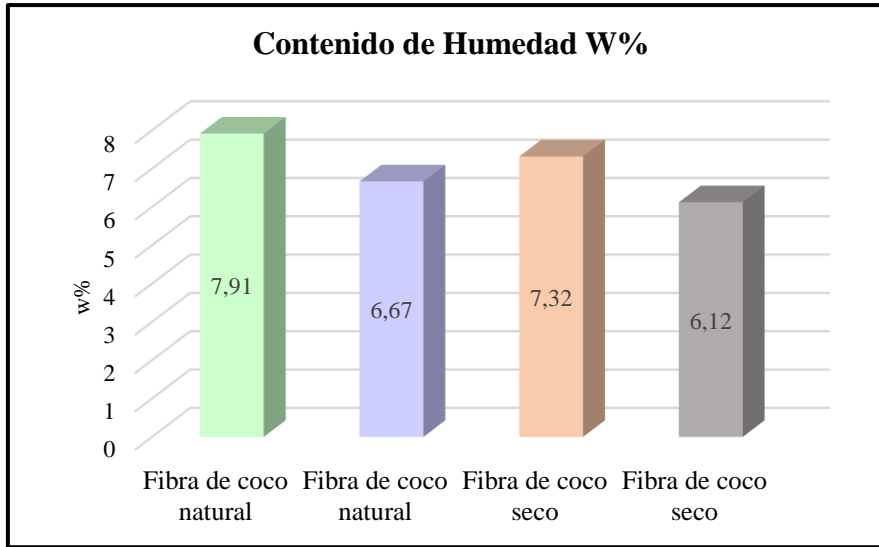
Fuente: Mayra Ases

TABLA 20. Resultados del Contenido de Humedad de la fibra

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
MUESTRA	TIPO	UBICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD w%
Muestra 1	Fibra de coco natural	Ingahurco-Tungurahua	7,91%
Muestra 2		Ingahurco-Tungurahua	6,67%
Muestra 3	Fibra de coco seco	Ingahurco-Tungurahua	7,32%
Muestra 4		Ingahurco-Tungurahua	6,12%

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 48. Comparación del Contenido de Humedad de las fibras



Fuente: Mayra Ases

El Ensayo de Contenido de Humedad realizado a las fibras de coco proporcionaron los siguientes resultados: Fibra de coco natural 7,91% ,6,67% y la fibra de coco seca 7,32%, 6,12% se puede presenciar mayor cantidad de agua en la fibra natural del coco y menor cantidad de agua en la fibra seca. La fibra de coco puede alcanzar elevados valores de retención de agua para la revegetación del talud y así radicar la erosión producida por agentes.

3.1.4 Análisis de la Gravedad Específica del suelo

FIGURA 49. Proceso de La Gravedad Específica



Fuente: Mayra Ases

TABLA 21. Valores Típicos de la Gravedad Específica

TIPO DE SUELO	Gs
Grava, arena, limo	2,65
Arcilla inorgánica	2,70
Arcilla orgánica	2,60
Turba fibrosa	1,50

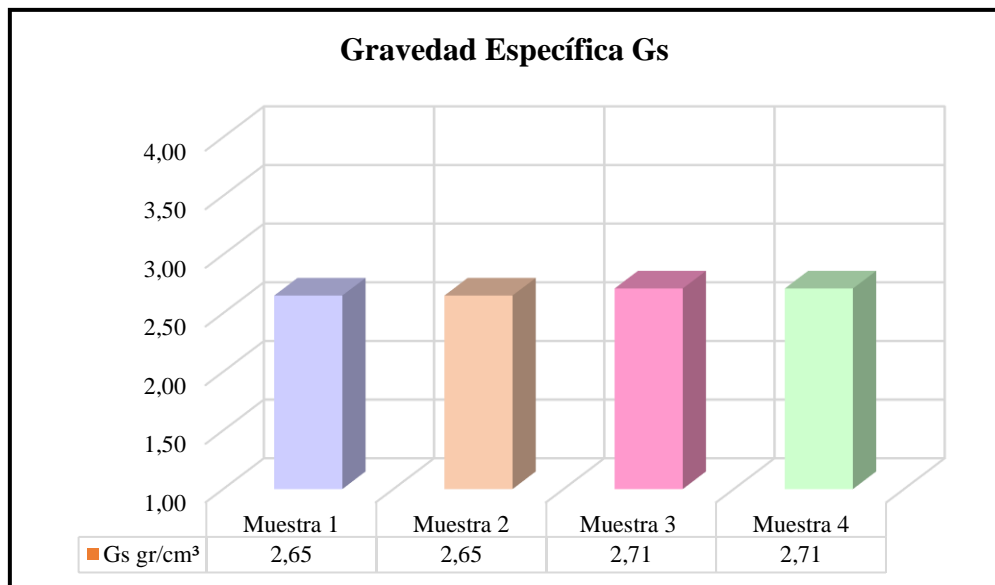
Fuente: Propiedades Físicas de los suelos [36]

TABLA 22. Resultados de la Gravedad Específica de los suelos

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA			
MUESTRA	TIPO	UBICACIÓN	GRAVEDAD ESPECÍFICA
Muestra 1	Limo	Santa Rosa-Tungurahua	2,65 gr/cm ³
Muestra 2	Arenoso	Santa Rosa-Tungurahua	2,65 g/cm ³
Muestra 3	Arcilloso	Santa Rosa-Tungurahua	2,71 gr/cm ³
Muestra 4		Santa Rosa-Tungurahua	2,71 gr/cm ³

Fuente: Mayra Ases

FIGURA 50. Comparación de la Gravedad Específica de los suelos



Fuente: Mayra Ases

El Ensayo de Gravedad Específica realizada a las muestras de suelo proporcionaron los siguientes datos: Muestra 1 =2,65 gr/cm³, Muestra 2 =2,65 gr/cm³, Muestra 3 =2,71 gr/cm³ y Muestra 4 =2,71 gr/cm³.

La Muestra 1 y 2 presenta menor cantidad de agua pertenece a una de las características de un suelo limo arenoso dentro del rango 2,65 gr/cm³ y 2,67 gr/cm³. La Muestra 3 y 4 tienen mayor presencia de agua característico de un suelo arcilloso dentro del rango 2,68 gr/cm³ y 2,70 gr/cm³.

3.1.5 Análisis de la Densidad de Campo del suelo

FIGURA 51. Proceso de la Densidad de campo



Fuente: Mayra Ases

En el Ensayo de Densidad de Campo, permite conocer las propiedades del suelo como el contenido de humedad natural, la relación de vacíos, porosidad, Grado de saturación del agua y del aire, también permite obtener la densidad seca desde la densidad de campo con su respectivo contenido de humedad.

TABLA 23. Valores Típicos de las propiedades índice

Suelo	Granulometría		Coef. Uniformidad	Límites de Atterberg			Pesos unitarios		
	< 0.06 mm	< 2.0 mm	CU	LL	LP	IP	γ	γ'	e_h
	%	%		%	%	%	[kN/m ³]	[kN/m ³]	%
Grava uniforme	< 5	< 60	2 - 5	-	-	-	16 - 19	9.5 - 10.5	4 - 1
Grava arenosa con pocos finos	< 5	< 60	10 - 100	-	-	-	21 - 23	11.5 - 13.5	6 - 3
Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no alteran la estructura granular	8 - 15	< 60	30 - 300	20 - 45	16 - 25	4 - 25	21 - 24	11.5 - 14.5	9 - 3
Mezcla de gravas y arenas envueltas por finos	20 - 40	< 60	100 - 1000	20 - 50	16 - 25	4 - 30	20 - 22.5	10.5 - 13.0	13 - 6
Arena uniforme - fina	< 5	100	1.2 - 3	-	-	-	16 - 19	9.5 - 11.0	22 - 8
Arena uniforme - gruesa	< 5	100	1.2 - 3	-	-	-	16 - 19	9.5 - 11.0	16 - 6
Arena bien gradada y arena con grava	< 5	> 60	6 - 15	-	-	-	18 - 21	10 - 12	12 - 5
Arena con finos que no alteran la estructura granular	8 - 15	> 60	10 - 50	20 - 45	16 - 25	4 - 25	19 - 22.5	10.5 - 13.0	15 - 4
Arena con finos que alteran la estructura granular	20 - 40	> 60 , > 70	30 - 500	20 - 50	16 - 30	4 - 30	18 - 21	9.0 - 11.0	20 - 8
Limo poco plástico	> 50	> 80	5 - 50	25 - 35	21 - 28	4 - 11	17.5 - 21	9.5 - 11	28 - 15
Limo de plasticidad media a alta	> 80	100	5 - 50	35 - 60	22 - 25	7 - 25	17 - 20	8.5 - 10.5	35 - 20
Arcilla de baja plasticidad	> 80	100	6 - 20	25 - 35	15 - 22	7 - 16	19 - 22	9.5 - 12.0	28 - 14
Arcilla de plasticidad media	> 90	100	5 - 40	40 - 50	18 - 25	16 - 28	18 - 21	8.5 - 11	38 - 18
Arcilla de alta plasticidad	100	100	5 - 40	60 - 85	20 - 35	33 - 55	16.5 - 20	7 - 10	55 - 20
Limo o arcilla orgánicos	> 80	100	5 - 30	45 - 70	30 - 45	10 - 30	15.5 - 18.5	5.5 - 8.5	60 - 26
Turba	-	-	-	-	-	-	10.4 - 12.5	0.4 - 2.5	800 - 80
Fango	-	-	-	100 - 250	30 - 80	50 - 170	12.5 - 16	2.5 - 6	160 - 50

Fuente: Clasificación e Identificación de suelos [40]

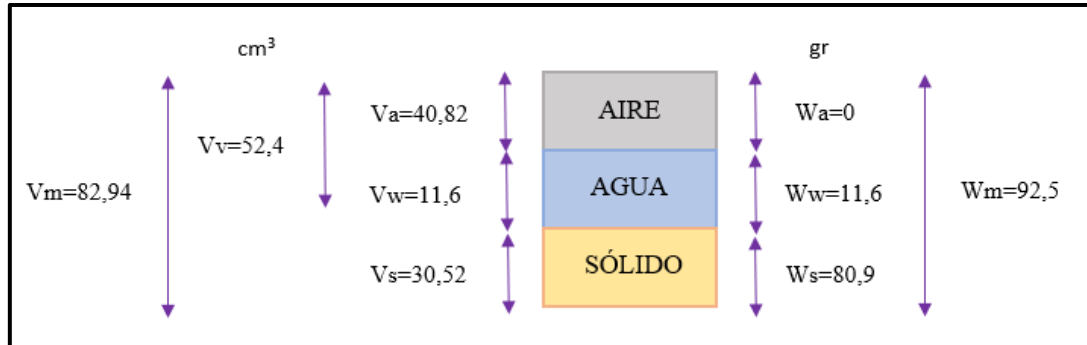
TABLA 24. Resultados de las Propiedades Índice de los suelos

MUESTRA	TIPO	γ_m in-situ gr/cm ³	γ_d in-situ gr/cm ³	W %	RELACIÓN DE VACÍOS	POROSIDAD %	Gw %	Ga %
Muestra 1	Limo-arenoso	1,115	0,851	17,15	1,71	63,20	22,92	67,87
Muestra 2	Limo-arenoso	1,098	0,942	15,65	1,86	65,12	25,45	64,54
Muestra 3	Arcilloso	1,109	0,959	14,61	1,73	63,45	20,27	69,28
Muestra 4	Arcilloso	1,104	0,946	16,68	1,76	61,58	22,59	67,40

Fuente: Mayra Ases

3.1.5.1 Primera muestra de suelo para la Densidad de Campo

FIGURA 52. Determinación del cubo unitario de la primera muestra



Fuente: Mayra Ases

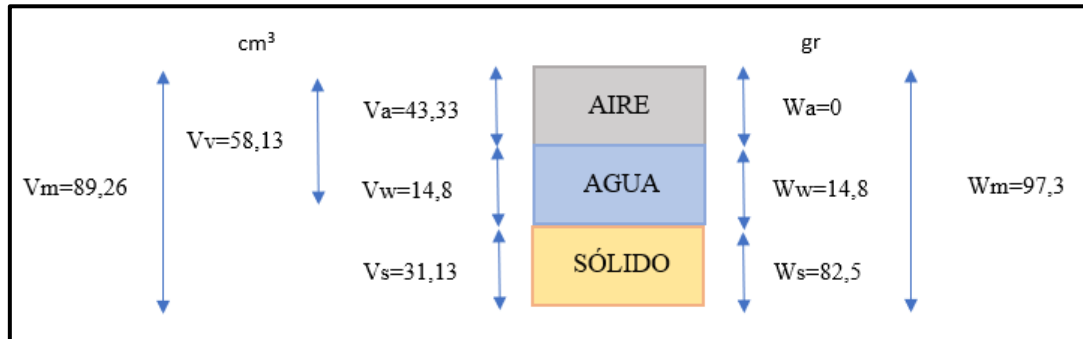
RESULTADO:

El Ensayo de Densidad de campo realizada a la primera muestra de suelo proporcionaron los siguientes datos: $W=14,33\%$, obteniendo una baja cantidad de agua natural en la muestra. El valor de densidad húmeda in-situ $\gamma_m=1,11 \text{ gr/cm}^3$, se encuentra dentro del rango $0,980-1,100 \text{ gr/cm}^3$, mientras que la densidad seca in-situ $\gamma_d=0,851 \text{ gr/cm}^3$, se encuentra en el rango $0,500-0,95 \text{ gr/cm}^3$. Los valores presentan características de un suelo cohesivo de poca resistencia e inestable.

La relación de vacíos $e=1,71$, se halla dentro del rango $0,55-5$, lo que indica que es un suelo suelto. La porosidad $n\%=63,20\%$, se encuentra en el rango de $40\%-80\%$, lo que se considera un poco compresible y peligroso. El grado de saturación de agua $G_w=22,92\%$, lo que significa que el suelo no se encuentra saturado, el grado de saturación del aire $G_a=67,87\%$, el suelo se encuentra ligeramente poroso.

3.1.5.2 Segunda muestra de suelo para la Densidad de Campo

FIGURA 53. Determinación del cubo unitario de la segunda muestra



Fuente: Mayra Ases

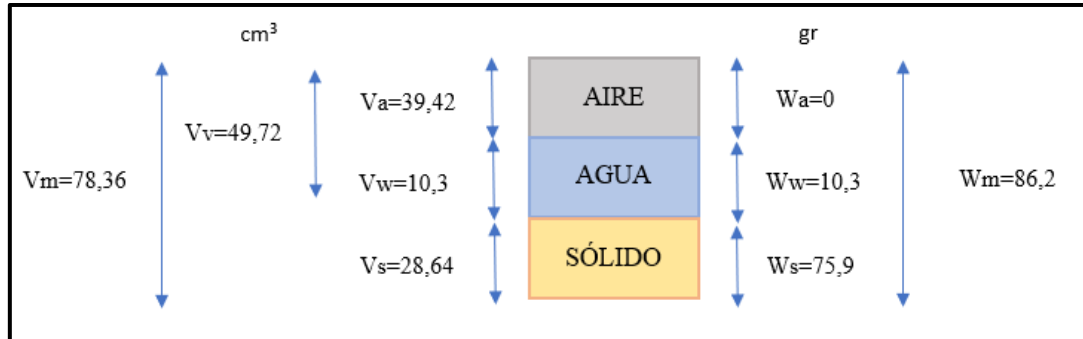
RESULTADO:

El Ensayo de Densidad de campo realizada a la segunda muestra de suelo proporcionaron los siguientes datos: $W=17,93\%$, obteniendo una baja cantidad de agua natural en la muestra. El valor de densidad húmeda in-situ $\gamma_m=1,09 \text{ gr/cm}^3$, se encuentra dentro del rango $0,980-1,100 \text{ gr/cm}^3$, mientras que la densidad seca in-situ $\gamma_d=0,942 \text{ gr/cm}^3$, se encuentra en el rango $0,500-0,95 \text{ gr/cm}^3$. Los valores presentan características de un suelo cohesivo de poca resistencia e inestable.

