



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:**

**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y LA  
DISMINUCIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN SUELOS  
APLICANDO POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CON  
FINES DE EDIFICACIONES EN LA URBANIZACIÓN  
LOS SAUCES II ETAPA – PIMENTEL.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autores:**

**Bach. Estela Coronel Nardeli**

**[Https://orcid.org/0000-0003-2755-4487](https://orcid.org/0000-0003-2755-4487)**

**Bach. Siesquén Zapata Juan Carlos**

**[Https://orcid.org/0000-0002-0001-2752](https://orcid.org/0000-0002-0001-2752)**

**Asesor:**

**Msc. Guerrero Millones Ana María**

**[Https://orcid.org/0000-0001-7668-6684](https://orcid.org/0000-0001-7668-6684)**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2020**

## APROBACIÓN DEL JURADO

-----  
Mg. MUÑOZ PÉREZ, SÓCRATES PEDRO  
Presidente

-----  
Mg. VILLEGAS GRANADOS, LUIS MARIANO  
Secretario(a)

-----  
Mg. IDROGO PÉREZ, CESAR ANTONIO  
Vocal

## **DEDICATORIAS**

A dio por habernos permitido gozar de buena salud, y darnos la sabiduría para desarrollar esta investigación, y culminar de manera satisfactoria la carrera universitaria.

A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre, y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi madre, por ser el pilar más importante por su cariño incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mis hermanos por el gran apoyo durante esta travesía, sobre todo a mi hermano Elis Estela coronel por haberme impulsado por el camino correcto para llegar a ser la mujer que soy, por creer y apostar por mí, por su gran sacrificio este logro es de los dos.

**Bach. NARDELI ESTELA CORONEL**

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por su apoyo tanto económico como emocional, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas me impulsaron para alcanzar mis anhelos.

**Bach. SIESQUÉN ZAPATA JUAN CARLOS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda nuestra vida.

A nuestros padres y toda nuestra familia, por el gran apoyo tanto emocional como económico.

A Rubén Morí Campos y demás amigos, por su ayuda en la extracción de muestras y realización de ensayos.

A WILSON OLAYA AGUILAR, técnico del laboratorio de suelos y cimentaciones de la Universidad Señor De Sipan que sin su ayuda nada de esto hubiera sido posible.

Al Mg. MUÑOZ PÉREZ, SÓCRATES PEDRO por su gran apoyo y compromiso durante el desarrollo de la tesis.

Al Mg. IDROGO PÉREZ, CESAR ANTONIO por su gran apoyo hacia el camino a la obtención de nuestro título profesional.

## RESUMEN

El mejoramiento de las propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo es un tema de estudio e investigación que proviene de la necesidad de contribuir al progreso de la región y del país, la presente investigación titula “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y LA DISMINUCIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN SUELOS APLICANDO POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CON FINES DE EDIFICACIONES EN LA URBANIZACIÓN LOS SAUCES II ETAPA – PIMENTEL.”, y tiene como finalidad la obtención de porcentaje adecuado de Polietileno de alta densidad con el fin de mejorar el suelos con respecto a su resistencia al corte y a su permeabilidad mediante ensayos de suelos en laboratorio.

Cuya metodología aplicada fue la siguiente: tipo Tecnológico aplicado con enfoque cuantitativo, diseño Experimental del tipo experimental, con instrumentos de recolección de datos aplicando guías de observación y utilizando formatos otorgados por el técnico del laboratorio de la Universidad señor de Sipán.

Se obtuvo como óptimo contenido de polietileno de alta densidad de 2.0%, con dicho porcentaje se logró mejorar relativamente la resistencia al corte del suelo en comparación a la muestra natural, y se logró una disminución en la permeabilidad. Concluyéndose que con altos porcentaje de polietileno de alta densidad se pierde cohesión ya que este material no presenta la capacidad de absorber agua, y eso hará imposible la compactación.

### **PALABRAS CLAVES:**

Polietileno de alta densidad, resistencia al corte de los suelos, corte directo, permeabilidad de cabeza variable.

## ABSTRACT

The improvement of both physical and mechanical properties of the soil is a subject of study and research that comes from the need to contribute to the progress of the region and the country, the present investigation is entitled "ANALYSIS OF RESISTANCE TO CUT AND DECREASE

PERMEABILITY IN SOILS APPLYING HIGH DENSITY POLYETHYLENE FOR BUILDING PURPOSES IN THE URBANIZATION LOS SAUCES II STAGE - PIMENTEL. ”,

And its purpose is to obtain an adequate percentage of high-density polyethylene in order to improve the soil with respect to its resistance to cutting and its permeability through laboratory soil tests.

Whose applied methodology was the following: Technological type applied with a quantitative approach, Experimental design of the experimental type, with data collection instruments applying observation guides and using formats provided by the laboratory technician of the Señor de Sipán University.

The optimum high-density polyethylene content of 2.0% was obtained, with this percentage it was possible to improve relatively the resistance to cutting of the soil compared to the natural sample, and a decrease in permeability was achieved. Concluding that with a high percentage of high-density polyethylene, cohesion is lost since this material does not have the ability to absorb water, and that will make compaction impossible.

### **KEYWORDS:**

High density polyethylene, resistance to soil cutting, direct cutting, variable head permeability.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	20
1.1 Realidad Problemática.....	21
1.2 Antecedentes de estudio. ....	25
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	30
1.4 Formulación del Problema.....	43
1.5 Justificación e importancia de estudio.....	43
1.6 Hipótesis. ....	44
1.7 Objetivos.....	44
1.7.1 Objetivo general.....	44
1.7.2 Objetivos específicos.....	44
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	45
2.1. Tipo y Diseño de investigación .....	45
2.2. Población y muestra.....	45
2.3. Variables y Operacionalización.....	46
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....	49
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	49
2.6. Criterios éticos.....	64
2.7. Criterios de rigor científico.....	65

III. RESULTADOS.....	66
3.1. Resultados en tablas y figuras .....	66
3.2. Discusión de resultados .....	135
3.3. Aporte práctico .....	137
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	138
4.1. CONCLUSIONES.....	138
4.2. RECOMENDACIONES .....	139
REFERENCIAS.....	140
ANEXOS .....	143



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Área en estudio.....	22
Figura N° 2: Aparato de corte directo.....	32
Figura N° 3: Cajas para muestras y accesorios del modelo cuadrado y redondo .....	33
Figura N° 4: Valores típicos de conductividad hidráulica .....	34
Figura N° 5: Prueba de permeabilidad de carga constante .....	35
Figura N° 6: Prueba de permeabilidad de caída de carga .....	36
Figura N° 7: Esquema de Procedimiento de Datos.....	50
Figura N° 8: Instrumentos de la ubicación de los puntos de investigación .....	51
Figura N° 9: Instrumentos para la realización de los puntos de investigación .....	52
Figura N° 10: Instrumentos para el ensayo de granulometría.....	53
Figura N° 11: Instrumentos para el ensayo de Límite Líquido.....	54
Figura N° 12: Instrumentos para el ensayo de Límite Plástico.....	55
Figura N° 13: Tipos de suelos.....	56
Figura N° 14: Características de los suelos.....	57
Figura N° 15: Carta de Casagrande.....	58
Figura N° 16: Suelos gravosos.....	58
Figura N° 17: Clasificación de suelos por el método SUCS.....	59
Figura N° 18: Instrumentos para el ensayo de densidad de campo.....	60
Figura N° 19: Aparato de Corte Directo .....	62
Figura N° 20: Aparato de permeabilidad.....	63

Figura N° 21: Plano de ubicación de los puntos de investigación .....	66
Figura N° 22: Curva granulométrica del estrato 1 .....	68
Figura N° 23: Curva granulométrica del estrato 2 .....	69
Figura N° 24: Curva granulométrica del estrato 3 .....	70
Figura N° 25: Curva granulométrica del estrato 4 .....	71
Figura N° 26: Curva granulométrica del estrato 5 .....	72
Figura N° 27: Curva granulométrica del estrato 1 .....	73
Figura N° 28: Curva granulométrica del estrato 2 .....	74
Figura N° 29: Curva granulométrica estrato 3 .....	75
Figura N° 30: Curva granulométrica del estrato 4 .....	76
Figura N° 31: Curva granulométrica del estrato 1 .....	77
Figura N° 32: Curva granulométrica del estrato 2 .....	78
Figura N° 33: Curva granulométrica del estrato 3 .....	79
Figura N° 34: Curva granulométrica del estrato 1 .....	80
Figura N° 35: Curva granulométrica del estrato 2 .....	81
Figura N° 36: Curva granulométrica del estrato 3 .....	82
Figura N° 37: curva granulométrica del estrato 4 .....	83
Figura N° 38: curva granulométrica del estrato 1 .....	84
Figura N° 39: curva granulométrica del estrato 2 .....	85
Figura N° 40: curva granulométrica del estrato 1 .....	86
Figura N° 41: curva granulométrica del estrato 2 .....	87
Figura N° 42: curva granulométrica del estrato 3 .....	88

Figura N° 43: curva granulométrica del estrato 1 .....	89
Figura N° 44: curva granulométrica del estrato 2 .....	90
Figura N° 45: curva granulométrica del estrato 1 .....	91
Figura N° 46: curva granulométrica del estrato 2 .....	92
Figura N° 47: curva granulométrica del estrato 3 .....	93
Figura N° 48: curva granulométrica del estrato 1 .....	94
Figura N° 49: curva granulométrica del estrato 2 .....	95
Figura N° 50: curva granulométrica del estrato 3 .....	96
Figura N° 51: curva granulométrica del estrato 1 .....	97
Figura N° 52: curva granulométrica del estrato 2 .....	98
Figura N° 53: curva granulométrica del estrato 3 .....	99
Figura N° 54: curva granulométrica del estrato 1 .....	100
Figura N° 55: curva granulométrica del estrato 2 .....	101
Figura N° 56: curva granulométrica del estrato 3 .....	102
Figura N° 57: curva granulométrica del estrato 1 .....	103
Figura N° 58: curva granulométrica del estrato 2 .....	104
Figura N° 59: curva granulométrica del estrato 3 .....	105
Figura N° 60: Curva de fluidez, estrato 3 .....	106
Figura N° 61: Curva de fluidez, estrato 4 .....	107
Figura N° 62: Curva de fluidez, estrato 5 .....	108
Figura N° 63: Curva de fluidez, estrato 2 .....	109
Figura N° 64: Curva de fluidez, estrato 3 .....	110

Figura N° 65: Curva de fluidez, estrato 2 .....	111
Figura N° 66: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.....	114
Figura N° 67: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.....	116
Figura N° 68: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.....	117
Figura N° 69: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.....	118
Figura N° 70: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.....	120
Figura N° 71: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.....	121
Figura N° 72: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.....	122
Figura N° 73: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.....	123
Figura N° 74: Curva de resistencia para 0% PEAD.....	124
Figura N° 75: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 0% PEAD.....	125
Figura N° 76: Curva de resistencia para 1% PEAD.....	125
Figura N° 77: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 1% PEAD.....	126
Figura N° 78: Curva de resistencia para 1.5% PEAD.....	126

Figura N° 79: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal para 1.5% PEAD .....	127
Figura N° 80: Curva de resistencia para 2% PEAD.....	127
Figura N° 81: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 2% PEAD .....	128
Figura N° 82: Curva de resistencia para 4% PEAD.....	128
Figura N° 83: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 4% PEAD.....	129
Figura N° 84: Curva de resistencia para 10% PEAD.....	129
Figura N° 85: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 10% PEAD.....	130
Figura N° 86: Curva de resistencia para 14% PEAD.....	130
Figura N° 87: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 14% PEAD.....	131
Figura N° 88: Curva de resistencia para 18% PEAD.....	131
Figura N° 89: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 18% PEAD.....	132
Figura N° 90: Porcentaje óptimo de PEAD .....	133
Figura N° 91: Esfuerzo de corte en función del % PEAD .....	133
Figura N° 92: Cohesión en función del % PEAD .....	134

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables .....	37
Tabla 2: Operacionalización de Variable Independiente .....	47
Tabla 3: Operacionalización de Variable dependiente.....	48
Tabla 4: Resultados de la granulometría del estrato 1 .....	67
Tabla 5: Resultados de granulometría del estrato 2 .....	68
Tabla 6: Resultado de granulometría del estrato 3.....	69
Tabla 7: Resultados de granulometría del estrato 4 .....	70
Tabla 8: Resultados de granulometría del estrato 5 .....	71
Tabla 9: Resultados de granulometría del estrato 1 .....	72
Tabla 10: Resultado de granulometría del estrato 2.....	73
Tabla 11: Resultado de granulometría estrato 3.....	74
Tabla 12: Resultado de granulometría del estrato 4.....	75
Tabla 13: Resultado de granulometría del estrato 1 .....	76
Tabla 14: Resultado de granulometría del estrato 2.....	77
Tabla 15: Resultado de granulometría del estrato 3.....	78
Tabla 16: Resultados de la granulometría estrato 1 .....	79
Tabla 17: Resultado de granulometría del estrato 2.....	80
Tabla 18: Resultado de granulometría del estrato 3.....	81
Tabla 19: Resultado de granulometría del estrato 4.....	82
Tabla 20: Resultado de granulometría del estrato 1 .....	83

Tabla 21: resultados de granulometría del estrato 2.....	84
Tabla 22: resultados de granulometría del estrato 1.....	85
Tabla 23: resultados de granulometría del estrato 2.....	86
Tabla 24: resultados de granulometría del estrato 3.....	87
Tabla 25: resultados de granulometría del estrato 1.....	88
Tabla 26: resultados de granulometría del estrato 2.....	89
Tabla 27: resultados de granulometría del estrato 1.....	90
Tabla 28: resultados de granulometría del estrato 2.....	91
Tabla 29: resultados de granulometría del estrato 3.....	92
Tabla 30: resultados de granulometría del estrato 1.....	93
Tabla 31: resultados de granulometría del estrato 2.....	94
Tabla 32: resultados de granulometría del estrato 3.....	95
Tabla 33: resultados de granulometría del estrato 1.....	96
Tabla 34: resultados de granulometría del estrato 2.....	97
Tabla 35: resultados de granulometría del estrato 3.....	98
Tabla 36: resultados de granulometría del estrato 1.....	99
Tabla 37: resultados de granulometría del estrato 2.....	100
Tabla 38: resultados de granulometría del estrato 3.....	101
Tabla 39: resultados de granulometría del estrato 1.....	102
Tabla 40: resultados de granulometría del estrato 2.....	103
Tabla 41: resultados de granulometría del estrato 3.....	104
Tabla 42: Recolección de datos del laboratorio, estrato 3 .....	105

Tabla 43: Resultados de límites de consistencia, estrato 3 .....	106
Tabla 44: Recolección de datos del laboratorio, estrato 4 .....	106
Tabla 45: Resultados de límites de consistencia, estrato 4 .....	107
Tabla 46: Recolección de datos del laboratorio, estrato 5 .....	107
Tabla 47: Resultados de límites de consistencia, estrato 5 .....	108
Tabla 48: Recolección de datos del laboratorio, estrato 2 .....	108
Tabla 49: Resultados de límites de consistencia, estrato 2 .....	109
Tabla 50: Recolección de datos del laboratorio, estrato 3 .....	109
Tabla 51: Resultados de límites de consistencia, estrato 3 .....	110
Tabla 52: Recolección de datos del laboratorio, estrato 2 .....	110
Tabla 53: Resultados de límites de consistencia, estrato 2 .....	111
Tabla 54: clasificación de suelo por cada calicata .....	111
Tabla 55: Tipos de suelo .....	113
Tabla 56: Ensayo de densidad de campo con el método del cono de arena.....	113
Tabla 57: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 0% de PEAD.....	114
Tabla 58: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 1% de PEAD.....	115
Tabla 59: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 1.5% de PEAD.....	116
Tabla 60: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 2.0% de PEAD.....	118
Tabla 61: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 4.0 % de PEAD.....	119
Tabla 62: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 10.0 % de PEAD...	120
Tabla 63: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 14.0 % de PEAD...	121
Tabla 64: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 18.0 % de PEAD...	123



Tabla 65: Grado de compactación del Suelos SC .....	124
Tabla 66: Resumen de %PEAD vs Angulo de fricción .....	132
Tabla 67: Permeámetro de cabeza variable sin % PEAD .....	134
Tabla 68: Permeámetro de cabeza variable con él % óptimo de PEAD .....	135
Tabla 69: Permeabilidad con suelo natural .....	136
Tabla 70: Permeabilidad con 2.0% PEAD.....	137
Tabla 71: Óptimo contenido de humedad .....	138

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: calicata 1 .....	143
Imagen N° 2: calicata 2 .....	143
Imagen N° 3: calicata 3 .....	143
Imagen N° 4: calicata 4 .....	143
Imagen N° 5: calicata 5 .....	144
Imagen N° 6: calicata 6 .....	144
Imagen N° 7: calicata 7 .....	144
Imagen N° 8: calicata 8 .....	144
Imagen N° 9: calicata 9 .....	144
Imagen N° 10: calicata 10 .....	145
Imagen N° 11: calicata 11 .....	145
Imagen N° 12: calicata 12 .....	145
Imagen N° 13: Muestras extraídas de los diferentes estratos .....	145
Imagen N° 14: PEAD .....	146
Imagen N° 15: Muestra para ensayo de granulometría .....	146
Imagen N° 16: saturación de muestra para granulometría .....	146
Imagen N° 17: secado de material .....	147
Imagen N° 18: tamizado de material .....	147
Imagen N° 19: límites de Aterberg .....	147
Imagen N° 20: limite plástico .....	147

Imagen N° 21: Muestra con adición de PEAD .....	148
Imagen N° 22: preparación de muestra para compactad.....	148
Imagen N° 23: compactación de muestra.....	149
Imagen N°24: muestra compactada .....	149
Imagen N° 25: esquivo de corte directo.....	150
Imagen N° 26: muestra tallada.....	150
Imagen N° 27: caja del esquivo de corte directo.....	150
Imagen N° 28: pre consolidación de muestra .....	150
Imagen N° 29: extracción de muestra cortada .....	151
Imagen N° 30: muestra corta.....	151
Imagen N° 31: Permeámetro de cabeza variable con gradiente de 0.6.....	152
Imagen N° 32: muestra a ensayar.....	153
Imagen N° 33: muestra con gradiente 0.6.....	154
Imagen N° 34: Permeámetro con gradiente de 1.0 .....	155

## **I. INTRODUCCIÓN**

Actualmente tanto la resistencia al corte como la permeabilidad en los suelos son factores importantes para cualquier tipo de proyecto que se desarrolla en la ingeniería civil, es por ello la necesidad de mejorar dichas características de los suelos. Existiendo para ello diferentes métodos que aseguran un mejoramiento de las características tanto físicas como mecánicas del suelo, entre estas la aplicación del polietileno de alta densidad.

Entonces resulta necesario estudiar este material ya que es de múltiples aplicaciones, con muy buenas propiedades como afirma (Ernesto, 2005), “Las propiedades físico – químicas del Polietileno de alta densidad son de las mejores entre los plásticos debido a su estructura molecular ya que es una molécula apolar, lineal, químicamente estable y relativamente cristalino”, debido a sus grandes beneficios físicos, químicos y mecánicos, hace que sea un material muy utilizado en todo el mundo

De la combinación de estos materiales se busca lograr una mejora significativa en el esfuerzo al corte y disminuir la permeabilidad en suelos.

Para ello realizamos una serie de pruebas en el laboratorio de la Universidad Señor de Sipan , enfocados en los ensayo necesarios para llegar a los resultados esperados de esa manera nuestra tesis está sustentada técnicamente.

Ingeniería civil es una carrera en la cual como profesional se tiene que ver muchos aspectos que no perjudiquen a la sociedad, de manera que se logre innovar en el ámbito de la construcción preservando el medio en el que vivimos, para ello nuestro aporte con esta investigación tiene como fin incentivar el uso del PEAD, ya que implicaría combatir la contaminación ambiental puesto que se puede conseguir de material de plástico reciclado.

## **Realidad Problemática.**

### **1.1.1 A nivel Local.**

Muchas veces el suelo sobre los que se construyen edificaciones no cumple con los requerimientos establecidos por las normas. Es por ello que se requiere mejorar dichos suelos.

La incapacidad que tiene el suelo en la Urbanización Los Sauces para resistir las cargas por corte y su porosidad que aumentaría la permeabilidad, y para ello es el empleo del polietileno de alta densidad.