La relación de vacíos $e=1,86$, se halla dentro del rango $0,55-5$, lo que indica que es un suelo suelto. La porosidad $n\%=65,12$, se encuentra en el rango de $40\%-80\%$, lo que se considera un poco compresible y peligroso. El grado de saturación de agua $G_w=25,45\%$, lo que significa que el suelo no se encuentra saturado, el grado de saturación del aire $G_a=64,54\%$, el suelo se encuentra ligeramente poroso.

3.1.5.3 Tercera muestra de suelo para la Densidad de Campo

FIGURA 54. Determinación del cubo unitario de la tercera muestra



Fuente: Mayra Ases

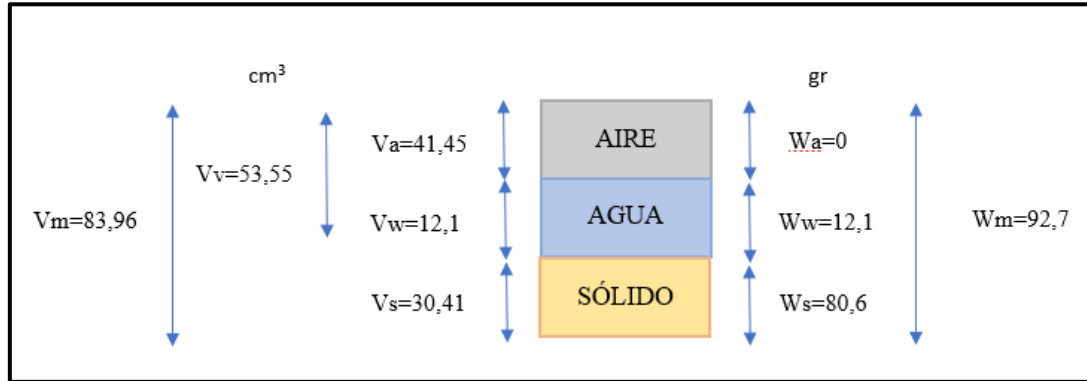
RESULTADO:

El Ensayo de Densidad de campo realizada a la tercera muestra de suelo proporcionaron los siguientes datos: $W=13,57\%$, obteniendo una baja cantidad de agua natural en la muestra. El valor de densidad húmeda in-situ $\gamma_m=1,10 \text{ gr/cm}^3$, se encuentra dentro del rango $0,980-1,100 \text{ gr/cm}^3$, mientras que la densidad seca in-situ $\gamma_d=0,95 \text{ gr/cm}^3$, se encuentra en el rango $0,500-0,95 \text{ gr/cm}^3$. Los valores presentan características de un suelo cohesivo de poca resistencia e inestable.

La relación de vacíos $e=1,73$, se halla dentro del rango $0,55-5$, lo que indica que es un suelo suelto. La porosidad $n\%=63,45$, se encuentra en el rango de $40\%-80\%$, lo que se considera un poco compresible y peligroso. El grado de saturación de agua $G_w=20,71\%$, lo que significa que el suelo no se encuentra saturado, el grado de saturación del aire $G_a=69,28\%$, el suelo se encuentra ligeramente poroso.

3.1.5.4 Cuarta muestra de suelo para la Densidad de Campo

FIGURA 55. Determinación del cubo unitario de la tercera muestra



Fuente: Mayra Ases

RESULTADO:

El Ensayo de Densidad de campo realizada a la cuarta muestra de suelo proporcionaron los siguientes datos: $W=15,01\%$, obteniendo una baja cantidad de agua natural en la muestra. El valor de densidad húmeda in-situ $\gamma_m=1,104 \text{ gr/cm}^3$, se encuentra dentro del rango $0,980-1,100 \text{ gr/cm}^3$, mientras que la densidad seca in-situ $\gamma_d=0,94 \text{ gr/cm}^3$, se encuentra en el rango $0,500-0,95 \text{ gr/cm}^3$. Los valores presentan características de un suelo cohesivo de poca resistencia e inestable.

La relación de vacíos $e=1,76$, se halla dentro del rango $0,55-5$, lo que indica que es un suelo suelto. La porosidad $n\%=61,58$, se encuentra en el rango de $40\%-80\%$, lo que se considera un poco compresible y peligroso. El grado de saturación de agua $G_w=22,59\%$, lo que significa que el suelo no se encuentra saturado, el grado de saturación del aire $G_a=67,40\%$, el suelo se encuentra ligeramente poroso.

3.1.6 Análisis del Ángulo de fricción interna del Talud.

Por medio del tipo de suelo se puede determinar el ángulo de fricción interna del talud.

TABLA 25. Valores Típicos del Ángulo de fricción

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA "φ"	
Tipo de suelo	φ ° (grados)
<i>Arena: granos redondeados</i>	
Suelta	27 - 30
Media	30 - 35
Densa	35 - 38
<i>Arena: granos angulares</i>	
Suelta	30 - 35
Media	35 - 40
Densa	40 - 45
<i>Grava con algo de arena</i>	
Arcillas consolidadas	20 - 30
Limos	26 - 35

Fuente: Propiedades índice de los Suelos [25]

El ángulo de fricción también se puede calcular por las funciones trigonométricas formando un cono.

3.1.6.1 Suelo Limo arenoso para el ángulo de fricción interna

FIGURA 56. Proceso del Ángulo de Fricción Interna



Fuente: Mayra Ases

Por medio de la siguiente fórmula se calcula el ángulo de fricción interna:

$$\emptyset^\circ = \tan \left(\frac{h}{\frac{b}{2}} \right)$$

Donde:

h: Altura de cono

b: Base del cono

$$\emptyset^\circ = \tan \left(\frac{5}{\frac{15}{2}} \right)$$

$$\emptyset^\circ = \tan \left(\frac{5}{7,5} \right)$$

$$\emptyset^\circ = 29,74^\circ$$

El ángulo de fricción interna $\emptyset^\circ = 29,74^\circ$ se encuentra dentro del rango de un suelo limo.

3.1.6.2 Suelo Arcilloso para el ángulo de fricción interna

Por medio de la siguiente fórmula se calcula el ángulo de fricción interna:

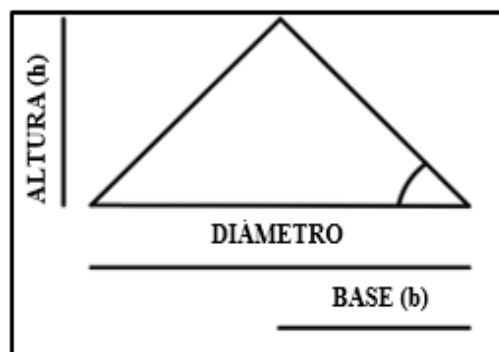
$$\emptyset^\circ = \tan \left(\frac{h}{\frac{b}{2}} \right)$$

$$\emptyset^\circ = \tan \left(\frac{4}{\frac{19,5}{2}} \right)$$

$$\emptyset^\circ = 22,30^\circ$$

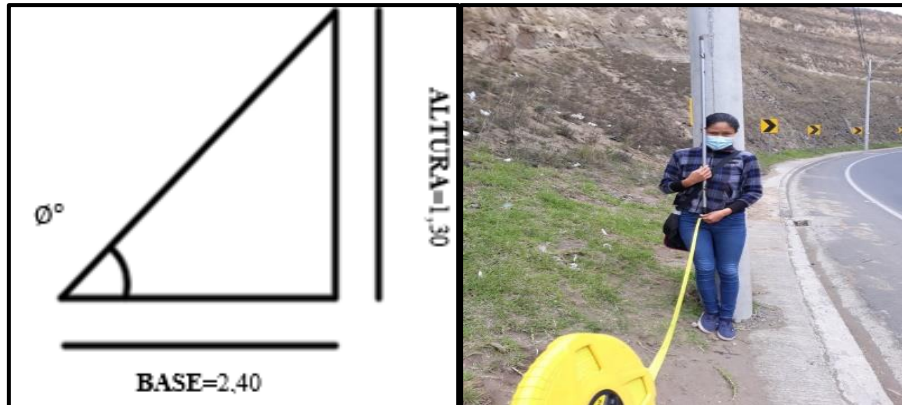
El ángulo de fricción interna $\emptyset^\circ = 22,30^\circ$ se encuentra dentro del rango de un suelo arcilloso.

FIGURA 57. Interpretación del Ángulo de Fricción Interna



Fuente: Mayra Ases

FIGURA 58. Representación del Ángulo real



Fuente: Mayra Ases

Con los datos de la FIGURA 58. Se sustituye en la siguiente fórmula:

$$\varnothing^\circ = \tan \left(\frac{h}{b} \right)$$

$$\varnothing^\circ = \tan \left(\frac{1,30}{2,40} \right)$$

$$\varnothing^\circ = 28,44^\circ$$

El ángulo de fricción interna $\varnothing^\circ = 28,44^\circ$ se encuentra dentro del rango de un suelo limo.

3.1.7 Análisis del Perfil Estratigráfico del Talud.

FIGURA 59. Representación de los estratos del Talud



Fuente: Mayra Ases

El Ensayo del Perfil Estratigráfico permite conocer el tipo de suelo que se encuentra en cada estrato del talud.

TABLA 26. Estratos del Talud

ESTRATO	COLOR	CARACTERÍSTICAS
1		Capa vegetal
2		Limo arenoso café claro
3		Arena gris oscura
4		Arcilla suelta color marrón
5		Arena gris claro
6		Limo crema no compacto
7		Arena gris oscura con algo de grava fina.

Fuente: Mayra Ases

3.1.8 Análisis de la malla de coco.

FIGURA 60. Implantación de las mallas en el Talud



Fuente: Mayra Ases

Las mallas fueron implantadas en Junio para obtener resultados durante un mes, ubicadas en diferentes direcciones y lugares. Las mallas de coco han resistido al clima y la erosión que existe en el Talud de la Curva Brava.

FIGURA 61. Resultados de las mallas en el Talud



Fuente: Mayra Ases

Luego de dejar las mallas a la intemperie del clima la vegetación nativa del lugar empieza a florecer en cada una de las mallas. Las mallas 1 y 4 presentaron más vegetación por que están ubicadas en sitios con inclinaciones que retienen más la lluvia.

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Después de ser implantada las mallas en el talud, comenzó a crecer plantas nativas del lugar evitando el desprendimiento de las partículas en el Talud.

Ho: Hipótesis Nula

Hi: Hipótesis Alternativa

Ho: La evaluación de la geomalla en base de fibra de coco no genera ventajas para la estabilización de taludes.

Hi: La evaluación de la geomalla en base de fibra de coco genera ventajas para la estabilización de taludes.

La utilización de la fibra de coco en la malla mejoró la vegetación y así contrarresta el efecto de la erosión. Brinda seguridad a los conductores de la caída de partículas grandes del Talud. Con los resultados obtenidos se aprueba la Hipótesis Alternativa (**Hi**) la evaluación de la geomalla en base de fibra de coco genera ventajas para la estabilización de taludes.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinó en el presente trabajo experimental que la muestra 1 y la muestra 2, pertenecen a suelos limo arenoso según la Clasificación Unificada de Suelos SUCS. Se determinó que la muestra 3 y la muestra 4 son suelos arcillosos según la Clasificación Unificada de Suelos SUCS. Se estableció que los suelos de la muestra 1 y la muestra 2 poseen una Gravedad Específica de $2,65 \text{ gr/cm}^3$ lo que determina que se encuentra dentro del rango de un suelo limo arenoso según la TABLA 21. Valores Típicos de la Gravedad Específica y pág.63. Se evidenció que los suelos de la muestra 3 y la muestra 4 poseen una Gravedad Específica de $2,71 \text{ gr/cm}^3$ lo que determina que se encuentra dentro del rango de un suelo arcilloso según la TABLA 21. Valores Típicos de la Gravedad Específica y pág.63. Se determinó que la muestra 1 y la muestra 2 presentan un Límite Líquido menor al 50% y un Índice plástico menor al 5%, por lo que, se considera un suelo limo arenoso de baja plasticidad. Se determinó que la muestra 3 y la muestra 4 exhiben un Límite Líquido menor al 50% y un Índice plástico mayor al 5%, considerado como un suelo arcilloso de baja plasticidad. Se determinó que la relación de vacíos de la muestra 1 con valor $e=1,71$ y la muestra 2 con valor $e=1,86$ son valores bajos que demuestran son suelos sueltos, y el contenido de humedad $W= 17,15\%$ y $W=15,65\%$ respectivamente tienen bajo contenido de agua como se lo muestra en la TABLA 23. Valores Típicos de las propiedades índice y pág. 65. Se determinó que la relación de vacíos de la muestra 3 con valor $e=1,73$ y la muestra 4 con valor $e=1,76$ son valores bajos que demuestran son suelos sueltos, y el contenido de humedad $W= 14,61\%$ y $W=16,68\%$ respectivamente tienen bajo contenido de agua como se lo muestra en la TABLA 23. Valores Típicos de las propiedades índice y pág.65. Se calculó que el ángulo de fricción interna, de la muestra de suelo limo arenoso fue $\phi^\circ = 29,74^\circ$ y del suelo arcilloso $\phi^\circ = 22,30^\circ$ los valores se encuentran dentro del rango según la TABLA 25. Valores Típicos de Ángulo de fricción y pág. 70.

- Se determinó el contenido de Humedad de la fibra natural de la muestra 1 $W=7,91\%$, la muestra 2 con $W=6,67\%$. Por un mes la fibra fue secada al ambiente para posteriormente llevarla a los laboratorios de la Facultad para determinar el Contenido de Humedad, obteniendo la muestra 3 con $W=7,32\%$ y la muestra 4 con $W=6,12\%$, sus contenidos de humedad al natural y con un tiempo de secado a la intemperie no ha variado tanto.
- Se analizó y colocó con grapas las mallas de fibra de coco, en el punto 1 se implantó una malla en dirección horizontal de un metro por un metro, con separaciones de 15cm, esta malla resultó óptima, al permitir retener el agua en sus fibras y está manera contribuir a la estabilidad del talud por la presencia de vegetación. En el punto 2 se implantó una malla en dirección vertical de un metro por un metro, esta malla no resultó efectiva ya que no recolectaba tanta agua. En el punto 3 se implantó una malla en forma diagonal de un metro por un metro, esta malla no presentó buenos resultados, porque de igual manera no retenía agua en sus fibras. En el punto 4 se implantó una malla combinada en dirección horizontal y vertical de un metro por un metro, esta malla resultó óptima por retener gran cantidad de agua, con presencia de vegetación abundante.
- Se determinó que la malla de fibra de coco ubicados en la zona 1 y 4 son aptas para estabilizar el talud, contribuyendo en gran medida la forma del tejido de la malla, mejorando la característica en la retención del agua y proliferación de la vegetación nativa, ayudando a reducir el impacto ambiental. En base a los resultados se obtuvo que la malla de fibra de coco ayuda a la estabilidad del talud.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda tamizar las muestras de suelo antes de ensayar para realizar la granulometría, límites de Atterberg y Gravedad Específica ya que se conseguirá una correcta gradación de partículas.

- Es recomendable seguir las normas INEN y ASTM establecidas para cada uno de los ensayos con el fin de obtener valores dentro de los rangos específicos.
- Realizar un seguimiento cercano a la malla de coco hasta que se desintegre en el suelo del Talud y observar notoriamente los resultados en los lugares que fueron ubicadas las mallas.
- Se recomienda fomentar el uso de mallas de fibra de coco en la estabilización de taludes para controlar la erosión del suelo.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- [1] J. Martínez, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE UN ADOQUÍN CONVENCIONAL Y ADOQUINES PREPARADOS CON DIFERENTES FIBRAS: SINTÉTICA (POLIPROPILENO), ORGÁNICA (ESTOPA DE COCO), INORGÁNICA (VIDRIO),» Ambato, 2016.
- [2] D. Merino, «Desarrollo de un sistema de protección para taludes, mediante la membrana de recubrimiento de Anhídrido Polvinillo de Bórax, en obras de infraestructura lineal y zonas riesgos de deslizamientos,» Sangolqui, 2016.
- [3] R. S. Roux Gutiérrez, «Utilización de ladrillos de adobe estabilizados con cemento Portland tipo I al 6% y reforzados con fibra de coco para muros de carga en Tampico,» Sevilla, 2002.
- [4] Agencia Iberoamericana para la difusión de la ciencia y tecnología, «Fibra de coco para el control de la erosión,» *Dicyt*, pp. 8-10, 11 Enero 2010.
- [5] Á. Rojas, «Adición de la fibra de coco en el hormigón y su incidencia en la resistencia al hormigón,» AMBATO, 2015.
- [6] F. M. Miranda Narvárez y E. A. Sánchez Quintero, «Evaluación del módulo resiliente y deformación permanente de una base granular mecánicamente estabilizada con geomalla,» Quito, 2015.
- [7] A. Bustamante, «Evaluación en el nivel de resistencia de un Subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil,» Cuenca, 2016.
- [8] M. Quintanilla, «“INDUSTRIALIZACION DE LA FIBRA DE ESTOPA DE COCO,» UNIVERSITARIA, 2010.