El estudio se realizó en la segunda etapa de la urbanización los sauces, delimitado por cuatro hectáreas de terreno en las cuales se procesarán doce calicatas, tres por cada hectárea de terreno según la norma E. 050 del reglamento nacional de edificaciones. Cuyas coordenadas de la zonificación son:

A:            Latitud 6°47'48.22"S

Longitud 79°53'15.7"O

B            Latitud 6°47'39.65"S

Longitud 79°53'15.61"O

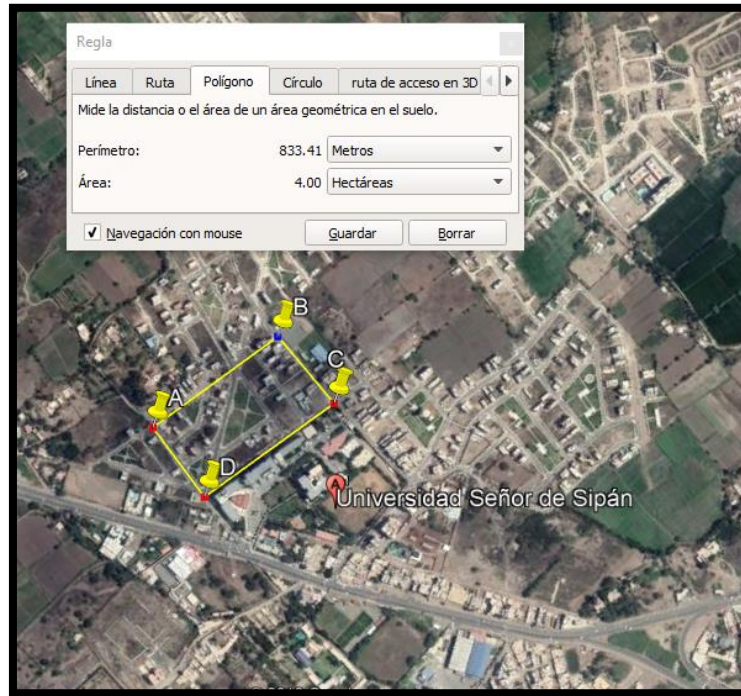
C            Latitud 6°47'39.65"S

Longitud 79°53'10.76"O

D            Latitud 6°47'48.22"S

Longitud 79°53'10.88"O

La capacidad portante de estos suelos, con un factor de seguridad de 3, varía entre 0.50 a 1.00 kg/cm<sup>2</sup>. Encontrándose este tipo de suelo en gran parte de la ciudad de Chiclayo y zonas de expansión urbana, actualmente utilizadas como áreas agrícolas. (INDECI, 2003)



*Figura N° 1: Área en estudio*

*Fuente: Google Earth*

### **1.1.2 A nivel Nacional.**

Al analizar la resistencia al corte de los suelos, generalmente los encontramos con gran presencia de partículas finas de arcilla y carentes de gravas. Se pueden definir como suelos arcillosos “aquellos en cuya composición granulométrica las partículas pequeñas tienen un peso especial, de tamaño inferior a dos micras (0.002 mm) o cinco micras” según el MTC. Lo que los hace poco resistente es su composición; “en su mayoría minerales arcillosos, silicatos de hierro, aluminio, magnesio, etc., originados por la alteración química de otros minerales originales”. (ANCADE, 2002).

A modo de ejemplo tenemos la construcción de obras lineales donde es fundamental compensar el movimiento de tierra teniendo en cuenta las consideraciones económicas, ambientales y técnicas para ellos se recomienda antes de cambiar la subrasante, realizar los estudios de suelos necesario para determinar si el suelo es apto, esta sería la manera correcta de elegir una mejora al suelo.

(VALLE, 2010). Afirma que, “La creciente importancia medioambiental por minimizar la creación de nuevos préstamos y vertederos, es una meta por lograr de parte de la comunidad de expertos geotécnicos”. Nuestra propuesta está basada en el uso de un material que al ser reutilizado contribuye a contrarrestar la contaminación medioambiental.

(Hummel, 2013), “Esta tesis pretende dar un aporte para el correcto tratamiento de las botellas de plástico PET (Tereftalato de Polietileno) al momento de ser desechadas a través del diseño y posterior construcción de una máquina que se encargue de compactar y almacenar dichos residuos.

Cabe mencionar que este material es altamente contaminante ya que su descomposición en el medio ambiente es tardía, es por ello que es importante su reutilización y debido a su composición es un material que le puede brindar muchas propiedades tanto físicas como mecánicas al suelo, de esta manera puede contribuir de manera muy beneficiosa al ámbito de la construcción, es importante que es un material económico lo que no crearía un alza en costos económicos.

( Garro, 2017) “Los residuos sólidos producidos diariamente están compuestos, en gran cantidad por envases de bebidas de consumo masivo, que no se degradan fácilmente y pueden permanecer durante décadas afectando al medioambiente”.

Promover el reciclaje hoy en día se está volviendo una tarea de todos y esto conlleva a plantear el diseño y elaboración de nuevos elementos y tecnologías constructivas como una alternativa ecológica en la industria de la construcción teniendo en cuenta que debe ser apropiada si no emana grandes gastos de energía, no causa desechos ni contaminación.

Reciclar este material para construcción puede llegar a ser favorable debido a que es un producto de fácil manipulación, abundante, disponible, de larga duración y sobre todo de bajo costo; como lo indican en este proyecto se puede utilizar en combinado con diferentes materiales utilizados en la construcción.

### **1.1.3 A nivel Internacional.**

Los suelos de mala calidad mayormente se presentan en las superficies de rodadura que han venido siendo utilizados como tierra de sembrío por lo cual se debe hacer una mejora. “En la región de Chuquisaca las carreteras secundarias o agrícolas representan el 70,32% de la red vial” (ANUARIO, 1996).

Los problemas que genera el estiaje, es la inestabilidad de los suelos, en consecuencia, el difícil tránsito y en mayor rango en épocas de lluvias que son desde el mes de octubre a marzo, es casi imposible la circulación vial. (Toro, (2007).), pág. 6.

Cuando hay accidentes o cualquier problema de salud de los pobladores es difícil utilizar movilidad vehicular por el mal estado de las carreteras existentes en estas zonas. ( (Toro, (2007).)pág. 6).

Es de gran riesgo que los pobladores transiten por estas carreteras en mal estado tanto la superficie de rodadura como el mal diseño geométrico. ( (Toro, (2007).), pág. 6).

Por estas razones en el caso de carreteras y en el caso de edificaciones para zonas en que la napa freática es muy alta se propone con este proyecto la utilización de polietileno de alta densidad con el fin de mejorar la característica física de los suelos que es la permeabilidad.

( (Liliana, 2012), considera que “Además de la mala calidad de los suelos, existe otra gran problemática que viene a ser el exceso de los residuos de PET a nivel mundial, se han creado soluciones perspicaces para la reutilización y reciclaje de estos productos”.

Existe una gran diversidad de soluciones que son prácticas relacionadas al ámbito de la construcción entre ella según esta tesis se encuentra las soluciones con geosintéticos las culés se están convirtiendo en una de la principales alternativas a ser utilizadas en obra de diferentes sectores de la infraestructura; entre ellas tenemos drenajes, obras geotécnicas, mejoramiento de suelos y terraplenes, refuerzo de taludes, este uso de gran envergadura genera la necesidad de aprender y practicar con el uso de este material.

(Nigli, 2015) A veces, un ingeniero de cimientos se enfrenta a muchos problemas cuando existe una baja capacidad de carga del suelo en el sitio. Para aumentar la resistencia del suelo, se utilizan técnicas de mejoramiento del suelo como estabilización, precarga, compactación, vibración flotante y lechada, etc. La inclusión del refuerzo en el suelo a un nivel particular también es parte de esta técnica. Se utilizan muchos tipos de refuerzos, como la hoja o tira o malla G1, la cuerda de bonote, el yute, las hojas de piña y los geosintéticos. Una gran variedad de telas sintéticas de petrobases, telas de fibra de vidrio y telas naturales se prueban en varios proyectos.

(Shafiqu, 2017) Para todas las estructuras de ingeniería construidas en suelos arcillosos, estos suelos crean hinchazón cuando se exponen al agua y se encogen una vez que se exprime el agua.



Estos cambios volumétricos causan fallas considerables a la fundación y daños a la infraestructura civil; Estos tipos de estructuras que están dañadas son cimientos, muros de contención, pavimentos, aeropuertos, aceras, lechos de canales y revestimientos.

### **Antecedentes de estudio.**

#### **1.1.4 A nivel Local.**

(Alarcon Alarcon Jose Stalin, 2017), Universidad Señor de Sipán, Perú, 2017, Influencia de la inclusión de PVC reciclado sobre el CBR de un material granular tipo subbase de las canteras de Lambayeque, esta tesis se realizó para obtener el grado de ingeniero civil) Comparar en qué porcentaje varía el CBR del material extraído en las canteras La Victoria, Tres Tomas y Batán Grande, sin adiciones en relación con el material elaborado con PVC reciclado como material fino que pasa el tamiz N°04, en porcentajes de 1%, 3% y 5% de su peso. El ensayo del CBR se realizó según las normas N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883.

Se determinó que el mejor material de las canteras de Lambayeque es el de Batán Grande el cual tiene el C.B.R. máximo de 98.49% con la inclusión de 5% de PVC reciclado como material fino.

Se determinó que con la inclusión de PVC reciclado al material arcilloso arenoso de la cantera Tres Tomas reduce su hinchamiento proporcionalmente al porcentaje de PVC reciclado que se añada del análisis de costos Unitarios, se concluye que las muestras con adicionado PCV reciclado, aumenta el costo progresivamente.

#### **1.1.5 A nivel Nacional.**

(Hinojosa, 2014) , (Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica), afirma que utilizando el polímero reciclado como agente estabilizador se llega a la conclusión que pueden ser utilizados en subrasantes de tal manera que se logra mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, recomendándose la cantidad de 1.5% con respecto al peso seco del suelo y de forma geometría rectangular con dimensiones entre 5 y 10 mm. La capacidad portante en términos de CBR para un suelo de baja capacidad portante con presencia de polímeros reciclados PET incrementa porcentualmente en promedio en 26% y la expansión disminuye en promedio en 1.5%.

De eso se puede rescatar que la ausencia de gravas en el suelo estudiado genera que tenga baja resistencia al corte y al adicionarle el polímero que un elemento más resistente hace que se eleve la fricción y por ende se vuelva más resistente al corte.