- [9] W. Vaca y G. Mazón, «Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster con fibra de coco para la determinación de propiedades mecánicas en aplicaciones industriales,» Ambato, 2017.
- [10] E. Chicaiza y F. Oña, «Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz,» Quito, 2018.
- [11] E. Estupiñán y W. Sánchez, «Plan de empresa para la creación de fibras de coco, empresa dedicada a la producción y comercialización de fibras y sustrato a partir de la estopa de coco,» Santiago de Cali, 2019.
- [12] G. Laveaga, «DM GeoSintéticos Group,» 4 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.dmgeosinteticos.mx/2021/03/24/biomanta-de-fibra-de-coco-para-control-de-la-erosion-la-alternativa-eficaz-para-el-control-de-taludes-inclinados-y-suelos-blandos/#more-3592>. [Último acceso: 5 Mayo 2021].
- [13] C. Cobreros, «Uso de fibras vegetales en la edificación sostenible,» Barcelona, 2016.
- [14] N. Villanueva, «INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE COCO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO,» Cajamarca-Peru, 2006.
- [15] I. Hernández, D. Perdomo y J. Rincón, «Implementación de fibras naturales en la estabilidad de taludes,» Colombia, 2015.
- [16] R. Franch, Bast and other plant fibers, CRC & Woodhead Publishing Limited, 2005.
- [17] J. B. Pérez Valcárcel, «CONCEPTOS GENERALES DE LA MECÁNICA DE SUELOS,» Coruña, 2000.
- [18] R. Carvajal Ramírez, PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS, Santa fé de Bogotá, 1997.

- [19] D. Braja M, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, México: CENGAGE learning, 2015.
- [20] A. Leoni, «Relaciones Volumétricas y Gravimétricas,» Buenos Aires, 2010.
- [21] D. Jaramillo, Introducción a la ciencia del Suelo, Medellín, 2002.
- [22] J. Bowles, Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil, México D.F: Mc GRAW-HILL, 1981.
- [23] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodriguez, FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DESUELOS, México: LIMUSA, 2005.
- [24] K. Gutiérrez, «Densidad Aparente y Densidad Real,» Lima, 2016.
- [25] M. Del Salto y R. Sandoval, Propiedades Índices de los suelos, La Plata, 2013.
- [26] H. C. Tavera Mendoza, GRANULOMETRÍA DE SUELOS, 2011.
- [27] C. Crespo Villalaz, Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Monterrey: LIMUSA, 2004.
- [28] O. Correa Calle, F. García Orozco y D. Escobar García, «Representación de estados y trayectorias volumétricas y gravimétricas en suelos,» AVANCES Investigación en Ingeniería, vol.10, No.1, 2013.
- [29] L. Cruz Vela, Mecánica de Suelos I, Popayán, 2017.
- [30] A. Barrios M, Mecánica de Suelos, Caracas, 2016.
- [31] D. Graux, FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DEL SUELO, PROYECTO DE MUROS Y CIMENTACIONES, Barcelona: EDITORES TÉCNICOS ASOCIADOS, 1975.
- [32] M. González Caballero, «El terreno,» EDICIONS UPC, Barcelona, 2001.

- [33] J. Suárez Díaz, Deslizamientos y Estabilidad de taludes en zonas tropicales, Bucaramanga: INGENIERÍA DE SUELOS LTDA, 1998.
- [34] L. Gonzales de Vallejo, M. Ferrer, L. Ortuño y C. Oteo, Ingeniería Geológica, España:Pearson, 2002.
- [35] R. Bazan Tapia, «Propiedades Físicas del Suelo,» Lima.
- [36] D. Campos Sandoval y J. Semino Santos, «Propiedades Físicas de los suelos,» Piura, 2013.
- [37] I. Matus Lazo y M. Blanco Rodríguez, «Slideshare,» [En línea].
- [38] G. Duque Escobar y C. E. Escobar, GEOMECÁNICA, 2016.
- [39] Á. Rodríguez, MANUAL DE MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES, Madrid, 2012.
- [40] A. Casagrande, «Classification and Identification of soils,» Transactions ASCE, 1948.

Anexos

Anexo A: Fotografías

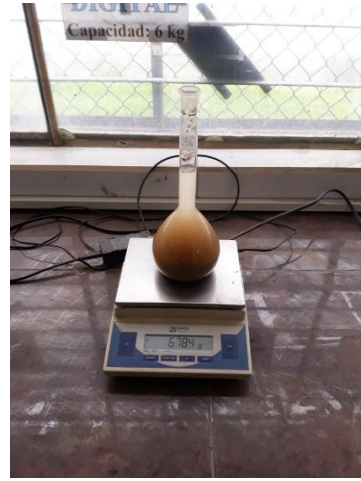
Ensayo para determinar el Contenido de Humedad

	
<p>Pesar los recipientes</p>	<p>Anotar el peso de los recipientes más la muestra</p>
	
<p>Muestra de fibra de coco</p>	<p>Secado en el horno</p>

Ensayo para determinar la Gravedad Específica



Pesar la muestra para el ensayo



Pesar el picnómetro más agua



Tomar la temperatura del picnómetro



Secado de la muestra final

Ensayo para determinar la Granulometría



Muestra de 250 gr para el ensayo



Tamizar la muestra pesada



Desprender todas las partículas que quedan en la malla



Pesar la muestra

Ensayo para determinar el Límite Líquido



Preparar materiales para el ensayo



Colocar la muestra en la copa Casagrande



Colocar la muestra en los recipientes



Dejar secar en el horno

Ensayo para determinar el Límite Plástico



Preparar la muestra para el ensayo



Mezclar la muestra



Amasar la muestra



Dejar secar en el horno

Ensayo para la Densidad de Campo



Preparar los materiales



Colocar la placa base con clavos



Tomar la lectura inicial



Pesar la muestra de suelo más la funda

Anexo B: Normas

Contenido de Humedad: NTE INEN 690

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar en el laboratorio el contenido de agua de los suelos, mediante el secado al horno.

2. DISPOSICIONES GENERALES

2.1 La determinación se efectuará por duplicado sobre diferentes porciones de la misma muestra.

2.2 En la Norma INEN 685 se establecen las definiciones de los términos y símbolos empleados en este documento.

2.3 En la Norma INEN 154 se establecen las dimensiones nominales de aberturas de los tamices de ensayo.

2.4 La temperatura del laboratorio debe mantenerse a $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

2.5 La humedad relativa del laboratorio no debe ser menor del 50% y en la cámara húmeda, no menor del 90%

3. TERMINOLOGIA

3.1 **Tamaño máximo.** Abertura nominal del tamiz que retiene el 10% o menos del material.

4. RESUMEN

4.1 El método de ensayo consiste en determinar la cantidad de agua que existe en una determinada masa de suelo, mediante un horno de secado.

5. EQUIPO

5.1 **Horno de secado.** Puede ser a gas o eléctrico. Debe ser regulado termostáticamente y capaz de mantener una temperatura constante de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se puede emplear hornos de microonda, siempre que en ensayos preliminares se demuestre que la temperatura del suelo no exceda de 110°C luego de que toda el agua se haya evaporado; si se usan estos hornos, no son convenientes los recipientes de metal, por lo que el suelo debe secarse en fuentes de evaporación de vidrio, sílice o politetrafluoretileno (PLFE).

5.2 Balanzas. Se debe utilizar una de las siguientes balanzas de acuerdo al tamaño de la muestra (nota 1).

- a) una balanza sensible a 0,01 g, para pesar muestras de 100 g o menos;
- b) una balanza sensible a 0,1 g para pesar muestras de 100 a 1 000 g; y
- c) una balanza sensible a 1 g, para pesar muestras mayores a 1 000 g .

5.3 Recipientes. Estos deben ser de un tamaño adecuado, fabricados de un material resistente a la corrosión y que no alteren su masa o se desintegren debido al fenómeno repetitivo de calentado y enfriado. Pueden estar provistos de tapas herméticas, para prevenir la pérdida del agua de las muestras antes del pesado inicial, y la absorción de la humedad del ambiente, luego del secado y antes del pesado final. Estos recipientes deben identificarse mediante numeración clara e indeleble.

5.4 Desecador. Debe ser de un tamaño adecuado y contener gel de sílice anhidro (nota 2).

6. PREPARACION DE LA MUESTRA

6.1 La muestra de ensayo debe tener suficiente material para que sea representativa del suelo, lo cual está en función de la gradación, tamaño máximo de las partículas y del equipo utilizado, la misma que ha sido obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688.

6.2 La masa mínima de la muestra debe estar en concordancia con los valores recomendados para uso general de laboratorio de la Tabla 1.

TABLA 1. Cantidad mínima muestra

TAMAÑO MAX. DE PARTICULARES		MASA MINIMA DE LA MUESTRA
INEN	ASTM	(g)*
425 µm	(No. 40)	25
2 mm	(No. 10)	50
4,75 mm	(No. 4)	200
9,5 mm	(3/8 pulg)	300
13,2 mm	(0,53 pulg)	350
19 mm	(3/4 pulg)	500
26,5 mm	(1,06 pulg)	600
37,5 mm	(1 1/2 pulg)	1000
53 mm	(2,12 pulg)	1200

* Debe tenerse en cuenta que mientras más seco sea el suelo, la cantidad tomada para el ensayo debe ser mayor.

7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

7.1 Determinar y registrar la masa del recipiente (m_1), cuidando que esté seco y limpio (nota 3).

7.2 Colocar cuidadosamente en el recipiente la porción representativa del suelo a ensayarse, después de desmenuzarla (Tabla 1), cuidando que exteriormente no existan partículas de suelo adheridas; determinar y registrar su masa (m_2).

7.3 Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado, manteniendo una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ (nota 4), hasta obtener masa constante (nota 5).

7.3.1 En casos en que haya alguna duda respecto al periodo de secado, éste debe continuar hasta que la determinación de la masa, después de dos periodos sucesivos de secado, a intervalos de cuatro horas, indiquen que la masa no cambia o que su diferencia no excede de $1^{\circ}/o$.

7.4 Inmediatamente después de sacar del horno el recipiente con la muestra de suelo seca, determinar y registrar su masa, (m_3). Si esto no es posible hacerlo inmediatamente, el recipiente debe colocarse en el desecador hasta cuando vaya a determinarse su masa.

8. CALCULOS

8.1 El contenido de agua del suelo se calcula como un porcentaje de su masa seca con la siguiente ecuación:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \cdot 100$$

Siendo:

w = contenido de agua, en %

m_1 = masa del recipiente, en g

m_2 = masa del recipiente y el suelo húmedo, en g

m_3 = masa del recipiente y el suelo seco, en g

NOTA 3. Si se usa recipientes con tapa, la masa m_1 será la masa del recipiente y su tapa.

NOTA 4. Los valores del contenido de agua, determinados en hornos de secado cuya temperatura sea de $105 \pm 5^\circ\text{C}$, no son exactos para suelos que contienen yeso u otros minerales, cuya agua de cristalización se pierde a la temperatura indicada o para suelos que contienen apreciables cantidades de materia orgánica. El contenido de agua determinado con esta temperatura se afecta

9. ERRORES DEL METODO

9.1 La máxima variación entre los valores absolutos de la determinación efectuada por duplicado no debe exceder de $\pm 5\%$; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

10. INFORME DE RESULTADOS

10.1 Como resultado final, debe indicarse la media aritmética de los dos resultados, redondeada a tres cifras significativas (nota 4).

10.2 Los resultados de los ensayos deben registrarse convenientemente en una hoja de registro como la que se indica en el Anexo A. Si el contenido de agua forma parte de otros ensayos, es preferible utilizar la hoja de registro recomendada en los ensayos respectivos (ver Anexo B).

10.3 El informe correspondiente a este ensayo debe constar de lo siguiente:

- a) descripción de las características de la muestra ensayada, procedencia, identificación, etc.;
- b) temperatura, tiempo y tipo de secado; y,
- c) contenido de agua, en porcentaje.

ANEXO A

(Número del Laboratorio)

PROYECTO _____

OBRA _____

LOCALIZACION _____

MUESTRA No. _____ PERFORACION No. _____

PROFUNDIDAD _____

DESCRIPCION _____

ENSAYE DE CLASIFICACION

Fecha: _____ Operador: _____, Calsulador: _____

CONTENIDO DE AGUA

Muestra No.	Recipiente No.	Masa del recipiente + suelo húmedo, g m_1	Masa del recipiente + suelo seco, g m_2	Masa del recipiente, g m_3	Masa del agua g $m_2 - m_3$	Masa del suelo seco, g $m_1 - m_3$	Contenido de agua % $\text{gr} = \frac{(m_2 - m_3) \times 100}{m_1 - m_3}$

OBSERVACIONES:

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 52 Reglas para redondear números.

INEN 154 Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas. INEN 685 Geotecnia: Mecánica de suelos. Terminología y simbología.

INEN 688 Mecánica de suelos. Preparación de muestras alteradas para ensayos

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Americana ANSI/ASTM D 2216-71 (Reapproved 1972). *Standard method of laboratory determination of moisture content of soil.* American National Standard Institute/American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1979.

Norma Australiana AS 1289 B1. 1-1977. *Determination of the moisture content of a soil-oven drying method (Standard method).* Standard Association of Australia, North Sidney, 1977.

Manual de laboratorio para mecánica de suelos. Escuela Técnica de Ingenieros. Quito, 1975.

Norma Británica BS 1377:1975, Test 1. *Determination of the moisture content, Test 1 (A). Standard method (Oven drying method). (Method of test soil for civil engineering purposes).* British Standards Institution. Londres, 1975.

Norma India IS: 2720 (Part II)-1973. *Determination of water content. (Second revision). Section 1, Oven-drying method. (Standard method). (Method of Test for soils).* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1973.

Norma Argentina IRAM 10 519-1970. *Mecánica de suelos Método de laboratorio para la determinación de humedad.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1970.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: MECANICA DE SUELOS. DETERMINACIÓN DEL. Código:
NTE INEN 690 CONTENIDO DE AGUA. METODO DEL SECADO AL HORNO. CO 09.02-303

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: 1976-02-02 a 1976-05-02

Subcomité Técnico: CO 09.02 MECANICA DE SUELOS

Fecha de iniciación: Fecha de aprobación: 1981-11-19

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Iván Serrano
 Ing. Roberto Castro
 Ing. César Landazuri S.
 Ing. Francisco Beltrán

CIA. GENERAL DE GEOTECNIA
 CIA. GENERAL DE GEOTECNIA
 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE QUITO
 COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE
 PICHINCHA
 SIERRA-BELTRAN INGENIEROS CONSULTORES
 SIERRA-BELTRAN INGENIEROS CONSULTORES
 ESCUELA TÉCNICA DE INGENIEROS
 CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO
 DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA DEL MOP
 INEN
 INEN
 DIRECTOR GENERAL DEL INEN

Ing. Manuel Sierra A.
 Ing. Mercedes de Sierra
 Ing. Milton Torres E.
 Ing. Armando Proaño
 Ing. Germán Bastidas G.
 Arq. Carlos Maldonado P.
 Ing. Gustavo Jiménez M.
 Ing. Raúl Estrada A.

Otros trámites: ♦⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1982-05-13

Oficializada como: OBLIGATORIA
 Registro Oficial No. 289 de 1982-07-20

Por Acuerdo Ministerial No. 441 de 1982-07-12

Gravedad Específica: NTE INEN 857

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido grueso.

2. ALCANCE

2.1 Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido grueso (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.

2.2 Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.

2.3 Este método de ensayo no es aplicable para ser utilizado con áridos livianos.

2.4 El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo. Estas notas, exceptuando aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

2.5 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:

3.1.1 **Absorción.** Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado periodo de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.

3.1.2 **Seco al horno (SH), relacionado a las partículas del árido.** Condición en la cual los áridos han sido secados por calentamiento en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por el tiempo necesario para conseguir una masa constante.

3.1.3 **Saturado superficialmente seco (SSS), relacionado a las partículas del árido.** Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado periodo de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

(Continúa)

3.1.4 Densidad. Masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico.

3.1.4.1 Densidad (SH). Masa de las partículas del árido, seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables, sin incluir los vacíos entre partículas.

3.1.4.2 Densidad (SSS). Masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas.

3.1.4.3 Densidad aparente. Masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido.

3.1.5 Densidad relativa (gravedad específica). Relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales.

3.1.5.1 Densidad relativa (gravedad específica) (SH). Relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

3.1.5.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS). Relación entre la densidad (SSS) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

3.1.5.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). Relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos, incluyendo hormigón de cemento portland, hormigón bituminoso y otras mezclas que son dosificadas o analizadas en base al volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se la utiliza para el cálculo de vacíos entre partículas en el árido, de acuerdo a la NTE INEN 858. La densidad relativa (gravedad específica) (SSS) se la utiliza si el árido está húmedo, esto es, si ha alcanzado su absorción; por el contrario, la densidad relativa (gravedad específica) (SH) se la utiliza para los cálculos cuando el árido está seco o se asume que está seco.

4.2 La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) corresponden al material sólido que conforman las partículas constitutivas, sin incluir los vacíos de poros dentro de las partículas, a los cuales es accesible el agua.

4.3 Los valores de absorción se utilizan para calcular los cambios en la masa de un árido debido al agua absorbida por los poros de las partículas constitutivas, comparado con la condición seca, cuando se considera que el árido ha estado en contacto con agua el suficiente tiempo para satisfacer la mayoría del potencial de absorción. El valor de absorción determinado en el laboratorio, se consigue después de sumergir en agua el árido seco por un determinado período. Los áridos extraídos de una mina bajo la superficie del agua, comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método, si se utilizan sin secarlos. Por el contrario, algunos áridos que no han sido conservados en una condición continua de humedad hasta ser utilizados, probablemente contendrán una cantidad de agua absorbida menor que en la condición de saturado en 24 horas. Para un árido que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina restando el valor de la absorción, del valor total de humedad que contiene el árido, determinado con la NTE INEN 862.

4.4 Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son válidos para la determinación de la absorción de áridos que han sido sometidos a condiciones de saturación diferentes que la inmersión en agua por 24 horas, tales como agua en ebullición o saturación al vacío. Los valores de absorción obtenidos mediante otros métodos de ensayo, serán diferentes de los valores obtenidos mediante la saturación indicada en este método, así como también los valores de densidad relativa (gravedad específica) (SSS).

4.5 Los poros en los áridos livianos, después de la inmersión por 24 horas, no están necesariamente llenos con agua. En realidad, la absorción potencial para muchos de estos áridos no se alcanza luego de algunos días inmersos en agua. Por lo tanto, este método de ensayo no es apropiado para uso con áridos livianos.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Resumen. Se sumerge en agua por 24 h \pm 4 h, una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se determina el volumen de la muestra por el método del desplazamiento de agua; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

5.2 Equipos

5.2.1 Balanza. Equipo para determinar masa, que sea sensible y legible, con una aproximación de 0,05% de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango de uso para este ensayo, o 0,5 g, la que sea mayor. La balanza debe estar equipada con un dispositivo apropiado para suspender el recipiente para la muestra en agua, desde el centro de la plataforma o recipiente de la balanza.

5.2.2 Recipiente para la muestra: Canasta de alambre con una abertura de 3,35 mm (No. 6) o de malla más fina o un cubo de ancho y altura aproximadamente iguales, con una capacidad de 4 litros a 7 litros, para un árido con tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menor, o una canasta más grande, según sea necesario, para el ensayo de áridos de mayor tamaño máximo. El recipiente debe ser construido de tal forma que evite retener aire cuando esté sumergido.

5.2.3 Tanque de agua. Tanque hermético, dentro del cual se coloca el recipiente para la muestra mientras se suspende bajo la balanza.

5.2.4 Tamices. Tamiz de 4,75 mm (No. 4) o de otros tamaños según sean necesarios (ver los numerales 5.3.2 a 5.3.4), que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 154.

5.2.5 Horno. De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5 °C.

5.3 Muestreo

5.3.1 Tomar las muestras del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695.

5.3.2 Mezclar íntegramente la muestra de árido y reducirlo hasta aproximadamente la cantidad necesaria, utilizando el procedimiento de la NTE INEN 2 566. Rechazar todo el material que pasa el tamiz de 4,75 mm (No. 4) mediante tamizado en seco y por medio de lavado remover el polvo u otro recubrimiento de la superficie. Si el árido grueso contiene una cantidad importante de material más fino que 4,75 mm (tal como los áridos de tamaño No. 8 y No. 9, según la clasificación de la norma ASTM D 448), utilizar el tamiz de 2,36 mm (No. 8) en lugar del de 4,75 mm. Alternativamente, separar y ensayar el material más fino que 4,75 mm, de acuerdo con la NTE INEN 856 (ver nota 1).

5.3.3 La masa mínima de la muestra de ensayo a ser utilizada se presenta en la tabla 1. Se permite ensayar el árido grueso en varias fracciones de tamaño. Si más del 15% de la muestra es retenida en el tamiz de 37,5 mm, ensayar el material más grande que 37,5 mm en una o más fracciones separadas, desde la fracción más pequeña. Cuando se ensaya un árido en fracciones separadas, la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción debe ser la diferencia entre las masas señaladas para los tamaños máximo y mínimo de la fracción.

TABLA 1. Masa mínima de la muestra de ensayo

Tamaño máximo nominal, mm	Masa mínima de la muestra para ensayo, kg
12,5 o menor	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
125	75

5.3.4 Si la muestra es ensayada en dos o más fracciones de tamaño, determinar la granulometría de la muestra, de acuerdo a la NTE INEN 696, incluyendo los tamices utilizados para la separación de las fracciones en las determinaciones de este método. Al calcular el porcentaje de material en cada fracción, ignorar la cantidad de material más fino que 4,75 mm (tamiz No. 4) (o 2,36 mm (tamiz No. 8) si se utiliza ese tamiz de acuerdo con el numeral 5.3.2) (ver nota 2).

5.4 Procedimiento

5.4.1 Secar la muestra en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta conseguir una masa constante. Enfríar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas, para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal de hasta 37,5 mm o por más tiempo para tamaños más grandes, hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$); seguidamente sumergir el árido en agua a temperatura ambiente por un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

5.4.2 Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del numeral 5.4.1 sobre el secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito del numeral 5.4.1 sobre la inmersión por $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$, también es opcional (ver nota 3).

5.4.3 Retirar la muestra de ensayo del agua, colocarla sobre un paño absorbente y con el mismo frotarla hasta que sea eliminada toda lámina visible de agua. Secar las partículas grandes individualmente. Se puede utilizar una corriente de aire para ayudar a la operación de secado. Evitar la evaporación de agua desde los poros del árido durante la operación de secado superficial. Determinar la masa de la muestra de ensayo en condición saturada superficialmente seca, registrar esta y todas las masas subsiguientes con una aproximación de 0,5 g o 0,05% de la masa de la muestra, la que sea mayor.

5.4.4 Después de determinar la masa en aire, inmediatamente colocar la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el recipiente para la muestra y determinar su masa aparente en agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Remover todo el aire atrapado antes de determinar la masa mediante la agitación del recipiente mientras se lo sumerge (ver notas 4 y 5).

5.4.5 Secar la muestra en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta conseguir una masa constante. Enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas o hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para el manejo (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$) y determinar su masa.

5.5 Cálculos

5.5.1 *Densidad relativa (gravedad específica):*

5.5.1.1 *Densidad relativa (gravedad específica) (SH).* Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición seca al horno, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{A}{(B - C)} \quad (1)$$

Donde:

- A = masa en aire de la muestra seca al horno, g.
- B = masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca, g, y
- C = masa aparente en agua de la muestra saturada, g.

5.5.1.2 *Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).* Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{B}{(B - C)} \quad (2)$$

5.5.1.3 *Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).* Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) (SSS)} = \frac{A}{(A - C)} \quad (3)$$

5.5.2 *Densidad:*

5.5.2.1 *Densidad (SH).* Calcular la densidad del árido en condición seca al horno, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B - C)} \quad (4)$$

5.5.2.2 *Densidad (SSS).* Calcular la densidad del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 B}{(B - C)} \quad (5)$$

5.5.2.3 *Densidad aparente.* Calcular la densidad aparente de la siguiente manera:

$$\text{Densidad aparente, kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(A - C)} \quad (6)$$

5.5.3 *Valores promedio de densidad y de densidad relativa (gravedad específica).* Cuando la muestra se ensaya en fracciones separadas, calcular el promedio de los valores de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) de cada fracción de tamaño, calculada de acuerdo con los numerales 5.5.1 ó 5.5.2, utilizando la siguiente ecuación:

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100G_1} + \frac{P_2}{100G_2} + \dots + \frac{P_n}{100G_n}} \quad (\text{ver el Apéndice X}) \quad (7)$$

Donde:

G = promedio de densidad o de densidad relativa (gravedad específica). Todas las formas de expresión de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) pueden ser promediadas de esta manera.

G_1, G_2, \dots, G_n = valores apropiados del promedio de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) para cada fracción, en función del tipo de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) a ser promediada, y

P_1, P_2, \dots, P_n = porcentajes de la masa de cada fracción presente en la muestra original (no se incluye el material más fino, ver el numeral 5.3.4).

5.5.4 Absorción. Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad (8)$$

5.5.5 Promedio del valor de absorción. Cuando la muestra se ensaya en fracciones separadas, el valor promedio de absorción es el promedio de los valores calculados de acuerdo al numeral 5.5.4, ponderado en proporción a los porcentajes de masa de cada fracción presente en la muestra original de la siguiente manera (no se incluye el material más fino, ver el numeral 5.3.4):

$$A = \frac{P_1 A_1}{(100)} + \frac{P_2 A_2}{(100)} + \dots + \frac{P_n A_n}{(100)} \quad (9)$$

Donde:

A = promedio de absorción, %,

A_1, A_2, \dots, A_n = porcentajes de absorción para cada fracción, y

P_1, P_2, \dots, P_n = porcentajes de la masa de cada fracción presente en la muestra original.

(ver nota 6)

5.6 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- Fecha de muestreo y ensayo,
- Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- Identificación de la muestra de árido fino,
- Resultados de densidad con una aproximación de 10 kg/m³, resultados de densidad relativa (gravedad específica) con una aproximación de 0,01 e indicar la condición del árido para densidad o densidad relativa (gravedad específica), ya sea (SH), (SSS) o aparente,
- Resultado de absorción con una aproximación de 0,1%,
- Si los valores de densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción fueron determinados sin el secado preliminar del árido, según lo permitido en el numeral 5.4.2, registrar este particular en el informe,
- Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

5.7 Precisión y desviación

5.7.1 La estimación de la precisión de este método de ensayo, que figura en la tabla 2, se basa en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO, los ensayos fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM C 127 y AASHTO T 85. La diferencia significativa entre estos métodos es que la norma ASTM C 127 requiere un período de saturación de 24 h \pm 4 h mientras que la norma AASHTO T 85 requiere un período de saturación de mínimo 15 horas. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto insignificante sobre los índices de precisión. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios. La estimación de la precisión para densidad fue calculada a partir de valores determinados de densidad relativa (gravedad específica), utilizando la densidad del agua a 23 °C para la conversión.

TABLA 2. Precisión

	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
Precisión para un solo operador:		
Densidad (SH), kg/m ³	9	25
Densidad (SSS), kg/m ³	7	20
Densidad aparente, kg/m ³	7	20
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,009	0,025
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,007	0,020
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,007	0,020
Precisión multilaboratorio:		
Densidad (SH), kg/m ³	13	38
Densidad (SSS), kg/m ³	11	32
Densidad aparente, kg/m ³	11	32
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,013	0,038
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,011	0,032
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,011	0,032
<small>^A Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. La estimación de la precisión fue obtenida del análisis de los resultados de las muestras de referencia combinadas del laboratorio de materiales de la AASHTO, obtenidos de laboratorios que utilizaron un mínimo de 15 h para la saturación y otros laboratorios que utilizaron 24 h \pm 4 h de saturación. Los ensayos se realizaron en áridos de masa normal y comenzó con los áridos en condición seca al horno.</small>		

5.7.2 Desviación. Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

APÉNDICE X
(Información opcional)

DESARROLLO DE LA ECUACIÓN

X.1 El desarrollo de la ecuación No. 7 proviene de los siguientes casos simplificados, utilizando dos sólidos. Sólido 1: tiene una masa M_1 en gramos y un volumen V_1 en cm^3 ; su densidad relativa (gravedad específica) (G_1) es por lo tanto M_1/V_1 . Sólido 2: tiene una masa M_2 y un volumen V_2 ; $G_2 = M_2/V_2$. Si se considera que los dos sólidos están juntos, la densidad relativa (gravedad específica) de la combinación es la masa total en gramos dividida para el volumen total en cm^3 .

$$G = \frac{M_1 + M_2}{V_1 + V_2} \quad (\text{X.1})$$

Mediante el desarrollo de esta ecuación se obtiene:

$$G = \frac{1}{\frac{V_1 + V_2}{M_1 + M_2}} = \frac{1}{\frac{V_1}{M_1 + M_2} + \frac{V_2}{M_1 + M_2}} \quad (\text{X.2})$$

$$G = \frac{1}{\frac{M_1}{M_1 + M_2} \left(\frac{V_1}{M_1}\right) + \frac{M_2}{M_1 + M_2} \left(\frac{V_2}{M_2}\right)} \quad (\text{X.3})$$

Sin embargo, los porcentajes en masa de los dos sólidos son:

$$\frac{M_1}{M_1 + M_2} = \frac{P_1}{100} \quad \text{y} \quad \frac{M_2}{M_1 + M_2} = \frac{P_2}{100} \quad (\text{X.4})$$

Además,

$$\frac{1}{G_1} = \frac{V_1}{M_1} \quad \text{y} \quad \frac{1}{G_2} = \frac{V_2}{M_2} \quad (\text{X.5})$$

Sustituyendo estas relaciones en la ecuación X.3, se obtiene

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100} \frac{1}{G_1} + \frac{P_2}{100} \frac{1}{G_2}} \quad (\text{X.6})$$

Un ejemplo de este cálculo está dado en la tabla X.1

TABLA X.1 Ejemplo de cálculos de valores de masas de densidad relativa (gravedad específica) y absorción para áridos gruesos ensayados por separado

Fracción de tamaño, mm	% en la muestra original	Masa de la muestra utilizada, g	Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	Absorción, %
4,75 a 12,5	44	2 213,0	2,72	0,4
12,5 a 37,5	35	5 462,0	2,56	2,5
37,5 a 63	21	12 593,0	2,54	3,0

Promedio de densidad relativa (gravedad específica) (SSS)

$$G_{SSS} = \frac{1}{\frac{0,44}{2,72} + \frac{0,35}{2,56} + \frac{0,21}{2,54}} = 2,62$$

Promedio de absorción

$$A = (0,44 \times 0,4) + (0,35 \times 2,5) + (0,21 \times 3,0) = 1,7\%$$

APÉNDICE Y
(Información opcional)

**INTERRELACIÓN ENTRE DENSIDADES RELATIVAS (GRAVEDADES ESPECÍFICAS) Y
ABSORCIÓN, SEGÚN SE DEFINEN EN LAS NTE INEN 857 Y NTE INEN 856**

Y.1 Este apéndice proporciona relaciones matemáticas entre los tres tipos de densidad relativa (gravedad específica) y la absorción. Estos valores pueden ser útiles para controlar la correspondencia de los datos reportados o calcular un valor que no se ha reportado mediante el uso de otros datos reportados:

Donde:

S_d = densidad relativa (gravedad específica) (SH),
 S_s = densidad relativa (gravedad específica) (SSS),
 S_a = densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), y
 A = absorción en %.