(Garro, 2017), Universidad Nacional De Cajamarca, Cajamarca, 2017 “Ladrillos De Concreto Con Plástico Pet Reciclado”, La investigación se realizó en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “M. en I. Carlos Esparza Diaz”, Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca. Los agregados utilizados para el desarrollo de la investigación, se obtuvieron de la cantera “Roca Fuerte”, ubicado a 6 Km al este de la ciudad de Cajamarca, en la orilla del río Chonta, en el distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca. Geográficamente se ubica en las coordenadas 7° 09' 43.80'' sur y 78° 28' 04.10'' oeste. La granulometría se determinó por separación, siguiendo el método de la norma NTP 400.012:2013. En la norma NTP 400.022:2013 se establece el procedimiento de ensayo para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado fino. En la norma NTP 400.021:2013 se establece el método de ensayo para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso. Las dimensiones adoptadas para el diseño del ladrillo son las más usadas en el mercado actual: 22x13x9cm, largo, ancho y altura respectivamente; aptas para edificaciones con asientos de cabeza y de soga. La resistencia  $f'_{b} = 130\text{Kg/cm}^2$ , mínima para un ladrillo Tipo IV, es elegida para proveer de alta durabilidad a la unidad de albañilería, pues se pretende competir con ladrillos de alta durabilidad ofertados por el mercado nacional.

Se hizo un estudio del comportamiento de los ladrillos de concreto vibrados elaborado en 5 dosificaciones en volumen. Para la dosificación del agua se partió de una relación a/c de 0.4, para luego ir agregando más agua hasta obtener una superficie húmeda para facilitar el proceso de desmolde; no siempre con la misma cantidad de agua se obtiene la misma textura. Las mezclas elaboradas con las 5 dosificaciones fueron evaluadas y se eligió a la dosificación que se aproximó más a los requerimientos de trabajabilidad, consistencia y resistencia especificados líneas arriba.

Los ensayos a las unidades de albañilería se realizaron a la edad de 28 días y se siguieron las estipulaciones en la norma NTP 399.604:2002. Con esto se logró clasificar los tipos de ladrillos.

Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) en lo que respecta a el peso unitario volumétrico disminuye un máximo de 14% comparado con el ladrillo patrón (0% PET), debido a que el peso específico de los agregados reemplazados es mayor al peso específico del PET reemplazante.

Mediante este proyecto se recomienda que en investigaciones especializadas se determine las propiedades térmicas y acústicas de la albañilería de unidades con PET reciclado y que en investigaciones futuras se experimente el efecto de la vibración en la resistencia del concreto, evaluando diferentes tiempos, frecuencias y amplitudes de movimiento.

#### **1.1.6 A nivel Internacional.**

(Ernesto, 2005), Universidad De San Carlos De Guatemala-Guatemala, 2005, Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del polietileno de alta densidad (PEAD), “Las propiedades físico – químicas del Polietileno de alta densidad son de las mejores entre los plásticos debido a su estructura molecular ya que es una molécula apolar, lineal, químicamente estable y relativamente cristalino”.

Según la investigación, “los procesos más utilizados para la transformación del Polietileno de alta densidad son la Extrusión e Inyección; seguidos del Soplado, Rotomoldeo, Termoformado y Compresión, que se utilizan para fines más específicos”.

(Liliana, 2012), Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, México, “estudio del uso del polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga”, en esta investigación se analizó el comportamiento mecánico de dicho material bajo esfuerzos de compresión estático. Dicho análisis se llevó a cabo en un laboratorio y mediante pruebas se logró determinar que el polietileno tereftalato es un material necesario para ser un factor importante en la restitución de componentes del suelo para su mejora.

(López-Lara, 2010); Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro; México, 2010, polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas, “se aplica en la estabilización de cambios volumétricos de suelos expansivos. Se consideraron muestras remoldeadas de suelo natural y suelo tratado con polímero; en ambas muestras se determinaron propiedades índices, compactación, resistencia al esfuerzo cortante, expansión y consolidación; pruebas que determinaron si es factible la utilización de dicho polímero”.

En esta investigación el resultado más relevante es sobre la expansión. Pues se observa que la mezclas suelo-polímero reducen la expansión en, aproximadamente, el 40%, respecto a la del suelo natural.

( (Nigli, 2015), “Capacidad de carga de arena reforzada con polietileno de alta densidad mediante prueba de carga de placa”, 2015 El presente estudio se realizó reforzando la arena costera con capas de polietileno de alta densidad tejido en forma de láminas y tiras. Está disponible en gran cantidad en forma de bolsas de cemento vacías y se encontró que era un material de desecho comercialmente disponible en la industria de la construcción, más barato y duradero entre los polímeros.

Para mayor comodidad al analizar los datos de varios parámetros de prueba, se definió un término conocido como relación de capacidad de carga.  $BCR = q_u / q_o$ ,  $q_u$  - capacidad de carga de arena reforzada.  $q_o$  - capacidad de carga de arena no reforzada. En este trabajo,  $q_u$  y  $q_o$  se definen en asentamientos de la placa de 5 mm y 10 mm. La relación de capacidad de carga en el asentamiento de la placa de 10 mm se utiliza para el análisis. La proporción de bcr de 5 mm de liquidación también se considera para ciertos casos para un estudio comparativo.

La capacidad de carga aumenta cuando la profundidad de la colocación de la capa más superior de refuerzo es igual a la mitad del tamaño de la placa y el efecto es muy pequeño más allá de esta profundidad significativa.

El aumento en la densidad compactada y el número de capas da como resultado un aumento considerable en la capacidad de soporte cuando el refuerzo se coloca a una profundidad significativa.

El refuerzo de lámina recubierto con arena por adhesivo sintético no tiene un efecto significativo en la mejora de la capacidad de carga de la arena fina

El presente estudio se realizó sobre arena fina costera. Por lo tanto, estudios adicionales son posibles en el caso de diferentes arenas, arcillas o suelos lateríticos.

En esta investigación se observó en el presente estudio que la restricción y la fricción efectivas no se movilizaban mediante láminas de HDPE. La mejora de estas hojas mediante la incorporación del trabajo de marco rígido y la máxima rugosidad es posible. Otros estudios pueden ser muy fructíferos.

( (Shafiqu, 2017), Facultad de Ingeniería Civil de Al-Nahrain, 2017, Iraq, ampliación del mejoramiento del suelo de clayey usando polímero de alta densidad de polietileno, artículo científico) Existen muchos métodos para estabilizar el suelo para obtener las especificaciones de ingeniería requeridas. Estos métodos van desde la estabilización mecánica a la química. En este estudio, un método químico para tratar la hinchazón de un suelo arcilloso expansivo preparado se presenta utilizando material polimérico de polietileno de alta densidad (PEHD). El programa experimental completo se lleva a cabo para estudiar el efecto de agregar polietileno (PEHD) con diferentes porcentajes en peso en la distribución del tamaño de grano, límites de consistencia, gravedad específica, características de compactación, resistencia a la compresión no limitada con curado, hinchazón y presión de hinchamiento, consolidación y Valores de relación de rodamientos de California.

Las pruebas de clasificación, el límite de Atterberg, la prueba de compactación, la prueba química en la Compañía General de Estudios Geológicos y Minería, la prueba de compresión no confinada, la prueba de consolidación y la prueba de relación de rodamiento de California (CBR) se realizan en suelos expansivos y en suelos estabilizados. Las propiedades físicas y químicas se realizaron en suelos arcillosos expansivos naturales.

Se puede observar que los valores límite de líquido (LL) disminuyeron debido a la adición de PEHD y el valor más bajo se produce en el porcentaje del 6%, después de que este porcentaje comience a aumentar ligeramente, esto puede atribuirse a la actividad del polímero de polietileno que puede volverse más activo en este porcentaje de PEHD y, a partir de los resultados, se ha indicado que el índice de plasticidad (PI) disminuyó con el aumento del contenido de PEHD, mientras que el límite de plástico (PL) aumenta con la cantidad creciente de polímero PEHD.

Se puede observar en esta investigación que la adición de polímero PEHD disminuye el límite de líquido (LL) y el índice de plasticidad (PI), mientras que el límite plástico (PL) aumenta al aumentar la cantidad de polímero PEHD. El aumento máximo del límite plástico y la disminución máxima del índice de plasticidad con la adición de PEHD de hasta un 12% se encuentra en alrededor de 47.4% y 28.6% respectivamente. La adición de 12% de polímero de PEHD reduce ligeramente la unidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo de 1.49 g / cm<sup>3</sup> a 1.4 gm / cm<sup>3</sup> y de 27.7% a 25% respectivamente en el mismo esfuerzo de compactación.

## **Teorías relacionadas al tema.**

### **1.1.7 Variable independiente**

#### **1.1.7.1 polietileno de alta densidad**

(Ernesto, 2005), afirma que “Las propiedades físico – químicas del Polietileno de alta densidad son de las mejores entre los plásticos debido a su estructura molecular ya que es una molécula apolar, lineal, químicamente estable y relativamente cristalino”.

Este material se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas utilizando catalizadores Ziegler-Natta o Proceso Phillips.

Es un polímero con densidad comprendida entre 0.941 – 0.954 gr/cm<sup>3</sup> es incoloro, inodoro, no toxico y resistente tanto a esfuerzos como a agentes químicos.

#### **1.1.7.2 Estructura del polietileno**

Químicamente está compuesto por (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-) n. Esta molécula está compuesta en su unidad estructural por dos átomos de carbono y 4 átomos de hidrógeno unidos todos por enlaces de tipo covalente. La fuerza de los enlaces C-C y C-H es 347 y 414 Kj/mol respectivamente. Se puede repetir indefinida mente la unida unidad básica obteniendo como resultado el polietileno.

### **1.1.8 Variable dependiente**

Resistencia al corte y disminución de la permeabilidad

#### **1.1.8.1 Resistencia al corte**

Es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. Determina factores como la estabilidad de un talud la capacidad de carga admisible para una cimentación y el empuje de un suelo contra un muro de contención.