Y.2 Calcular los valores de cada uno, de la siguiente manera:

$$S_a = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (Y.1)$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (Y.2)$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[\frac{A}{100}(S_s - 1)\right]} \quad (Y.3)$$

$$A = \left(\frac{S_a}{S_d} - 1\right) 100 \quad (Y.4)$$

$$A = \left(\frac{S_a - S_s}{S_s(S_s - 1)}\right) 100 \quad (Y.5)$$

Límite Líquido: NTE INEN 691

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar el límite líquido de un suelo secado al horno a 60°C, secado al aire o en estado natural.

2. ALCANCE

2.1 Este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40).

2.2 Mediante este ensayo se determina también el índice de flujo de los suelos en función de la curva de flujo (ver 9.4 y 9.4.1).

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 En la Norma INEN 685 se establecen las definiciones de los términos y símbolos empleados en este documento.

3.2 En la Norma INEN 690 se establece la determinación del contenido de agua por el método del secado al horno.

3.3 En la Norma INEN 688 se establecen los métodos para preparar muestras de suelo alterado para ensayos.

3.4 La temperatura del laboratorio debe mantenerse a $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

3.5 La humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor del 50% y, en la cámara húmeda, no menor del 90%.

4. RESUMEN

4.1 Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que, con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.

5. EQUIPO

5.1 **Dispositivo mecánico (Copa de Casagrande).** Consiste en una copa de bronce o de acero resistente a la corrosión, acoplada a un dispositivo construido de la forma y de acuerdo con las dimensiones que se indican en la Figura A.1 del Anexo A, cuya base debe ser de caucho vulcanizado o de madera dura.

5.2 Acanaladores. Deben ser de bronce o acero resistente a la corrosión, calibrados de acuerdo a las dimensiones indicadas en las figuras del Anexo B. (Nota 1).

5.3 Plato o fuente de mezclado. Recipiente de tamaño adecuado, apto para el mezclado de la muestra de suelo.

5.4 Espátulas. Deben ser de acero inoxidable, de tamaños adecuados, apropiados para el mezclado y el cortado de la muestra de suelo.

5.5 Disco de evaporación. Pueden utilizarse vidrios de reloj de tamaño adecuado o, en su defecto, una tela impermeable (opcional).

5.6 Equipo para determinar el contenido de agua. Como el descrito en la Norma INEN 690.

5.7 Botella de lavado, fabricada preferentemente de plástico, o un vaso de precipitación que contenga agua destilada.

5.8 Recipientes herméticos. Deben ser de un material resistente a la corrosión y capaces de contener alrededor de 200 a 250 g de suelo húmedo.

5.9 Calibrador. Puede ser metálico o de un material resistente a la corrosión.

6. CALIBRACION DEL EQUIPO

6.1 Debe inspeccionarse el dispositivo mecánico a fin de determinar que se encuentre limpio, seco y en buenas condiciones de trabajo, de tal manera que la copa descienda libremente y no tenga excesivo juego lateral en su articulación.

6.1.1 La altura de caída de la copa del dispositivo mecánico debe ajustarse de tal forma que, cuando la copa está localizada a su máxima altura, el calibrador de 10 mm pase justamente entre ésta y la base; para esto se utiliza el calibrador de 10 mm que tiene el mango del acanalador Tipo B (ver Fig. B.2 del Anexo B) o un calibrador de altura (10 mm), como se indica en la Fig. B.1 del Anexo B. (Nota 2).

6.2 Debe inspeccionarse el acanalador para determinar que se encuentre limpio, seco y que sus dimensiones críticas sean las que se indican en la Fig. B.2 del Anexo B; no debe usarse un acanalador cuya punta haya alcanzado un ancho de 2,5 mm a causa del desgaste.

NOTA 1. El valor del límite líquido obtenido con este ensayo está directamente relacionado con la anchura y la profundidad del canal de la muestra de suelo en la copa, por lo cual las dimensiones críticas del acanalador deben revisarse frecuentemente.

7. PREPARACION DE LA MUESTRA

7.1 Se toma una muestra de alrededor de 250 g de la porción completamente mezclada del material que pase el tamiz de 425 μm (No. 40), la cual ha sido obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688 (Nota 3).

7.2 A esta muestra se la deja evaporar, si fuera necesario, o se la añade agua destilada y se la mezcla completamente en la fuente, usando la espátula, hasta obtener una pasta de suelo homogénea y densa que pueda moldearse fácilmente con los dedos (Notas 4 y 5).

8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

8.1 Colocar una porción de esta pasta en la copa, sobre la parte que descansa en la base, extendiéndola rápida y cuidadosamente con la espátula, cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire.

8.2 Nivelar el suelo con la espátula paralelamente a la base, de tal manera que tenga una profundidad de 10 mm en la sección de espesor máximo, como se indica en la Fig. C.1 del Anexo C; el suelo sobrante debe regresar al plato o fuente de mezclado.

8.3 Con el acanalador adecuado (Nota 6), realizar un canal en el muestra, como se indica en la Fig. C.2 del Anexo C, evitando despegarla de la copa, de manera que su plano de simetría sea perpendicular a la articulación de la copa, y procurando, además, que el acanalador se mantenga normal a la superficie de la copa.

8.3.1 Para evitar la rotura de los lados del canal o el deslizamiento de la muestra de suelo en la copa, se permiten hasta seis recorridos del acanalador, desde atrás hacia adelante o desde adelante hacia atrás; la profundidad del canal se incrementa con cada recorrido y sólo el último debe tocar el fondo de la copa (Nota 7).

NOTA 3. Cuando por el tipo de suelo se utilice el método E de la Norma indicada, es conveniente, a menudo, sacar las pocas partículas gruesas presentes y ensayar la muestra sin preparación previa. Cuando los suelos se ensayan en su condición natural, los resultados generalmente difieren de los obtenidos con muestras secadas al aire. Los suelos orgánicos y ciertos suelos tropicales deben ensayarse en su condición natural.

NOTA 4. Ciertos suelos arcillosos necesitan un período de homogenización del agua añadida, para lo cual se la debe dejar reposar un mínimo de 18 a 24 horas en un recipiente hermético, tiempo después del cual se la vuelve a mezclar, generalmente durante 10 minutos; sin embargo, algunos de estos suelos requieren más de 40 minutos de remezclado.

NOTA 5. Luego de manipular la muestra de suelo en el plato o fuente de mezclado, en cualquier momento del ensayo ésta, debe taparse con el disco de evaporación o una tela impermeable para evitar la pérdida de agua.

NOTA 6. En el caso de que con el acanalador Tipo A (ver Anexo B) no se obtenga un canal limpio, como ocurre en suelos arenosos, se debe usar el acanalador Tipo B (ver Anexo B), cuidando de que se produzca un deslizamiento entre el suelo y la superficie de la copa.

NOTA 7. El canal, en lo posible, debe realizarse con el menor número de recorridos del acanalador.

8.4 Colocar la copa en su dispositivo mecánico, cuidando que la superficie inferior de la copa y la superficie de la base se encuentren libres de suelo o agua, girar el manubrio a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, contar los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto al fondo del canal, en una distancia continua de alrededor de 10 mm (ver Fig. D.1 del Anexo D), por la fluencia del suelo y no por deslizamiento entre el suelo y la copa; medir esta distancia con el extremo del acanalador Tipo B o un calibrador y anotar el número de golpes necesarios para que esto ocurra (Nota 8).

8.4.1 Si el número de golpes para la primera determinación está entre 35 y 45 se continúa normalmente como se indica en 8.6; si no, añadir más agua o secarlo al aire, lo que fuere más apropiado y repetir de 8.1 a 8.4, hasta que esta condición se obtenga.

8.5 Regresar la muestra de la copa al plato o fuente de mezclado, mezclar completamente, limpiar y secar la copa y el acanalador y repetir las operaciones de 8.1 a 8.4, hasta que tres ensayos consecutivos den el mismo número de golpes para cerrar el canal en la forma especificada (Nota 9).

8.6 Del lugar donde se juntan los bordes del canal, tomar con la espátula una porción de suelo de alrededor de 10 g, colocarla en un recipiente adecuado y determinar el contenido de agua de acuerdo con la Norma INEN 690.

8.7 Realizar las operaciones de 8.1 a 8.6 por lo menos cuatro veces, usando la misma muestra con nuevos incrementos de agua destilada, los cuales deben hacerse de tal manera que el número de golpes necesario para cerrar el canal varíe de 45 a 5, de modo que dos ensayos estén bajo los 25 golpes y dos sobre los 25 golpes (Nota 10), mezclando cada incremento de agua por lo menos durante 5 minutos.

8.8 Para efectuar los distintos ensayos, hacer el amasado de la muestra únicamente mediante el aumento progresivo de agua, de tal manera que cada vez la muestra de suelo se tome más fluida.

9. CÁLCULOS

9.1 Los datos obtenidos deben registrarse en un papel semilogarítmico (ver Anexo E), representando los contenidos de agua, en la escala aritmética, como abscisas, y el número de golpes en la escala logarítmica, como ordenadas; de esta manera se determina un punto para cada ensayo realizado.

9.2 Se traza la curva de flujo uniendo con una línea recta y, de la manera más aproximada, los cuatro puntos registrados.

NOTA 8. Algunos suelos tienden a deslizarse en lugar de fluir; si esto ocurre, el resultado no es válido y debe repetirse el ensayo añadiendo agua hasta que ocurra el flujo; si después del incremento adicional de agua el suelo sigue deslizándose con un mínimo de 25 golpes, el ensayo no es aplicable, debiendo anotarse que el límite líquido no puede determinarse.

NOTA 9. Se debe tener cuidado de que la muestra no pierda humedad entre la repetición de los ensayos, ya que el número de golpes para cerrar el canal puede aumentarse gradualmente según vaya secándose la muestra.

9.3 El límite líquido de la muestra de suelo ensayada se determina por interpolación de la curva de flujo y está dado por el contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de flujo con los 25 golpes en las ordenadas, el mismo que debe redondearse al número entero más cercano, de conformidad con la Norma INEN 52.

9.4 El índice de flujo de la muestra de suelo ensayada se determina prolongando la curva de flujo, hasta intersectar las ordenadas correspondientes a los 10 y 100 golpes, y está dado por la pendiente de la curva de flujo, expresada por el incremento de agua entre los 10 y 100 golpes (Nota 11).

9.4.1 El índice de flujo puede calcularse también con la siguiente ecuación:

$$I_f = \frac{W_1 - W_2}{\log 10 \frac{N_2}{N_1}}$$

Donde:

I_f = índice de flujo

W_1 = contenido de agua, en % correspondiente a N_1 golpes

W_2 = contenido de agua, en % correspondiente a N_2 golpes

10. ERRORES DEL METODO

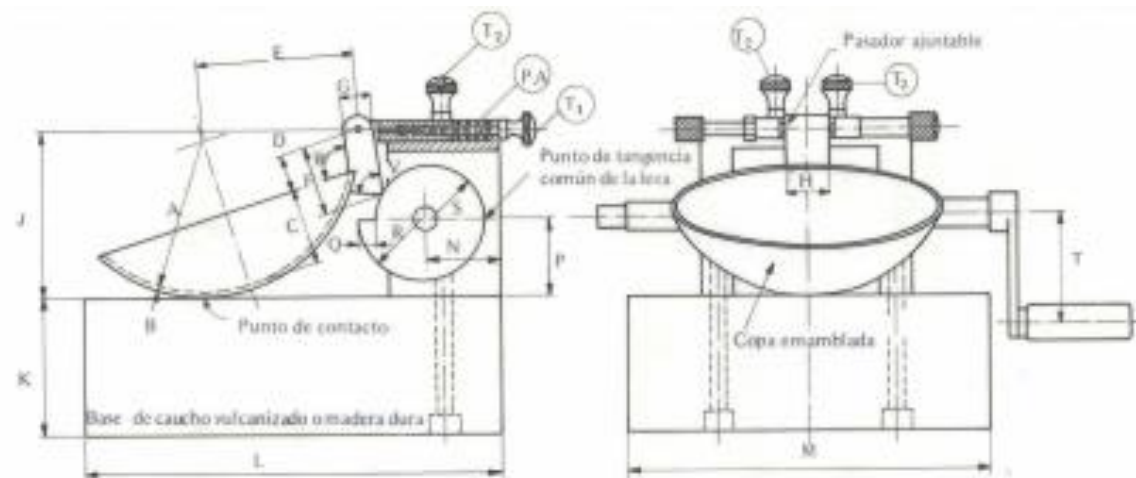
10.1 Al realizar las tres series consecutivas del ensayo (ver 8.5) con el mismo contenido de agua, el número de golpes no debe diferir en más de un golpe; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

11. INFORME DE RESULTADOS

11.1 El informe que sobre este ensayo se emita debe indicar:

- a) resultados obtenidos,
- b) método utilizado,
- c) condición del suelo (estado natural: secado al aire, secado al horno, no conocido, etc.),
- d) período de reposo.

11.2 Todos los resultados y observaciones que se hagan en el ensayo deben registrarse lo más adecuadamente posible, para lo cual se recomienda el uso de la hoja de registro que se indica en el Anexo E. Si el límite líquido forma parte de otros ensayos, es preferible utilizar la hoja de registro recomendada en los ensayos respectivos (ver Anexo F).



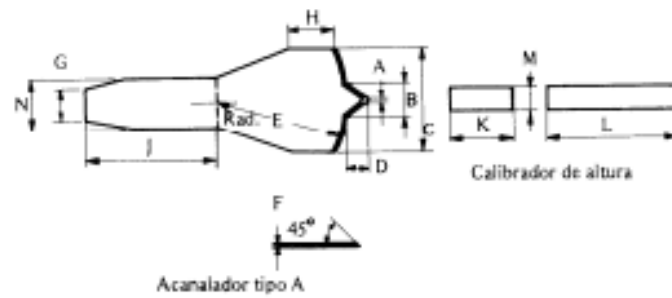
Letra	A	B	C	D	E	F	G	H	J
mm	54 ± 0,5	2 ± 0,5	27 ± 0,5	125 ± 0,5	56 ± 0,5	25 ± 0,5	10 ± 0,5	16 ± 0,5	60 ± 0,5
Letra	K	L	M	N	P	Q*	R*	S*	T
mm	50 ± 5	150 ± 5	130 ± 5	27 ± 1	28 ± 0,5	6,0	22 ± 0,5	19 ± 0,5	40 ± 5

Letra	V	W
Grados	75 ± 5	100 ± 5

* La leva está fabricada de dos secciones semicirculares con un punto de tangencia común. Las dimensiones esenciales tienen tolerancia.

FIGURA A1. Dispositivo mecánico para el límite líquido.

ANEXO B

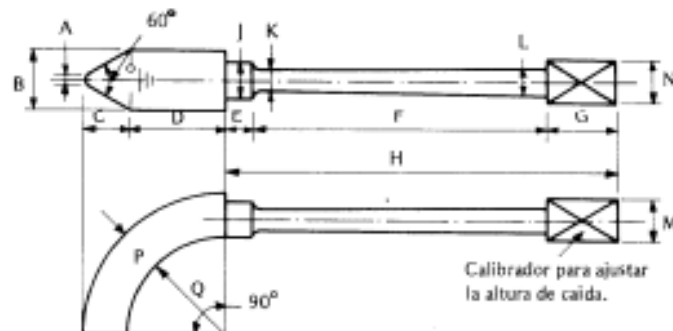


Letra	A	B	C	D	E	F
mm	$2 \pm 0,1$	$11 \pm 0,25$	$40 \pm 0,25$	$8 \pm 0,25$	$51 \pm 0,25$	$1,6 \pm 0,1$

Letra	G	H	J	K	L	M	N
mm	$10,0 \pm 0,5$	20	50	25	50	$10 \pm 0,25$	20

Las dimensiones esenciales tienen tolerancia.

FIGURA B.1. Acanalador tipo A y calibrador de altura (Bronce o acero inoxidable).



Letra	A	B	C	D	E	F	G	H
mm	$2 \pm 0,10$	$13,5 \pm 0,25$	$10 \pm 0,25$	22	6	68	16	90

Letra	J	K	L	M	N	P	Q
mm	8	5	6	$10 \pm 0,25$	$10 \pm 0,25$	$10 \pm 0,25$	$22 \pm 0,25$

Las dimensiones esenciales tienen tolerancia. Las tolerancias indicadas son para propósitos de fabricación.