Los suelos al fallar al corte se comportan de acuerdo a las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación generalizada de Coulomb que se muestra a continuación:

$$\tau = C + (\sigma - \mu) \text{ Tan } \Phi \text{ (Para suelos saturados)}$$

$$\tau = C + (\sigma - \mu) \text{ Tan } \Phi + (\mu - \mu_a) \text{ Tan } \Phi \text{ (para suelos parcialmente saturados)}$$

Donde:

$$\tau = \text{Esfuerzo de resistencia al corte}$$

C = Cohesión efectiva

$\sigma$  = Esfuerzo normal total

$\mu$  = Presión del agua intersticial o de poros

$\mu_a$  = Presión del aire intersticial

$\Phi$  = Ángulo de fricción interna del material

El análisis de la ecuación de Coulomb requiere predefinir los parámetros, ángulo de fricción y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo. La presencia del agua reduce el valor de la resistencia del suelo dependiendo de las presiones internas o de poros de acuerdo a la ecuación de Coulomb, en la cual el factor  $\mu$  está restando al valor de la presión normal. La presión resultante se le conoce con el nombre de presión efectiva  $\sigma'$ .

$$\sigma' \text{ (Presión efectiva)} = \sigma - \mu$$

### 1.1.8.2 Ángulo de fricción interna

El ángulo de fricción Interna es la representación matemática del coeficiente de rozamiento en el plano de falla, el cual es un concepto básico de la física:

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \text{Tan } \Phi$$

El ángulo de fricción depende de varios factores entre ellos algunos de los más importantes son:

Tamaño de los granos

Forma de los granos

Distribución de los tamaños de granos

Densidad

### 1.1.8.3 Ensayo de corte directo

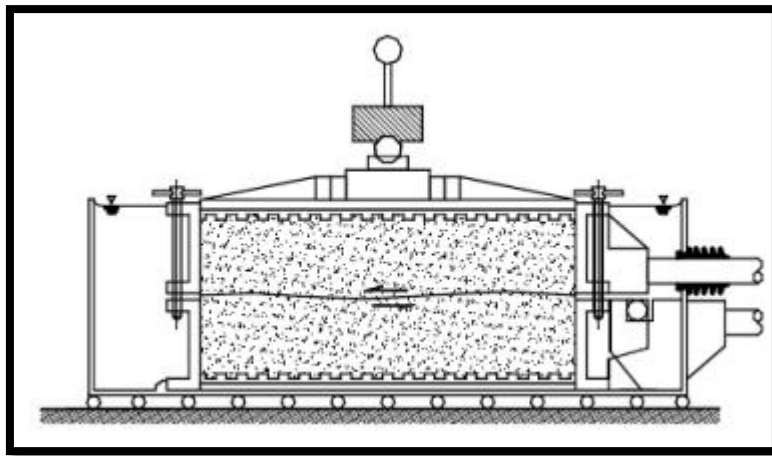
Este método describe y regula el método de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo, sometida previamente a un proceso de consolidación, cuando se le aplica un esfuerzo de cizalladura o corte directo mientras se permite un drenaje completo de ella.

El ensayo se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca de un plano de cizalladura determinado por la configuración del aparato de corte. Generalmente se ensayan tres o más especímenes, cada uno bajo una carga normal diferente para determinar su efecto sobre la resistencia al corte y al desplazamiento y las propiedades de resistencia a partir de las envolventes de resistencia de Mohr. Las condiciones del ensayo, incluyendo los esfuerzos

normales y la humedad, son seleccionadas para representar las condiciones de campo que se investigan.

Este ensayo consiste en colocar el espécimen del ensayo en una caja de corte directo compuesta por dos anillos (Figura N°2), uno superior y otro inferior, los cuales se desplazan horizontalmente uno con respecto al otro al aplicarse una fuerza de cortante, al aplicar un esfuerzo normal determinado, humedecer o drenar el espécimen de ensayo, o ambas cosas, consolidar el espécimen bajo el esfuerzo normal, soltar los marcos que contienen la muestra y desplazar un marco horizontalmente respecto al otro a una velocidad constante de deformación y medir la fuerza de cizalladura y los desplazamientos horizontales a medida que la muestra es cizallada.

Las muestras no pueden saturarse completamente pero un grado de saturación relativamente alto se puede obtener sumergiendo la muestra en agua por un periodo largo de tiempo, antes del ensayo. Sin embargo, debe tenerse mucho cuidado con los efectos de saturación sobre algunos materiales, especialmente los suelos expansivos.



*Figura N° 2: Aparato de corte directo*

*Fuente: Manual de Ensayos de Suelos*

El Aparato de corte directo (Figura N°2) es un instrumento diseñado y construido para contener de manera segura la muestra entre dos bloques porosos de tal modo que no se aplique un torque a la muestra. El aparato de corte debe estar en condiciones de aplicar un esfuerzo normal a las caras del espécimen, medir el cambio de espesor del espécimen, permitir el drenaje del agua a través de

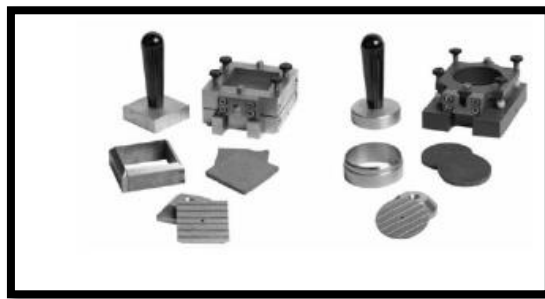


los bloques porosos en las fronteras superior e inferior de la muestra y de sumergir la muestra en agua. El aparato debe ser capaz de aplicar una fuerza de cizalladura al espécimen a lo largo de un plano de cizalladura predeterminado (corte simple) paralelo a las caras de la muestra. Los marcos que contienen el espécimen deben ser lo suficientemente rígidos para prevenir su distorsión durante el ensayo.

Las diferentes partes del aparato de corte, deben ser construidas de un material que no esté sujeto a la corrosión por humedad o por sustancias que se encuentren en el suelo, por ejemplo, acero inoxidable, bronce, aluminio, etc. No se permite la combinación de metales que puedan dar lugar a un efecto galvánico.

#### *Características de la muestra*

La muestra a ensayar debe ser suficiente para preparar tres especímenes de similares medidas, el diámetro mínimo del espécimen para las muestras circulares o el ancho para los especímenes cuadrados debe ser 50 mm, o no menos que 10 veces el diámetro máximo de partícula, lo que sea mayor, y de acuerdo con la relación ancho a espesor, el diámetro de la muestra (ancho) debe ser al menos dos veces el espesor. El espesor mínimo inicial del espécimen debe ser 12 mm, pero no menor que seis (6) veces el tamaño máximo de partícula, el material debe ser preparado a temperatura y humedad controlada para evitar la ganancia o pérdida de humedad. Estas muestras deben ser inalteradas para ello debe tenerse mucho cuidado al manipular para conservar el estado natural del suelo.



*Figura N° 3: Cajas para muestras y accesorios del modelo cuadrado y redondo*

*Fuente: Manual de Ensayos de Suelos*

### 1.1.9 Permeabilidad

Es la capacidad que tiene en este caso un suelo de permitir el ser atravesado, pero sin alterar su estructura interna, para que sea permeable flujo que lo atravesase debe ser considerable de no ser el caso será considerado un suelo no permeable o impermeable.

#### 1.1.9.1 Permeabilidad o conductividad hidráulica

Esta caracteriza de un suelo depende de múltiples factores como, por ejemplo; el grado de saturación del suelo, la conductividad hidráulica, el de los poros, la relación de vacíos la rugosidad de las partículas, el tamaño mismo de las partículas, etc. Podemos apreciar algunos valores típicos para suelos saturados en la tabla N°4

$$k = \frac{\gamma_w}{\eta} \bar{K}$$

Tipo de suelo	k (cm/s)
Grava limpia	100-1
Arena gruesa	1.0-0.01
Arena fina	0.01-0.001
Arcilla limosa	0.001-0.00001
Arcilla	<0.000001

Figura N° 4: Valores típicos de conductividad hidráulica

Fuente: Manual de Ensayos de Suelos

Donde

$\gamma_w$  = peso unitario del agua

$\eta$  = coeficiente de viscosidad del fluido

$\bar{K}$  = permeabilidad absoluta

La permeabilidad absoluta,  $\bar{K}$ , se expresa en unidades de longitud al cuadrado (es decir, cm<sup>2</sup>).

*Determinación de la permeabilidad en laboratorio*

Para determinar la conductividad hidráulica del suelo se utilizan dos pruebas de laboratorio estándar:

La prueba de carga constante y la prueba de caída de carga. La prueba de carga constante se utiliza principalmente para suelos de grano grueso. Sin embargo, para suelos de grano fino las

velocidades de flujo a través del suelo son demasiado pequeñas y, por lo tanto, se prefieren las pruebas de caída de carga. A continuación, se da una breve descripción de cada una.

### 1.1.9.2 Prueba de carga constante

En la figura N°5 se puede visualizar de manera gráfica la prueba de permeabilidad de carga constante. En este tipo de configuración de laboratorio, el suministro de agua a la entrada se ajusta de tal manera que la diferencia de la carga entre la entrada y la salida se mantiene constante durante el periodo de prueba; El volumen total de agua recolectada,  $Q$ , se puede expresar como:

$$Q = Avt = A(ki)t$$

Donde

$A$  = área de la sección transversal de la muestra de suelo

$t$  = duración de la recolección de agua

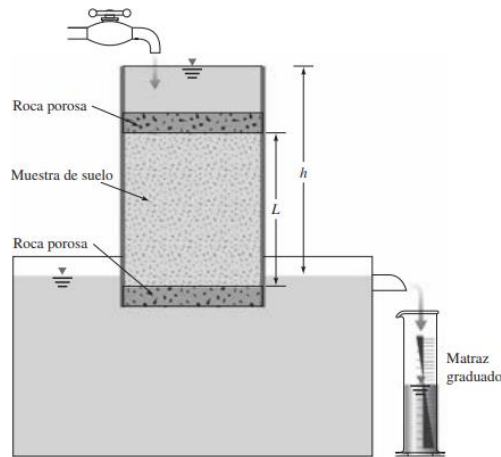


Figura N° 5: Prueba de permeabilidad de carga constante

Fuente: Manual de Ensayos de Suelos

También, como

$$i = \frac{h}{L} \quad (6.15)$$

Donde  $L$  = longitud de la muestra, la ecuación (6.15) puede ser sustituida en la ecuación (6.14) para obtener

$$Q = A \left( k \frac{h}{L} \right) t \quad (6.16)$$

$$k = \frac{QL}{Aht}$$

### 1.1.9.3 Prueba de carga variable

En la figura N°6 se aprecia una disposición típica de la prueba de permeabilidad de caída de carga o también llamado carga variable. El agua de un tubo vertical fluye a través del suelo. Se registra la diferencia inicial de carga,  $h_1$ , en el tiempo  $t = 0$ , y se permite que el agua fluya a través de la muestra de suelo de tal manera que la diferencia final de carga en el tiempo  $t = t_2$  es  $h_2$

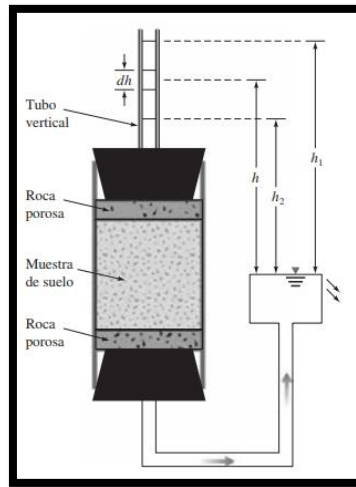


Figura N°.6: Prueba de permeabilidad de caída de carga

Fuente: Manual de Ensayos de Suelos

La tasa de flujo del agua  $q$ , a través de la muestra en cualquier tiempo  $t$ , puede obtenerse mediante

$$q = A \left( k \frac{h}{L} \right) = -a \frac{dh}{dt} \quad (6.18)$$

Donde

$a$  = área de sección transversal del tubo vertical

$A$  = área de sección transversal de la muestra de suelo

Reordenando la ecuación (6.18) se obtiene

$$dt = \frac{aL}{Ak} \left( -\frac{dh}{h} \right) \quad (6.19)$$

La integración del lado izquierdo de la ecuación (6.19) con límites de tiempo de 0 a t y el lado derecho con límites de diferencia de carga de h1 a h2 se obtiene de

$$t = \frac{aL}{Ak} \log \frac{h_1}{h_2}$$

$$k = 2.303 \frac{aL}{At} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \quad (6.20)$$

Tabla 1: *Variables*

<b>Variables independientes</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Variable dependiente</b>
Porcentajes de Polietileno de alta densidad	Propiedad química	Resistencia al corte y disminución de la permeabilidad.

*Fuente:* Elaboración Propia

## 1.1.10 Normativas

### 1.1.10.1 Técnica

Análisis Granulométrico NTP 339.128 (ASTM D422)

Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (ASTM D4318)

Corte Directo NTP 339.171 (ASTM D3080)

Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) NTP 339.134 (ASTM D2487)

Pozos o Calicatas NTP 339.162 (ASTM D 420).

### 1.1.10.2 Ambiental

Ley general del ambiente ley N° 28611 publicada el 15 de octubre del 2005

### 1.1.10.3 Seguridad y salud ocupacional

NTE. G.050 seguridad durante la construcción

#### **1.1.10.4 Legal**

Reglamento nacional de edificaciones (RNE).

#### **1.1.11 Mantenimiento**

GE.040 Uso Y Mantenimiento

GE. 030 calidad En La Construcción

##### **1.1.11.1 Gestión ambiental**

Hay muchas personas que hacen críticas a este material, por una parte, tenemos la vertiente ecologista, que especifica que el polietileno es muy contaminante para el medio ambiente y sus ecosistemas; y por otro lado tenemos a los que defienden los derivados de este producto especifican que se puede acumular y reciclar. (Martínez, 2008, pág. 6).

Nos permite contribuir con el cuidado del medio ambiente ya que con estos estudios se puede reutilizar los materiales plásticos y con ello se es partícipe en la reducción de la contaminación del medio ambiente, ya que se contribuye con el reciclaje de plásticos que han cumplido su vida útil y su uso (botellas plásticas, juguetes, tubos de PVC, etc.).

#### **1.1.12 Seguridad y salud ocupacional**

El área de trabajo de cumplir con la implementación necesaria para garantizar la seguridad de los trabajadores.

La señalización de las vías de acceso y evacuación debes estar correctamente ubicadas y con visibilidad clara. Así mismo el personal debe estar informado sobre la seguridad en el lugar de trabajo.

En obra debe contarse con todos los implementos de seguridad para trabajadores y visitantes en el caso que los hubiera para salvaguardar el bienestar de las personas, esto será reglamentad por el personal responsable de la seguridad de la obra.

#### **1.1.13 Gestión de mantenimiento**

En el ámbito de la construcción es muy importante contar con la documentación que garantice el cumplimiento de las normas de calidad establecidas, y asegurar el control de ensayos y pruebas que deben ser realizadas de manera paralela a los procesos constructivos.

El uso que se dé a una edificación implica el cumplimiento de las normas expedidas por los órganos competentes sobre la materia, lo cual debe estar expresado en el proyecto de edificación de obra nueva o de adecuación de la edificación existente y consecuentemente en la Licencia de Obra y, en su caso, en la Licencia de funcionamiento.

Es obligatorio cumplir con las normas técnicas establecidas en el presente Reglamento Nacional de Edificaciones. En cuanto a las normas internacionales no es necesario a menos que hayan sido expresamente homologadas en el Perú.

#### **1.1.14 Estimación de costos**

En este caso los costos se estiman de acuerdo a la información recolectada, se incluyen la identificación del área a construir, y se consideran diversas alternativas que sea necesarias para llevar a cabo el diseño del proyecto.

Llevar a cabo una aproximación de los recursos monetarios para culminar un proyecto, estos precios se van conociendo con exactitud, de manera paralela a los trabajos que se vayan realizando.

#### **1.1.15 Estado del arte**

El polietileno de alta densidad tiene muchos usos, con forme va avanzando la tecnología, se van implementando nuevos usos de este material, por su resistencia se cuenta trabajos conocidos como tuberías y ductos de gran duración, también se está utilizando en el ámbito de la construcción para mejorar las características de los suelos, como es el caso de esta tesis, también se conoce otros trabajos como ladrillos con PET. Este material ofrece muchas ventajas sobre los sistemas convencionales, entre su resistencia se encuentra también el que es un material muy económico.

Presenta un mínimo de pérdidas de cargas por fricción, la corrosión no sería un problema para este material ya que es resistente a ella.

Es un material muy fácil de transportar y de conseguir cuenta con una vida útil muy larga, es de bajo costo y de fácil instalación, es además muy resistente a los químicos a las bacterias presentes en el medio ambiente, y sobre todo y es un producto reciclable lo que lo hace más económico.

### **1.1.16 Definición de términos**

#### **1.1.16.1 Polietileno**

Es un polímero sintético termoplástico, obtenido de la polimerización del etileno, es parcialmente cristalino, amorfo, de color blanquecino y translucido.

#### **1.1.16.2 Esfuerzo y resistencia al corte**

Es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. Determina factores como la estabilidad de un talud la capacidad de carga admisible para una cimentación y el empuje de un suelo contra un muro de contención.

#### **1.1.16.3 Permeabilidad**

La permeabilidad es la capacidad que tiene una materia de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que una materia es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es despreciable

#### **1.1.16.4 Cohesión**

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo de grano fino. La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la adherencia. En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0, y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos.

#### **1.1.16.5 Esfuerzo efectivo**

Una masa de suelo saturada consiste de dos fases distintas: El esqueleto de partículas y los poros entre partículas llenos de agua. Cualquier esfuerzo impuesto sobre el suelo es soportado por el esqueleto de partículas y la presión en el agua. Típicamente, el esqueleto puede transmitir esfuerzos normales y de corte por los puntos de contacto entre partículas y el agua; a su vez puede ejercer una presión hidrostática, la cual es igual en todas las direcciones. Los esfuerzos ejercidos por el esqueleto solamente, se conocen como esfuerzos efectivos, y a los esfuerzos hidrostáticos del agua,



se les denomina presión de poros. Los esfuerzos efectivos son los que controlan el comportamiento del suelo y no los esfuerzos totales. En problemas prácticos, el análisis con esfuerzos totales podría utilizarse en problemas de estabilidad a corto plazo, y las presiones efectivas para analizar la estabilidad a largo plazo. Desde el punto de vista de la relación esfuerzo – deformación, en la mecánica de suelos se deben tener en cuenta dos tipos de resistencia: Resistencia máxima y resistencia residual.

#### **1.1.16.6 Resistencia máxima**

Es la resistencia a la corte máxima que soporta el material que no ha sido fallado previamente, la cual corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo-deformación.

La utilización de la resistencia máxima en el análisis de estabilidad, asume que la resistencia máxima se obtiene simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla. Sin embargo, algunos puntos en la superficie de falla han alcanzado deformaciones mayores que otros en un fenómeno de falla progresiva, y asumir que la resistencia máxima actúa simultáneamente en toda la superficie de falla produce errores en el análisis.

#### **1.1.16.7 Resistencia residual**

Es la resistencia al corte remanente que posee el material después de haber ocurrido la falla. La diferencia entre la resistencia máxima y residual es la sensibilidad, la cual está relacionada con la pérdida de resistencia por el remoldeo o la reorientación de las partículas de arcilla. En arenas, gravas y limos no plásticos que se denominan como suelos granulares, la cohesión es muy baja y puede en muchos casos considerarse de valor cero y el ángulo de fricción depende de la angulosidad y tamaño de las partículas, su constitución, mineralogía y densidad.

#### **1.1.16.8 Círculo De Mohr**

En un análisis en dos dimensiones, los esfuerzos en un punto pueden ser representados por un elemento infinitamente pequeño sometido a los esfuerzos  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ , y  $\tau_{xy}$ . Si estos esfuerzos se dibujan en unas coordenadas  $\tau - \sigma$ , se puede trazar el círculo de Esfuerzos de Mohr. En este círculo se definen los valores de  $\sigma$  máximo ( $\sigma_1$ ) y  $\sigma$  mínimo ( $\sigma_3$ ), conocidos como Esfuerzos principales. Para interpretar correctamente el fenómeno de falla al cortante, debe tenerse en cuenta cuál es la

dirección de los esfuerzos principales en cada sitio de la superficie de falla. El esfuerzo  $\sigma_1$  es vertical en la parte superior de la falla y horizontal en la parte inferior.

#### **1.1.16.9** Envolvente de falla

El círculo de Mohr se utiliza para representar o describir la resistencia al cortante de los suelos, utilizando la envolvente de falla Mohr–Coulomb, lo cual equivale a que una combinación crítica de esfuerzos se ha alcanzado. Los esfuerzos por encima de la envolvente de falla no pueden existir.

#### **1.1.16.10** Ensayo de corte directo

El ensayo se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca de un plano de cizalladura determinado por la configuración del aparato de corte. Generalmente se ensayan tres o más especímenes, cada uno bajo una carga normal diferente para determinar su efecto sobre la resistencia al corte y al desplazamiento y las propiedades de resistencia a partir de las envolventes de resistencia de Mohr. Las condiciones del ensayo, incluyendo los esfuerzos normales y la humedad, son seleccionadas para representar las condiciones de campo que se investigan.