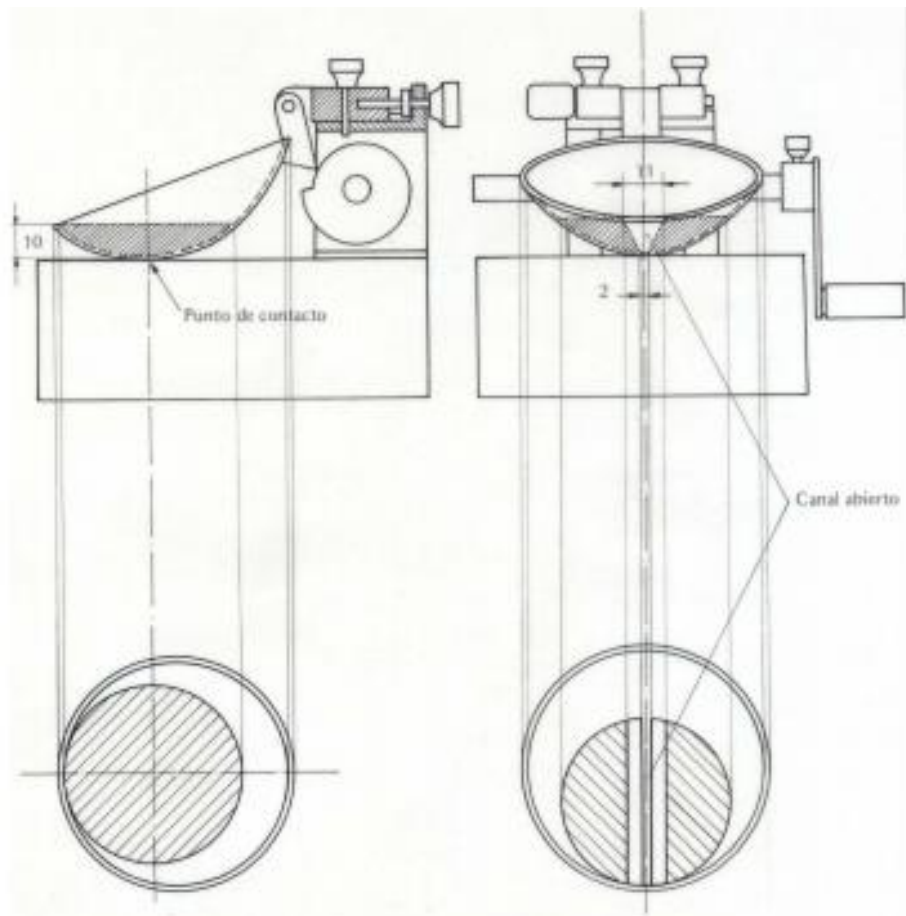


FIGURA C.1. Muestra de suelo colocada y nivelada en la copa.

FIGURA C.2. Muestra de suelo partida con el acaralador, antes del ensayo.

[dimensiones en mm]

ANEXO D

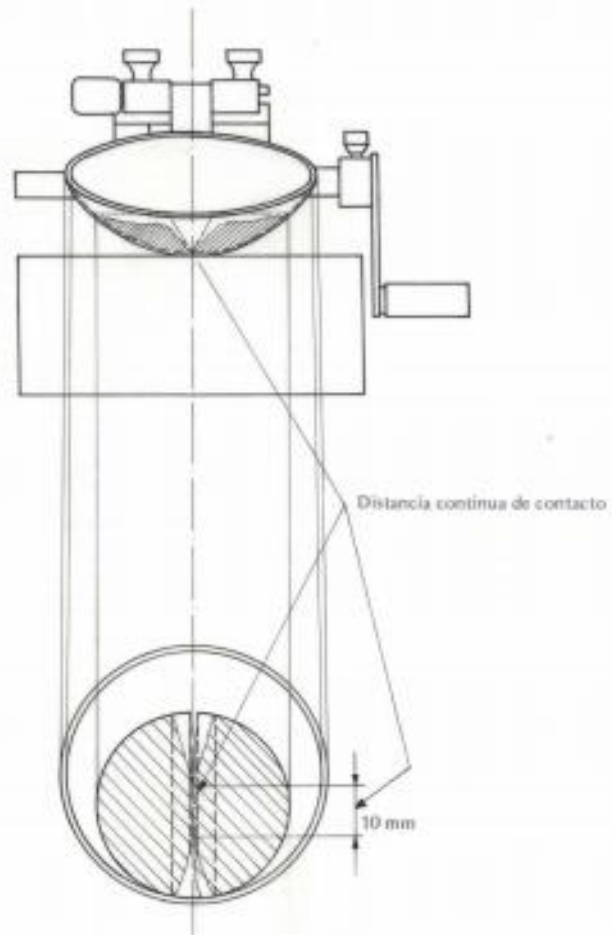


FIGURA D.1. Muestra de suelo después del ensayo.

[Nombre del Laboratorio] **ANEXO E**

PROYECTO: _____
 OBRA: _____
 LOCALIZACION: _____
 MUESTRA No. _____ PERFORACION No. _____
 PROFUNDIDAD: _____
 DESCRIPCION: _____
 Fecha: _____ Operador: _____ Calculador: _____

ENSAYOS: CONTENIDO DE AGUA LIMITE LIQUIDO LIMITE PLASTICO

NORMA INEN:
 CONDICION DE SUELO:
 PERIODO DE REPOSO:

Etapa No.	1	2	3	4	5	6	7	8
No. de golpes	/	/	/	/	/	/	/	/
Respirante No.								
Masa del recipiente + suelo húmedo, g								
Masa del recipiente + suelo seco, g								
Masa del recipiente, g								
Masa del agua, g								
Masa del suelo seco, g								
Contenido de agua, %								

RESULTADOS: Límite líquido, W_L = _____ Límite plástico, W_p = _____ Índice de plasticidad, I_p = _____
 Índice de fluidez, I_f = _____ Índice de tenacidad, I_T = _____ Índice de fluidez, I_L = _____
 Índice de compactación, I_c = _____ Clasificación: _____

OBSERVACIONES:

Límite Plástico: NTE INEN 692

1.1 Esta norma establece el método para determinar el límite plástico de un suelo.

2. ALCANCE

2.1 Este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz de 425 μm (No. 40).

2.2 El resultado de este ensayo sirve también para determinar los índices de plasticidad, tenacidad, liquidez y consistencia de los suelos (ver apéndice Y).

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 La determinación se efectuará por triplicado sobre porciones de igual cantidad de la misma muestra.

3.2 En la Norma INEN 685 se establecen las definiciones de los términos y símbolos empleados en este documento.

3.3 En la Norma INEN 690 se establece la determinación del contenido de agua por el método del secado al horno.

3.4 En la Norma INEN 688 se establecen los métodos para preparar muestras alteradas para ensayos.

3.5 La temperatura del laboratorio debe mantenerse a $23 \pm 3^\circ\text{C}$.

3.6 La humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor del 50% y, en la cámara húmeda, no menor del 90%.

4. RESUMEN

4.1 Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo en el límite entre su comportamiento plástico y sólido, para lo cual se utiliza el proceso de rolado para evaporar gradualmente el agua hasta que comienza a fisurarse o disgregarse.

5. INSTRUMENTAL

5.1 Plato o fuente de mezclado. Recipiente de tamaño adecuado, apropiado para el mezclado de la muestra.

5.2 Espátula. Debe ser flexible, de tamaño adecuado, apropiado para el mezclado y cortado de la muestra de suelo.

5.3 Placa de rofado. Puede ser de vidrio, mármol o de cualquier material que tenga una superficie lisa no absorbente, de alrededor de 15 x 20 cm.

5.4 Varilla de calibración, (opcional) Debe ser de acero inoxidable de 3 mm de diámetro y más o menos 10 mm de largo.

5.5 Equipo para determinar el contenido de agua, como el descrito en la Norma INEN 690.

5.6 Recipiente con agua destilada.

6. PREPARACIÓN DEL INSTRUMENTAL

6.1 Todo el instrumental a utilizarse en la determinación del límite plástico debe estar limpio, seco y en buenas condiciones de trabajo.

7. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

7.1 Tomar una muestra de alrededor de 100 g de la porción del material que pase el tamiz de 425 μm (No. 40), obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688.

7.2 A esta muestra se la deja evaporar, si fuera necesario, o se la añade agua destilada y se la mezcla completamente en el plato o fuente, usando la espátula hasta obtener una pasta de suelo homogénea y plástica, en cantidad suficiente como para moldearla con los dedos como una bola (Notas 1 y 2).

7.3 Cuando el límite plástico se determina conjuntamente con el límite líquido, se toma al iniciar el ensayo del límite líquido una muestra de aproximadamente 30 g, la cual debe ser suficientemente homogénea y plástica para que pueda formarse con facilidad una bola, sin que se adhiera a los dedos al comprimirla; esta muestra debe permanecer en un recipiente hermético.

8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

8.1 Tomar aproximadamente 10 g de la muestra preparada según se indica en 7.2 o de la muestra separada según 7.3, moldearla entre los dedos, en una bola, luego amasar y rodar la bola entre las palmas de las manos hasta que aparezcan en su superficie pequeñas fisuras, con lo cual se asegura que el suelo tenga un suficiente secado.

NOTA 1. Ciertos suelos arcillosos necesitan un período de homogenización del agua añadida, para lo cual se la deja reposar en la cámara húmeda de 16 a 24 horas en un recipiente hermético, luego de lo cual, se la vuelve a mezclar generalmente durante 10 minutos; sin embargo, algunos de estos suelos requieren más de 40 minutos de remezclado.

8.2 Rotar esta bola entre las puntas de los dedos de una mano y la placa de vidrio o de mármol, como se indica en la Fig. 1, con una presión suficiente como para formar del suelo un rollo de 3 mm de diámetro en 5 a 15 movimientos completos (hacia adelante y hacia atrás) de la mano, a una velocidad de 80 a 90 movimientos por minuto.



FIGURA 1. Rolado de los rollos.

8.3 Si el rollo de suelo se desmenuza antes de alcanzar los 3 mm de diámetro, añadir agua destilada a toda la masa de suelo. Volver a mezclarlo en el plato o fuente, amasarlo completamente y proceder como se indica en 8.1 y 8.2.

8.4 Si el rollo llega a los 3 mm de diámetro sin presentar fisuras o signos de desmenuzamiento, recoger el rollo y moldearlo nuevamente entre los dedos en una bola y repetir el proceso dado en 8.2 hasta cuando el rollo al llegar a los 3 mm de diámetro se corte, tanto longitudinalmente como transversalmente, o se desmenuce al rolarlo con la presión requerida. Puede usarse la varilla de metal como una guía para obtener el correcto diámetro del rollo (Nota 3).

8.4.1 Los rollos de algunos suelos son extremadamente duros, por lo que es difícil determinar el punto final; cuando esto ocurre, se debe amasar completamente todas las porciones desmenuzadas del rollo, formar una bola y proceder a rolarlo nuevamente; si el rollo no se desmenuza inmediatamente, no se ha alcanzado todavía el punto final del límite plástico.

8.4.2 En algunos suelos poco plásticos, el desmenuzamiento puede ocurrir cuando el rollo tiene un diámetro mayor a 3 mm, por lo cual el primer punto de rotura indicará el límite plástico del suelo ensayado.

8.4.3 El desmenuzamiento se manifiesta de diferente manera, de acuerdo a los diversos tipos de suelo. Algunos suelos se separan en numerosas concreciones de partículas, otros pueden formar una capa tubular exterior que comienza a partirse en ambos extremos, el fisuramiento progresa hacia la mitad y finalmente el rollo se divide en varias partículas pequeñas. Los suelos altamente arcillosos requieren mucha presión para forjar el rollo, particularmente cuando se aproxima al límite plástico, terminando por romperse en una serie de segmentos.

8.4.4 En ningún momento el operador debe intentar producir la falla exactamente a los 3 mm de diámetro, dejando que el rollo alcance este diámetro y luego reduciendo el tipo de rolado o la presión de la mano, y continuar el rolado sin deformación posterior hasta que el rollo falle.

8.5 Recoger las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente hermético y determinar el contenido de agua de acuerdo con la Norma INEN 690.

8.6 Dos muestras más serán tratadas como se indica de 8.1 a 8.5, de modo que se hagan tres determinaciones completamente separadas.

9. CÁLCULOS

9.1 El valor del límite plástico de) suelo será el promedio de los contenidos de agua determinados según el numeral 8 de esta norma, expresado con el número entero más cercano, de conformidad con la Norma INEN 52.

9.2 En el Apéndice Y se indica el cálculo de los índices de plasticidad, tenacidad, liquidez y consistencia de los suelos.

10. ERRORES DEL MÉTODO

10.1 La máxima variación entre los valores absolutos de la determinación efectuada por triplicado no debe exceder de $\pm 5\%$; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

11. INFORME DE RESULTADOS

11.1 El informe sobre este ensayo debe indicar:

11.1.1 Límite plástico. Expresado con tres cifras significativas. (Si no puede determinarse, se informa como suelo NO PLÁSTICO).

11.1.2 Información de la muestra (procedencia, estado natural, secado al aire, secado al horno, no conocido, et c.).

APÉNDICE Y

Y.1 Índice de plasticidad. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_p = W_L - W_p$$

Y.1.1 Índice de plasticidad. Puede estar bajo las siguientes condiciones:

- cuando no puede determinarse el límite plástico, el índice de plasticidad debe informarse como *No Plástico (NP)*;
- cuando el límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad debe informarse como *Cero*.

Y.2 Índice de tenacidad. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_T = \frac{I_p}{I_L}$$

Y.3 Índice de liquidez. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_L = \frac{w - W_p}{I_p}$$

Y.4 Índice de consistencia. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_C = \frac{W_L - w}{I_p}$$

Y.5 Los símbolos empleados en las ecuaciones anteriores significan:

I_p = índice de plasticidad.

W_L = límite líquido.

W_p = límite plástico.

I_T = índice de tenacidad.

I_L = índice de flujo.

I_C = índice de liquidez.

w = contenido de agua.

I_C = índice de consistencia.

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 52 Reglas para redondear números.
INEN 154 Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.
INEN 685 Geotecnia: Mecánica de suelos. Terminología y simbología.
INEN 688 Mecánica de suelos. Preparación de muestras alteradas para ensayos.
INEN 690 Mecánica de suelos. Determinación del contenido de agua. Método del secado al horno.
INEN 691 Mecánica de suelos. Determinación del límite líquido. Método de Casagrande.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Australiana AS 1289 C 2.1-1977. *Determination of the plastic limit of a soil. Standard method.* Standards Association of Australia. North Sidney, 1977.

Norma Británica BS 1377: 1975 Test 3. *Determination of the plastic limit (Methods of test for soil for civil engineering purpose).* British Standards Institution. Londres, 1975.

Norma India IS:2720 (Part V) -1970. *Determination of liquid and plastic limits (methods of test for soils). First revisión.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1975.

Manual de laboratorio para mecánica de suelos. Escuela Técnica de Ingenieros. Quito, 1975.

Norma Americana ANSI/ASTM: D 424-59 (Reapproved 1971). *Standard Test method for plastic limit and plasticity index of soils.* American Society for Testing and Materials. Filadelfia, Pa. 1974.

Norma AASHTO: T 90 - 70. *Standard method for determining the plastic limit and plasticity index of soils.* American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C. 1974.



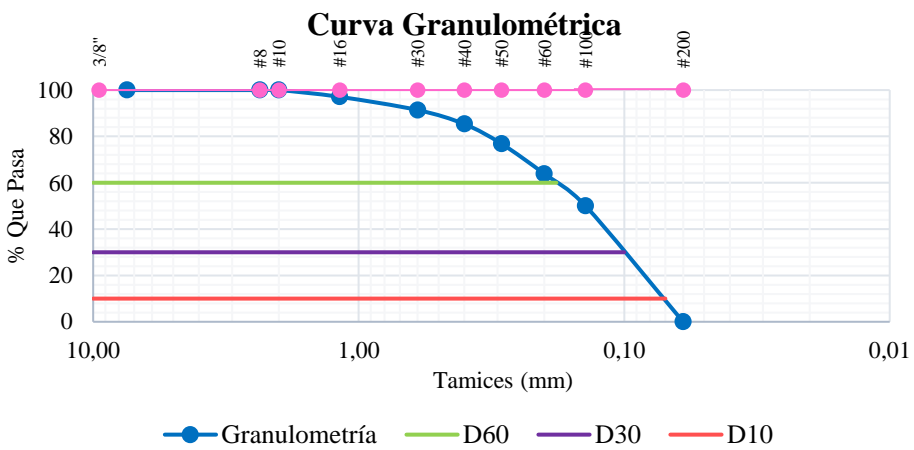
La ingeniería de suelos en vías terrestres. Alfonso Rico y Hermilo del Cartillo, volumen 1, Editorial Limusa. México. 1974.