#### **1.1.16.11** Aparato de corte directo

El Aparato de corte directo (Figura 6) es un instrumento diseñado y construido para contener de manera segura la muestra entre dos bloques porosos de tal modo que no se aplique un torque a la muestra. El aparato de corte debe estar en condiciones de aplicar un esfuerzo normal a las caras del espécimen, medir el cambio de espesor del espécimen, permitir el drenaje del agua a través de los bloques porosos en las fronteras superior e inferior de la muestra y de sumergir la muestra en agua.

#### **1.1.16.12** Características de la muestra

La muestra utilizada en la preparación del espécimen debe ser suficientemente grande de manera que puedan ser preparadas por lo menos un mínimo de tres especímenes similares. Prepare los especímenes en un ambiente de temperatura y humedad controlada para minimizar la ganancia o pérdida de humedad. Debe tenerse mucho cuidado al preparar los especímenes inalterados de suelos sensitivos para prevenir la alteración de la estructura natural del suelo. Determine la masa

inicial de la muestra húmeda que se utilizara para calcular el contenido inicial de agua y el peso unitario del espécimen.

### **1.1.17 Ciencias aportantes a la investigación**

**Física:** Ciencia que estudia las propiedades de la materia y de la energía y establece las leyes que explican los fenómenos naturales, excluyendo los que modifican la estructura molecular de los cuerpos

**Química:** Ciencia que estudia la composición y las propiedades de la materia y de las transformaciones que esta experimenta sin que se alteren los elementos que la forman.

**Hidráulica:** Parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos.

**Geotecnia:** Parte de la geología aplicada que estudia la composición y propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre, para el asiento de todo tipo de construcciones y obras públicas

**Ciencias ambientales:** Las Ciencias Ambientales son una disciplina científica cuyo principal objeto de conocimiento es buscar y conocer las relaciones que mantiene el ser humano consigo mismo y con la naturaleza. Implica un área de estudio multidisciplinar que abarca distintos elementos.

### **Formulación del Problema**

¿De qué manera influye la adición de polietileno de alta densidad en la resistencia al corte y la disminución de la permeabilidad en la Urb. de los sauces etapa II Pimentel?

### **Justificación e importancia de estudio**

Debido a la necesidad de mejorar el suelo en la urbanización los sauces, se plantea emplear el uso del polietileno de alta densidad para mejorar las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, de manera que tenga la capacidad óptima para resistir las cargas aplicadas por corte

Con esta investigación, se tienen beneficios significantes, los cuales mencionaremos a continuación:

#### **1.1.17.1 Aspecto tecnológico.**

Permite demostrar que el Polietileno de alta densidad es un material nuevo, que se puede usar para el mejoramiento de la resistencia al corte y disminuir la permeabilidad en cualquier tipo de suelo para fines de edificación.

### **1.1.17.2 Aspecto social**

Permite mejorar la calidad de vida de las personas, debido a que sus edificaciones tendrán mayor resistencia.

### **1.1.17.3 Aspecto económico**

Permite el tema del ahorro al momento de la ejecución de un proyecto de construcción. Ya que se podría realizar diseños de cimentación no tan robustas debido a la mejora del suelo con este tipo de polímero.

### **1.1.17.4 Aspecto ambiental.**

Contribuye con el cuidado del medio ambiente ya que con estos estudios se puede reutilizar los materiales plásticos y con ello se es partícipe en la reducción de la contaminación del medio ambiente, ya que se contribuye con el reciclaje de plásticos que han cumplido su vida útil y su uso (botellas plásticas, juguetes, tubos de PVC, etc.).

### **Hipótesis.**

Si se adiciona en proporciones adecuadas polietileno de alta densidad en el suelo de la Urbanización los Sauces II etapa - Pimentel, entonces se mejorará significativamente la resistencia al corte y se disminuirá la permeabilidad.

### **Objetivos.**

#### **1.1.18 Objetivo general**

Analizar la resistencia al corte y la disminución de la permeabilidad aplicando polietileno de alta densidad en los suelos de la urbanización los sauces II etapa -Pimentel.

#### **1.1.19 Objetivos específicos**

Realizar un plano de Ubicación de los puntos de investigación en la Urbanización Los Sauces II Etapa de Pimentel.

Extraer muestras por cada estrato para la clasificación de suelos en estudio, mediante los ensayos de granulometría y límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) en laboratorio de la universidad Señor de Sipán.

Determinar el óptimo contenido de Polietileno de alta densidad (PEAD) mediante el ensayo de Próctor.

Realizar ensayos en laboratorio de corte directo a los diferentes tipos de suelos encontrados en la zona de estudio, tanto para suelo natural como para suelo con diferentes porcentajes de Polietileno de alta densidad (PEAD), y de esa manera obtener el óptimo porcentaje de PEAD

Identificar las propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo (resistencia al corte y la permeabilidad) del material base y con inclusión del óptimo porcentaje de polietileno de alta densidad, mediante los ensayos de corte directo y de permeabilidad del suelo.

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y Diseño de investigación**

#### **2.1.1. Tipo de investigación**

Tecnológico aplicado con enfoque cuantitativo

#### **2.1.2. Diseño de investigación**

Experimental del tipo experimental ya que se realizarán ensayos de laboratorio para diferentes muestreos de suelos y así mejorar la propiedad mecánica de resistencia y la propiedad física de permeabilidad del suelo en la urbanización Los Sauces II Etapa – Pimentel.

### **2.2. Población y muestra.**

#### **2.2.1. Población**

El área en estudio consta de cuatro hectáreas, en las cuales según la norma E. 050 de Suelos y Cimentaciones, del Reglamento Nacional de Edificaciones, se deben realizar tres calicatas por hectárea, haciendo un total de doce calicatas; ubicadas en la urbanización los sauces II etapa Pimentel.

#### **2.2.2. Muestra**

Para la determinación tanto de la resistencia al corte de los suelos como de la permeabilidad, se realizaron los siguientes ensayos: Próctor modificado, corte directo y permeabilidad de permeámetro de carga variable

Para el ensayo de próctor modificado Se tomó 28 muestras para el tipo de suelo SC (Arena arcillosa), de las cuales la primera fue para el suelo base y los 6 restantes fue con la adición de

porcentajes de polietileno de alta densidad (7 muestras de 4 tandas), y 7 muestras adicionales con cada porcentaje de PEAD con su respectivo OCH. Por lo tanto, se tomó un total de 35 muestras.

Para el ensayo de corte directo se tomaron un total de 21 muestras para el tipo de suelo SC (Arena arcillosa)

Para el ensayo de permeabilidad de permeámetro de carga variable, se tomó 2 muestras, la primera con suelo base y la segunda con contenido óptimo de porcentaje de polietileno de alta densidad.

### **2.3. Variables y Operacionalización**

Variable Independiente

#### **2.3.1. Polietileno de alta densidad:**

El polietileno de alta densidad es un polímero que se caracteriza por: Mala resistencia térmica, pero buena resistencia química, muy buena resistencia al impacto, es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco; es flexible, aun a bajas temperaturas, es tenaz, es muy ligero, su densidad se encuentra en el entorno de  $0.940 - 0.970 \text{ g/cm}^3$ , No es atacado por los ácidos, se considera una resistencia máxima de  $60^\circ\text{C}$  de trabajo para los líquidos, pues a mayor temperatura la vida útil se reduce.

Variable dependiente

#### **2.3.2. Resistencia al corte y la disminución de la permeabilidad:**

Es la optimización de las propiedades tanto mecánicas como físicas del suelo mediante la inclusión de polietileno de alta densidad.

Operacionalización de variables

Tabla 2: *Operacionalización de Variable Independiente*

VARIABLES INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	SUB-INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	
Polietileno de alta densidad	Propiedad Química	Carbono	-----	%	Observación	Guía de observación	Balanza	
		Hidrogeno	-----	%				
	Propiedad Química	Resistencia	Peso					Kg
			Área					Cm2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Operacionalización de Variable dependiente

VARIABLES dependiente	Dimensiones	Indicadores	Sub-indicadores	Índices	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección de información	Instrumento de medición
Resistencia al corte y disminución de la permeabilidad	Propiedad mecánica	Resistencia al corte	Ángulo de fricción	Grados sexagesimales	Análisis documentado	Guía de observación	Balanza, equipo de corte directo, permeámetro.
			Cohesión	Kg/cm <sup>2</sup>			
	Propiedad Física	permeabilidad	Infiltración	%	Análisis documentado	Guía de análisis documentada	

Fuente: Elaboración Propia



## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos.**

La técnica de recolección de datos fue por medio de la observación directa, el cual permitió visualizar cada ensayo y registrar todos los resultados en formatos estándares de cada estudio para poder tener un orden preciso y coherente de todos los datos obtenidos.

Instrumentos de recolección de datos.

Para la siguiente investigación se utilizará los siguientes instrumentos:

Guía de observación

Se usaron los formatos otorgados por el técnico del laboratorio de la USS.