Cimentaciones. W.E. Schulze/K. Simmer. Editorial Blume. Madrid, 1970.

Norma Argentina IRAM 10502/68. *Mecánica de suelos. Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1968.

Anexo C: Ensayo Granulométrico

Suelo Limo arenoso

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL			
“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”					
ORIGEN:		Santa Rosa-Ambato-Ecuador			
ESTUDIANTE:		Mayra Ases			
TUTOR:		Ing. Marisol Bayas			
NORMA:		ASTM D -421-58 y AASHTO T-87-70			
DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA					
TAMIZ	mm	PESO RET/ TA gr	PESO RET/ ACUM gr	% PESO RETENIDO	% PASA
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,380	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
16	1,190	0,00	0,00	0,00	100,00
30	0,595	7,30	7,30	2,92	97,08
40	0,420	14,25	21,55	8,62	91,38
50	0,297	15,16	36,71	14,68	85,32
60	0,250	21,20	57,91	23,16	76,84
100	0,149	32,45	90,36	36,14	63,86
200	0,074	34,50	124,86	40,94	50,06
fuentes		124,1		W muestra seca (gr): 250gr	
 <p style="text-align: center;">Curva Granulométrica</p> <p style="text-align: center;">● Granulometría — D60 — D30 — D10</p>					
Diámetro Dimensional (D60)		0,18	Tipo de Suelo SUCS ML		
Diámetro Equiparable (30)		0,1			
Diámetro Efectivo (10)		0,07			
Coeficiente de curvatura		0,79			
Coeficiente de Uniformidad		2,57			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



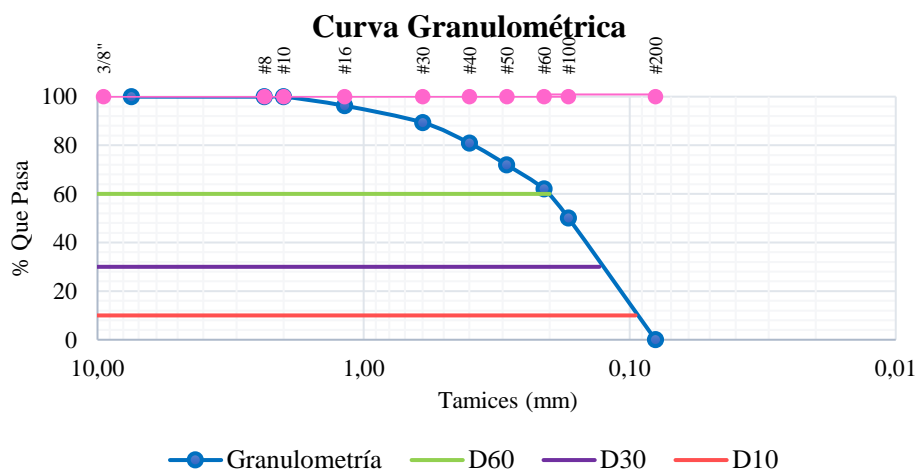
LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”

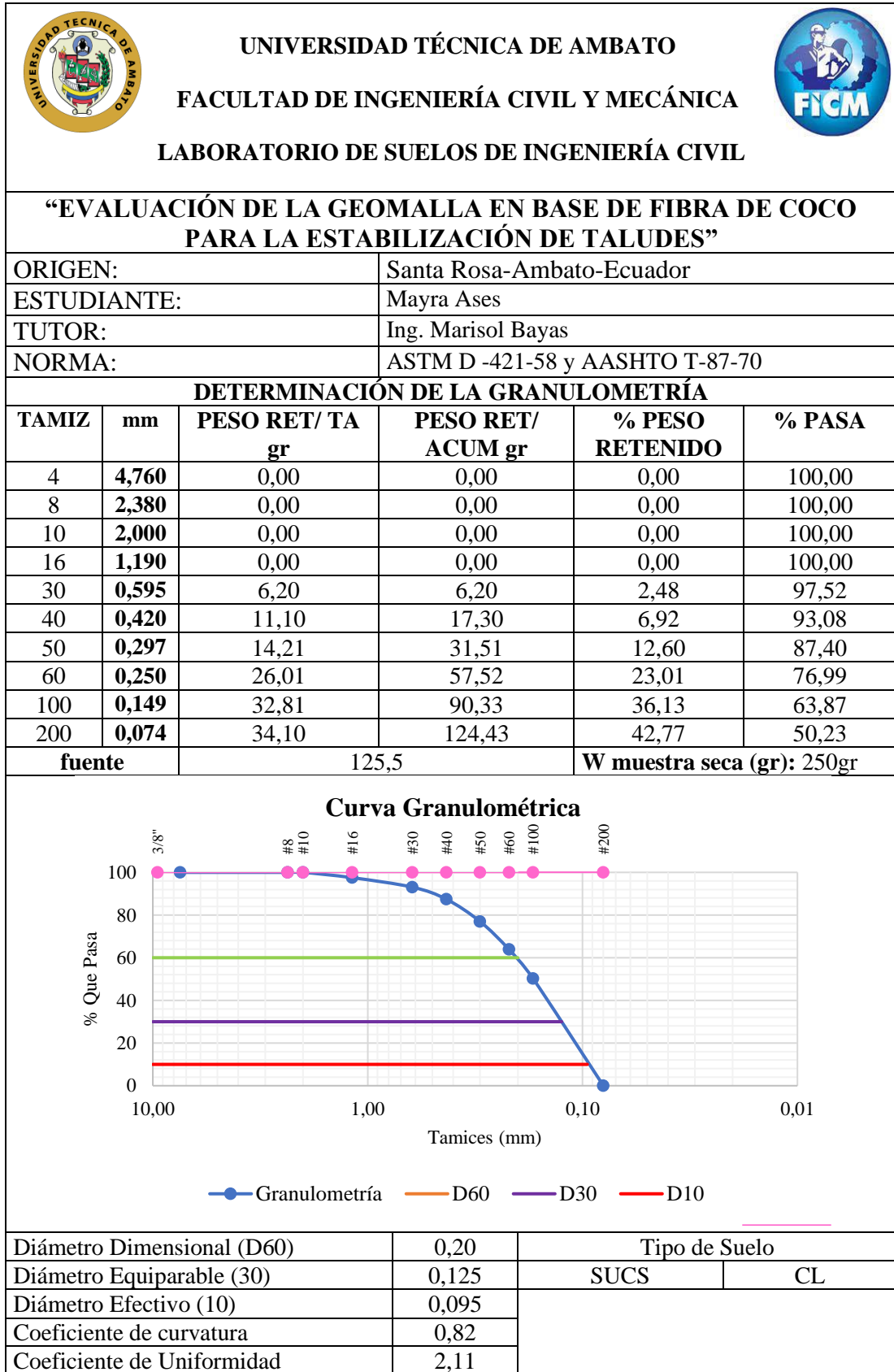
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador
ESTUDIANTE:	Mayra Ases
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas
NORMA:	ASTM D-421-58 y AASHTO T-87-70

DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

TAMIZ	mm	PESO RET/ TA gr	PESO RET/ ACUM gr	% PESO RETENIDO	% PASA
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,380	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
16	1,190	0,00	0,00	0,00	100,00
30	0,595	9,30	9,30	3,72	96,28
40	0,420	17,35	26,65	10,66	89,34
50	0,297	21,20	47,85	19,14	80,86
60	0,250	22,25	70,10	28,04	71,96
100	0,149	24,90	95,00	38,00	62,00
200	0,074	29,70	124,70	42,88	50,12
fuerza		125,3		W muestra seca (gr): 250gr	



Diámetro Dimensional (D60)	0,20	Tipo de Suelo	
Diámetro Equiparable (30)	0,13	SUCS	ML
Diámetro Efectivo (10)	0,095		
Coefficiente de curvatura	0,89		
Coefficiente de Uniformidad	2,11		





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

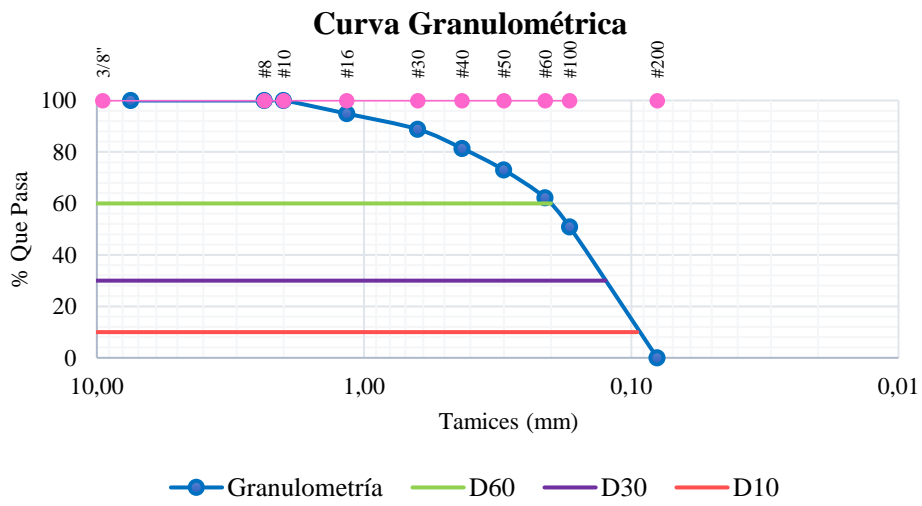


**“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO
 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”**

ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador
ESTUDIANTE:	Mayra Ases
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas
NORMA:	ASTM D-421-58 y AASHTO T-87-70

DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA



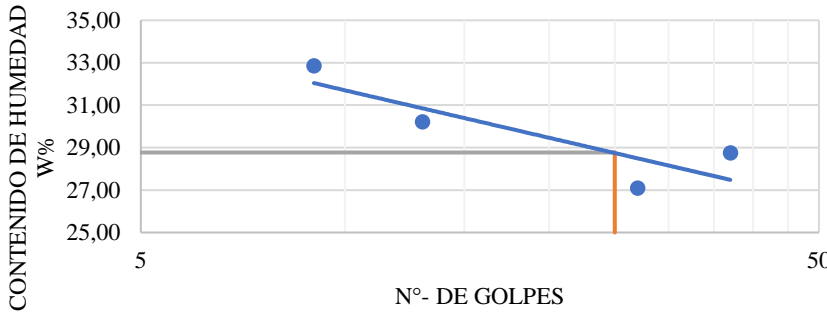
TAMIZ	mm	PESO RET/ TA gr	PESO RET/ ACUM gr	% PESO RETENIDO	% PASA
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,380	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
16	1,190	0,00	0,00	0,00	100,00
30	0,595	12,77	12,77	5,11	94,89
40	0,420	15,17	27,94	11,18	88,82
50	0,297	18,55	46,49	18,60	81,40
60	0,250	21,00	67,49	27,00	73,00
100	0,149	27,10	94,59	37,84	62,16
200	0,074	28,25	122,84	41,14	50,86
fuelle		127,1		W muestra seca (gr): 250gr	



Diámetro Dimensional (D60)	0,20	Tipo de Suelo	
Diámetro Equiparable (30)	0,125	SUCS	CL
Diámetro Efectivo (10)	0,095		
Coefficiente de curvatura	0,82		
Coefficiente de Uniformidad	2,11		

Anexo D: Ensayo Límites de Atterberg

Suelo Limo arenoso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL								
" EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TULUDES "								
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador							
ESTUDIANTE:	Mayra Ases							
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas							
NORMA:	ASTM D - 424 -71 y AASHTO T-90-70							
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO								
Calicata N°	1							
Recipiente N°	1LL	2LL	3LL	4LL	5LL	6LL	7LL	8LL
Peso muestra húm+reci	18,00	24,40	18,10	16,70	21,50	22,40	16,40	16,10
Peso recip+suelo seco gr	16,30	21,10	16,60	15,20	20,40	19,00	14,86	15,30
Peso Recipiente gr	11,20	10,90	10,90	10,80	11,70	10,80	10,90	11,00
Peso del agua gr	1,70	3,30	1,50	1,50	1,10	3,40	1,54	0,80
Peso muestra seca gr	5,10	10,20	5,70	4,40	8,70	8,20	3,96	4,30
Contenido de humedad %	33,33	32,35	26,32	34,09	12,64	41,46	38,89	18,60
Cont de humedad pro%	33,84		30,20		27,05		28,75	
N°- de Golpes	9		13		27		37	
Límite Líquido %	28,77%							
Límite Líquido								
								
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	1 LP	2LP	3LP	4LP	5LP			
Peso muestra húm+rec gr	7,80	12,50	12,7	13,00	7,50			
Peso recip+suelo seco gr	7,40	12,20	12,2	12,6	7,30			
Peso Recipiente gr	6,10	10,80	10,80	10,50	6,20			
Peso del agua	0,40	0,30	0,50	0,40	0,20			
Peso muestra seca gr	1,30	1,40	1,40	2,10	1,10			
Contenido de humedad%	30,77	21,43	35,71	19,05	18,18			
Límite Plástico%	25,03%							
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO				
Límite Líquido:28,77%				ML (Limo arenoso de baja Plasticidad)				
Límite Plástico:25,03%								
Índice de Plasticidad:3,74%								



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



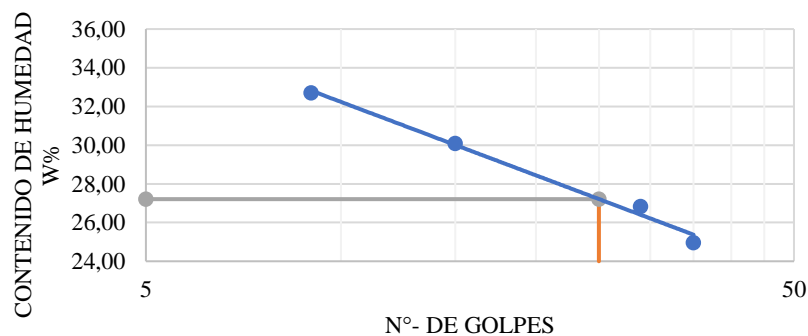
" EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TULUDES "

ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador
ESTUDIANTE:	Mayra Ases
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas
NORMA:	ASTM D - 424 -71 y AASHTO T-90-70

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Calicata N°	2							
Recipiente N°	1LL	2LL	3LL	4LL	5LL	6LL	7LL	8LL
Peso muestra húm+reci	18,10	15,30	19,50	20,4	17,50	22,30	21,70	16,10
Peso recip+suelo seco gr	16,30	14,20	17,70	18,00	16,00	20,10	19,20	21,20
Peso Recipiente gr	10,50	11,00	11,50	10,30	11,00	10,80	10,50	11,30
Peso del agua gr	1,80	1,10	1,80	2,40	1,50	2,20	2,50	2,10
Peso muestra seca gr	5,80	3,20	6,20	7,70	5,00	9,30	8,70	9,90
Contenido de humedad %	31,03	34,38	29,03	31,17	30,00	23,66	28,74	21,21
Cont de humedad pro%	32,70		30,10		26,83		24,97	
N°- de Golpes	9		15		29		37	
Límite Líquido %	27,21%							

Límite Líquido





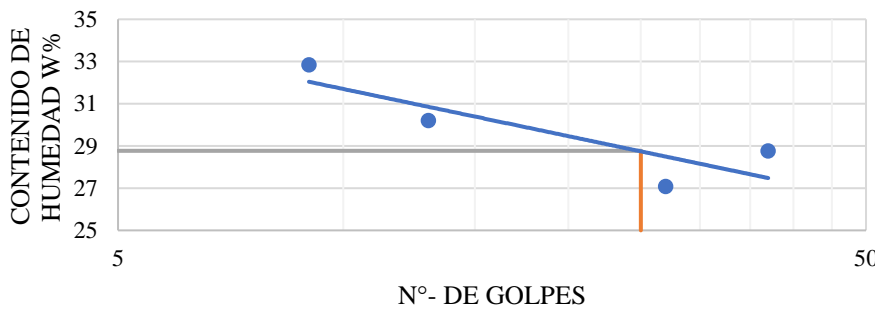
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente N°	1 LP	2LP	3LP	4LP	5LP
Peso muestra húm+rec gr	7,50	12,50	12,8	13,35	11,40
Peso recip+suelo seco gr	7,20	12,00	12,1	12,90	11,20
Peso Recipiente gr	6,10	10,50	9,50	10,00	9,00
Peso del agua	0,30	0,50	0,70	0,45	0,20
Peso muestra seca gr	1,10	1,50	2,60	2,90	2,20
Contenido de humedad%	27,27	33,33	26,92	15,52	9,09
Límite Plástico%	22,23%				

LÍMITES DE ATTERBERG

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Límite Líquido:27,21%	ML (Limo arenoso de baja Plasticidad)
Límite Plástico:22,23%	
Índice de Plasticidad:4,98%	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL								
" EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TULUDES "								
ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador							
ESTUDIANTE:	Mayra Ases							
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas							
NORMA:	ASTM D - 424 -71 y AASHTO T-90-70							
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO								
Calicata N°	3							
Recipiente N°	1LL	2LL	3LL	4LL	5LL	6LL	7LL	8LL
Peso muestra húm+reci	18,50	19,70	19,50	18,50	19,00	19,70	18,10	20,30
Peso recip+suelo seco gr	16,50	16,60	16,80	16,60	17,50	16,70	15,90	18,00
Peso Recipiente gr	11,00	10,60	11,50	11,00	11,00	11,50	10,60	11,50
Peso del agua gr	2,00	3,10	2,70	1,90	1,50	3,00	2,20	2,30
Peso muestra seca gr	5,50	6,00	5,30	5,60	6,50	5,20	5,30	6,50
Contenido de humedad %	36,36	51,67	50,94	33,93	23,08	57,69	41,51	35,38
Cont de humedad pro%	44,02		42,44		40,38		38,45	
N°- de Golpes	8		11		21		31	
Límite Líquido %	39,43%							
Límite Líquido								
								
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	1 LP	2LP	3LP	4LP	5LP			
Peso muestra húm+rec gr	8,30	7,00	8,20	7,60	9,30			
Peso recip+suelo seco gr	7,80	6,70	7,70	6,90	8,30			
Peso Recipiente gr	5,70	5,00	6,00	5,30	5,50			
Peso del agua	0,50	0,30	0,50	0,70	1,00			
Peso muestra seca gr	2,10	1,70	1,70	1,60	2,80			
Contenido de humedad%	23,81	17,65	29,41	43,75	35,71			
Límite Plástico%	30,07%							
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO				
Límite Líquido:39,43%				CL (Arcilla de baja Plasticidad)				
Límite Plástico:30,07%								
Índice de Plasticidad:9,36%								



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

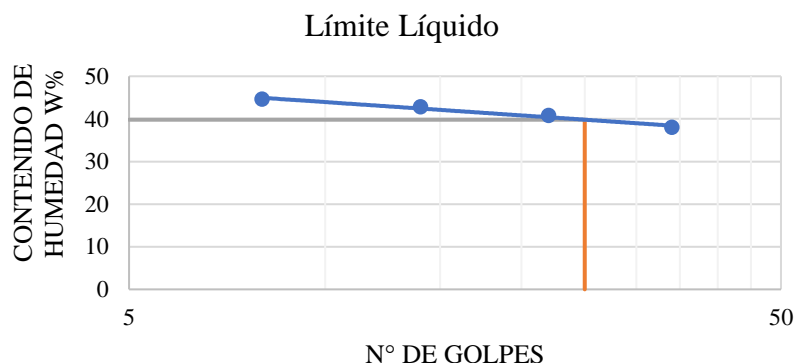


" EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TULUDES "

ORIGEN:	Santa Rosa-Ambato-Ecuador
ESTUDIANTE:	Mayra Ases
TUTOR:	Ing. Marisol Bayas
NORMA:	ASTM D - 424 -71 y AASHTO T-90-70

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Calicata N°	3							
Recipiente N°	1LL	2LL	3LL	4LL	5LL	6LL	7LL	8LL
Peso muestra húm+reci	21,20	20,00	19,00	18,7	18,80	19,20	19,30	19,40
Peso recip+suelo seco gr	18,30	17,30	16,90	16,30	16,80	16,70	17,40	16,80
Peso Recipiente gr	11,50	11,50	11,00	11,50	11,50	11,00	11,30	11,00
Peso del agua gr	2,90	2,70	2,10	2,40	2,00	2,50	1,90	2,60
Peso muestra seca gr	6,80	5,80	5,90	4,80	5,30	5,70	6,10	5,80
Contenido de humedad %	42,65	51,67	35,59	50,00	37,74	43,86	31,15	44,83
Cont de humedad pro%	44,60		42,80		40,80		37,99	
N° - de Golpes	8		14		27		34	
Límite Líquido %	39,81%							



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente N°	1 LP	2LP	3LP	4LP	5LP
Peso muestra húm+rec gr	8,30	8,20	8,80	9,60	8,30
Peso recip+suelo seco gr	7,70	7,50	8,30	8,80	7,50
Peso Recipiente gr	5,50	5,00	5,50	6,00	5,50
Peso del agua	0,60	0,70	0,50	0,80	0,80
Peso muestra seca gr	2,20	2,50	2,80	2,80	2,00
Contenido de humedad%	27,27	28,00	17,86	28,57	40,00
Límite Plástico%	29,85%				

LÍMITES DE ATTERBERG

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Límite Líquido:39,81%	CL (Arcilla de baja Plasticidad)
Límite Plástico:29,85%	
Índice de Plasticidad:9,96%	

Anexo E: Ensayo Gravedad Específica

Suelo Limo arenoso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL 	
“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”	
ORIGEN: Santa Rosa-Ambato-Ecuador	
ESTUDIANTE: Mayra Ases	
TUTOR: Ing. Marisol Bayas	
NORMA: ASTM D854-58 y AASHTO T-100-70	
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	
NÚMERO DE CALICATA	1
Número recipiente	1G
Peso Picnómetro	170,3
Temperatura agua y suelo C°	17
Peso recipiente	218,6
Peso del recipiente+suelo seco	264,00
Peso del suelo seco W_s	45,7
Picnómetro+agua W_{bw}	650,3
W_s+W_{bw}	696,00
Picnómetro+agua+suelo(sumergido)W_{bws}	678,6
Desplazamiento del agua W_s+W_{bw}-W_{bws}	17,40
Factor de corrección por temperatura K	0,9988
Gravedad Específica	2,65



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



“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”

ORIGEN: Santa Rosa-Ambato-Ecuador

ESTUDIANTE: Mayra Ases



TUTOR: Ing. Marisol Bayas

NORMA: ASTM D854-58 y AASHTO T-100-70

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

NÚMERO DE CALICATA	2
Número recipiente	2G
Peso Picnómetro	170,30
Temperatura agua y suelo C°	19
Peso recipiente	147,50
Peso del recipiente+suelo seco	193,90
Peso del suelo seco W_s	46,40
Picnómetro+agua W_{bw}	650,30
W_s+W_{bw}	696,70
Picnómetro+agua+suelo(sumergido)W_{bws}	679,20
Desplazamiento del agua W_s+W_{bw}-W_{bws}	17,50
Factor de corrección por temperatura K	0,9984
Gravedad Específica	2,65

Suelo Arcilloso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL 	
“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”	
ORIGEN: Santa Rosa-Ambato-Ecuador	
ESTUDIANTE: Mayra Ases	
TUTOR: Ing. Marisol Bayas	
NORMA: ASTM D854-58 y AASHTO T-100-70	
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	
NÚMERO DE CALICATA	3
Número recipiente	3G
Peso Picnómetro	170,30
Temperatura agua y suelo C°	18
Peso recipiente	116,50
Peso del recipiente+suelo seco	161,5
Peso del suelo seco W_s	45,00
Picnómetro+agua W_{bw}	650,30
W_s+W_{bw}	695,30
Picnómetro+agua+suelo(sumergido)W_{bws}	678,70
Desplazamiento del agua W_s+W_{bw}-W_{bws}	16,60
Factor de corrección por temperatura K	0,9986
Gravedad Específica	2,71



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



“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”

ORIGEN: Santa Rosa-Ambato-Ecuador

ESTUDIANTE: Mayra Ases

TUTOR: Ing. Marisol Bayas

NORMA: ASTM D854-58 y AASHTO T-100-70

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

NÚMERO DE CALICATA	4
Número recipiente	4G
Peso Picnómetro	170,30
Temperatura agua y suelo C°	18
Peso recipiente	219,5
Peso del recipiente+suelo seco	264,3
Peso del suelo seco W_s	45,80
Picnómetro+agua W_{bw}	650,30
W_s+W_{bw}	695,10
Picnómetro+agua+suelo(sumergido)W_{bws}	678,60
Desplazamiento del agua W_s+W_{bw}-W_{bws}	16,50
Factor de corrección por temperatura K	0,9986
Gravedad Específica	2,71

Anexo F: Ensayo Densidad de Campo

Suelo Limo arenoso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 		
LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL “EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”		
ORIGEN: Santa Rosa-Ambato-Ecuador		
ESTUDIANTE: Mayra Ases		
TUTOR: Ing. Marisol Bayas		
NORMA: AASHTO T-205 y ASTM D-2167		
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO		
1. Determinación del peso del suelo extraído		
NÚMERO DE CALICATA	1	
Número recipiente	1D	
Peso de la masa del suelo+recipiente (funda plástica) gr	2951,00	
Peso de la funda plástica gr	4,90	
Peso de la masa del suelo gr	2946,1	
2. Determinación del volumen del hueco en el suelo		
Peso inicial de frasco + cono + arena gr	6539,9	
Peso inicial de frasco + cono + arena gr	2197,6	
Peso de la arena en el cono gr	356,00	
Peso de la arena en el hueco gr	3983,3	
Calibración de la arena de Ottawa	1,51	
Volumen del hueco cm ³	2639,93	
3. Determinación del contenido de humedad		
Peso de la muestra húmeda+reci gr	124,2	135,7
Peso de la muestra seca+reci gr	112,6	118,2
Peso recipiente gr	31,70	30,60
Peso agua	11,60	17,50
Peso de la muestra seca gr	80,90	87,60
Contenido de Humedad%	14,33	19,97
Contenido de Humedad prom	0,1715%	
4. Determinación del cubo unitario		
5. Determinación del peso volumétrico gr/cm ³	1,115	
6. Determinación de la densidad seca gr/cm ³	0,851	
7. Determinación de la relación de vacíos	1,717	
8. Determinación de la porosidad %	63,20%	
9. Determinación del grado de saturación del aire %	67,87%	
10. Determinación del grado de saturación del agua %	22,92%	





LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”

ORIGEN: Santa Rosa-Ambato-Ecuador
ESTUDIANTE: Mayra Ases
TUTOR: Ing. Marisol Bayas
NORMA: AASHTO T-205 y ASTM D-2167

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO

1. Determinación del peso del suelo extraído		
NÚMERO DE CALICATA	2	
Número recipiente	2D	
Peso de la masa del suelo+recipiente (funda plástica) gr	2959,1	
Peso de la funda plástica gr	4,90	
Peso de la masa del suelo gr	2954,2	
2. Determinación del volumen del hueco en el suelo		
Peso inicial de frasco + cono + arena gr	6597,9	
Peso inicial de frasco + cono + arena gr	2180,6	
Peso de la arena en el cono gr	356,00	
Peso de la arena en el hueco gr	4061,3	
Calibración de la arena de Ottawa	1,51	
Volumen del hueco cm ³	2689,60	
3. Determinación del contenido de humedad		
Peso de la muestra húmeda+reci gr	129,2	92,50
Peso de la muestra seca+reci gr	114,4	85,30
Peso recipiente gr	31,90	31,50
Peso agua	14,18	7,20
Peso de la muestra seca gr	82,50	53,80
Contenido de Humedad%	17,93	13,38
Contenido de Humedad prom	0,1565%	
4. Determinación del cubo unitario		
5. Determinación del peso volumétrico gr/cm³	1,098	
6. Determinación de la densidad seca gr/cm³	0,942	
7. Determinación de la relación de vacíos	1,867	
8. Determinación de la porosidad %	65,12%	
9. Determinación del grado de saturación del aire %	64,54%	
10. Determinación del grado de saturación del agua %	25,45%	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL			
“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”			
ORIGEN: Santa Rosa-Ambato-Ecuador			
ESTUDIANTE: Mayra Ases			
TUTOR: Ing. Marisol Bayas			
NORMA: AASHTO T-205 y ASTM D-2167			
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO			
1. Determinación del peso del suelo extraído			
NÚMERO DE CALICATA	3		
Número recipiente	3D		
Peso de la masa del suelo+recipiente (funda plástica) gr	3505,5		
Peso de la funda plástica gr	5,30		
Peso de la masa del suelo gr	3500,2		
2. Determinación del volumen del hueco en el suelo			
Peso inicial de frasco + cono + arena gr	7289,9		
Peso inicial de frasco + cono + arena gr	2155,5		
Peso de la arena en el cono gr	356,00		
Peso de la arena en el hueco gr	4778,4		
Calibración de la arena de Ottawa	1,51		
Volumen del hueco cm ³	3164,50		
3. Determinación del contenido de humedad			
Peso de la muestra húmeda+reci gr	119,2	134,6	
Peso de la muestra seca+reci gr	108,9	120,6	
Peso recipiente gr	33,00	31,20	
Peso agua	10,30	14,00	
Peso de la muestra seca gr	75,90	89,40	
Contenido de Humedad%	13,57	15,65	
Contenido de Humedad prom	0,1461%		
4. Determinación del cubo unitario			
			
5. Determinación del peso volumétrico gr/cm³			1,109
6. Determinación de la densidad seca gr/cm³			0,959
7. Determinación de la relación de vacíos			1,736
8. Determinación de la porosidad %			63,45%
9. Determinación del grado de saturación del aire %			69,28%
10. Determinación del grado de saturación del agua %			20,71%



LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”

ORIGEN: Santa Rosa-Ambato-Ecuador
ESTUDIANTE: Mayra Ases
TUTOR: Ing. Marisol Bayas
NORMA: AASHTO T-205 y ASTM D-2167

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO

1. Determinación del peso del suelo extraído		
NÚMERO DE CALICATA	4	
Número recipiente	4D	
Peso de la masa del suelo+recipiente (funda plástica) gr	3463,20	
Peso de la funda plástica gr	4,90	
Peso de la masa del suelo gr	3458,30	
2. Determinación del volumen del hueco en el suelo		
Peso inicial de frasco + cono + arena gr	7240,9	
Peso inicial de frasco + cono + arena gr	2156,8	
Peso de la arena en el cono gr	356,00	
Peso de la arena en el hueco gr	4728,1	
Calibración de la arena de Ottawa	1,51	
Volumen del hueco cm ³	3131,10	
3. Determinación del contenido de humedad		
Peso de la muestra húmeda+reci gr	127,3	137,9
Peso de la muestra seca+reci gr	115,2	121,2
Peso recipiente gr	34,60	30,20
Peso agua	12,10	16,70
Peso de la muestra seca gr	80,60	91,00
Contenido de Humedad%	15,01	18,35
Contenido de Humedad prom	0,1668%	
4. Determinación del cubo unitario		
<p>The diagram illustrates the composition of a soil sample. It shows three stacked layers: AIR (top, grey), AGUA (middle, blue), and SÓLIDO (bottom, yellow). To the left, vertical double-headed arrows indicate volumes in cm³: V_m=83,96 (total), V_v=53,55 (air + water), V_a=41,45 (air), V_w=12,1 (water), and V_s=30,41 (solids). To the right, vertical double-headed arrows indicate weights in gr: W_a=0 (air), W_w=12,1 (water), W_s=80,6 (solids), and W_m=92,7 (total water + solids).</p>		
5. Determinación del peso volumétrico gr/cm³	1,104	
6. Determinación de la densidad seca gr/cm³	0,946	
7. Determinación de la relación de vacíos	1,760	
8. Determinación de la porosidad %	61,58%	
9. Determinación del grado de saturación del aire %	67,40%	
10. Determinación del grado de saturación del agua %	22,59%	