Formato de granulometría (ver anexo)

Formato de límites de Atterberg (ver anexo)

Formato de densidad de campo (ver anexo)

Formato de corte directo (ver anexo)

Formato de permeabilidad de carga variable. (ver anexo)

Formato de contenido de humedad. (ver anexo)

Guía de análisis documental

Se utilizarán las siguientes normas:

Análisis Granulométrico NTP 339.128 (ASTM D422)

Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (ASTM D4318)

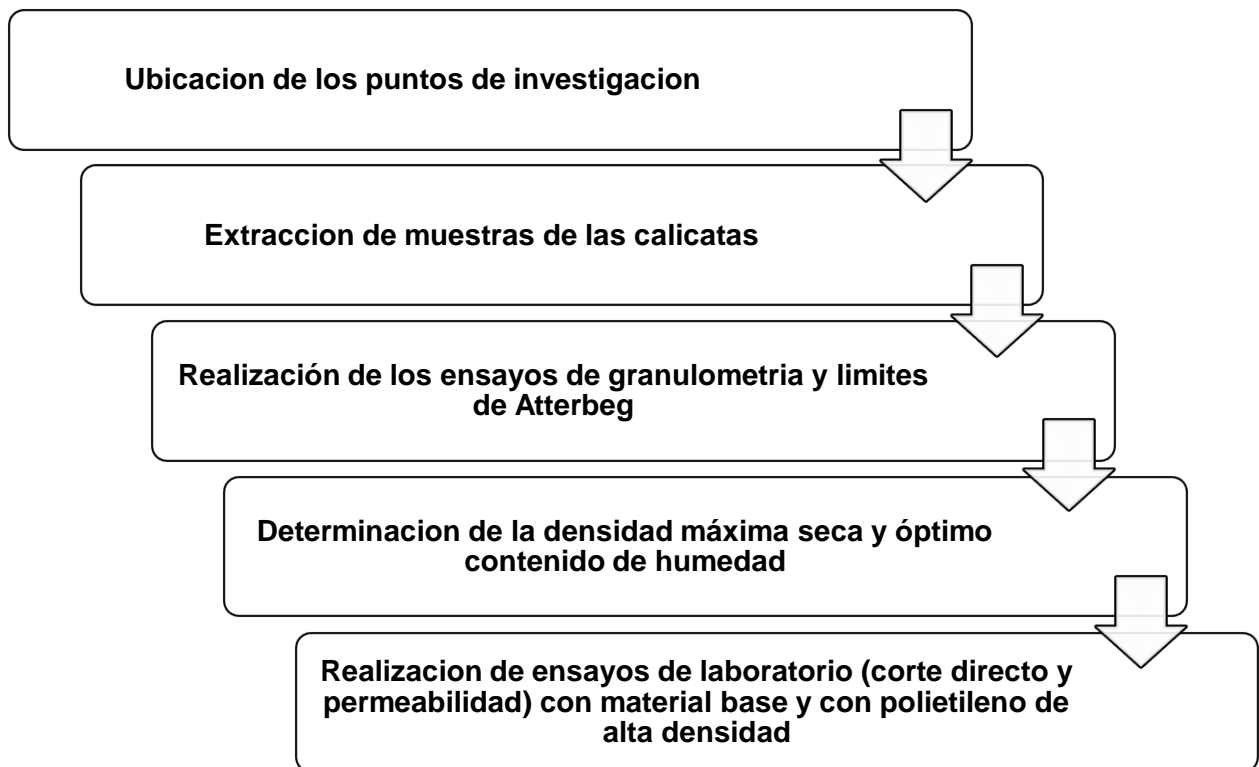
Corte Directo NTP 339.171 (ASTM D3080)

Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) NTP 339.134 (ASTM D2487)

Pozos o Calicatas NTP 339.162 (ASTM D 420).

### **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

Mediante este esquema se explica la forma de recolección de los datos para la presente investigación



*Figura N° 7: Esquema de Procedimiento de Datos*

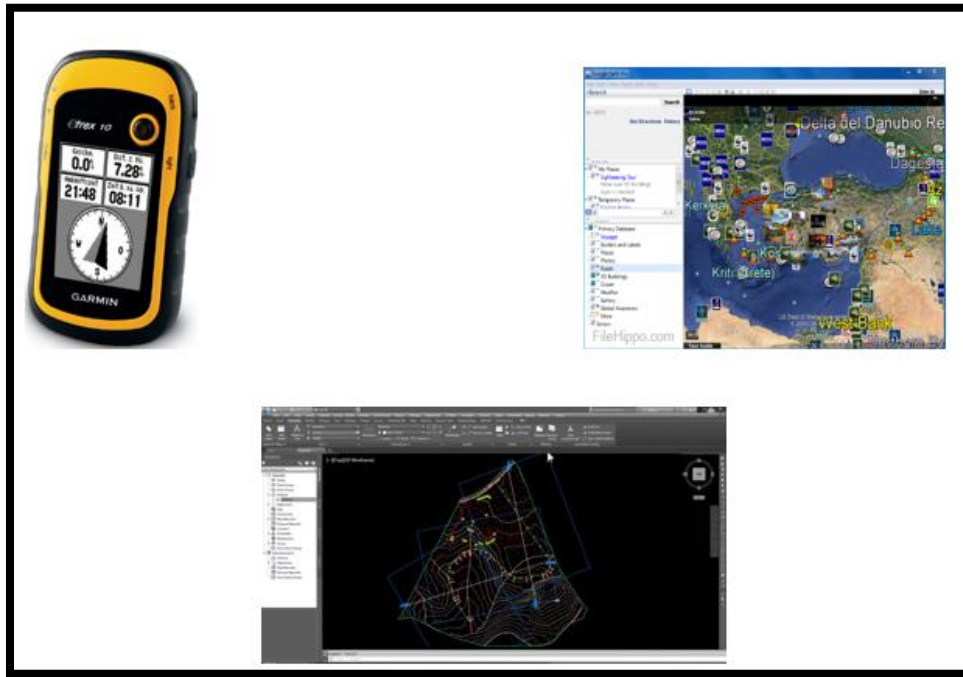
*Fuente: Elaboración Propia*

## **2.5.1. Descripción del procedimiento para la recolección de datos**

### **2.5.1.1. Ubicación de los puntos de investigación**

Materiales:

*Gps de la Universidad Señor de Sipán, google earth, y software civil 3D*



*Figura N° 8: Instrumentos de la ubicación de los puntos de investigación*

Fuente: *Elaboración Propia*

Procedimiento:

Se tomará las coordenadas de cada punto de investigación en la Urbanización Los Sauces II Etapa de Pimentel, mediante el Gps. En total serían doce puntos de investigación.

Se llevará dichas coordenadas al google earth y luego se exportará esos datos al software Civil 3D para realizar su respectivo plano de ubicación

**2.5.1.2.** Extracción de las muestras de las calicatas

Materiales:

Balde limpio, pala de borde, bolsas plásticas, cuchillo, huincha, cuaderno de registro.



*Figura N° 9: Instrumentos para la realización de los puntos de investigación*

Fuente: *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos*

Procedimiento:

Se realizará la excavación con ayuda de palana y pico a una profundidad de 2.50 m.

A medida que se va excavando se utilizará el balde para la expulsión de tierra al exterior

Se diferenciará y se tomara medida con huincha de los estratos que se encontrarán hasta esa profundidad

Se extraerá muestras por cada estrato utilizando un cuchillo

Se colocará las muestras en las bolsas plásticas para ser llevadas a laboratorio para los ensayos de granulometría, contenido de humedad y límites de Atterberg.

**2.5.1.3. Realización de los ensayos de granulometría y límites de Atterbeg**

Ensayo de granulometría:

Es la distribución de los tamaños que posee la muestra de suelo mediante el tamizado según especificaciones técnicas. Se realizará a las muestras de los estratos obtenidos en cada calicata

Materiales

Tamices estandarizados, horno, balanza, brocha, formato.



Figura N° 10: Instrumentos para el ensayo de granulometría

Fuente: Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos

### Procedimiento

Se colocará muestra al horno por un periodo de 12 a 24 horas.

Se dejará enfriar la muestra a temperatura ambiente y se pesará la cantidad requerida para realizar el ensayo. Si el suelo es arenoso se utiliza aproximadamente 300grs; Si el suelo es arcilloso se utiliza aproximadamente 150grs.

Se colocará la muestra pesada y secada en una tara, se le agregará agua y se le dejará remojar

Se vacía el contenido de la tara sobre el tamiz No. 200, con cuidado y con la ayuda de agua, lave lo mejor posible el suelo para que todos los finos pasen por el tamiz.

El material retenido en el tamiz No. 200 después de lavado, se coloca en una tara, lavando el tamiz con agua

Se seca el contenido de la tara en el horno a una temperatura de 100 – 110° C por 24 horas.

Con el material seco en el paso anterior, se coloca el juego de tamices en orden progresivo, No. 4, No. 10, No. 20, No. 40, No. 60, No. 140 y No. 200 y al final el fondo pese las fracciones retenidas en cada tamiz.

#### 2.5.1.4. Ensayo de Límites de Atterberg

##### Límite líquido (L.L)

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, que debe tener un suelo moldeado para una muestra del mismo en que se haya moldeado una ranura de dimensiones Stándard, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos se cierre sin resbalar en su apoyo

##### Materiales

Copa de Casagrande, taras, espátula, aplanador, balanza, recipiente, formato.



Figura N° 11: Instrumentos para el ensayo de Límite Líquido

Fuente: Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos

##### Procedimiento:

Se utilizará la muestra que pasa por el tamiz N°40

La copa de Casagrande debe estar ajustada a una altura de caída de 1 cm

Del material tamizado se utilizará unos 100 gramos

Se realizará una mezcla pastosa y homogénea con la muestra y se colocará en la copa de Casagrande

Luego se divide en dos con ayuda del ranurador

Se procede a dar número de golpes hasta que la abertura del suelo se cierre; aproximados a 25 golpes

Se tomó unos 10 grs y se determina el porcentaje de humedad correspondiente a cada número de golpes

Se construye la curva de fluidez en papel semi-logarítmico

### Límite Plástico (L.P)

Es el contenido de humedad, expresado en porciento, cuando comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm. de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente.

### Materiales

Muestra de suelo, vidrio, tara, balanza, formato.

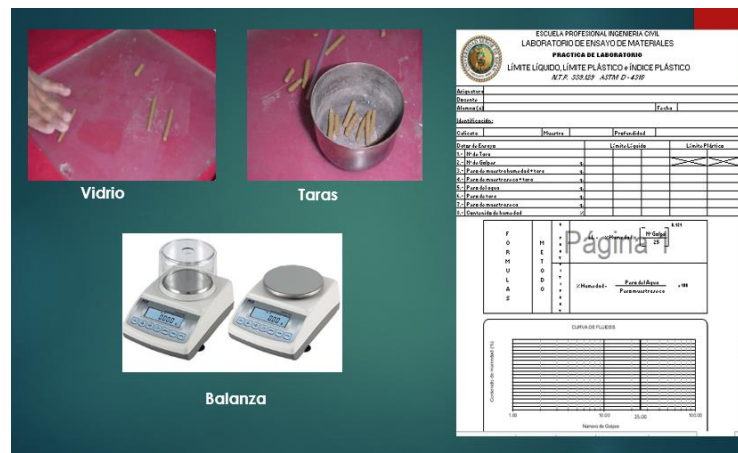


Figura N° 12: Instrumentos para el ensayo de Límite Plástico

Fuente: Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos

### Procedimiento:

Se toma aproximadamente la mitad de la muestra que se usó en límite líquido

Se amasa con la mano y ruédelo sobre una superficie limpia y lisa hasta formar un cilindro de 3 mm, de diámetro y de 15 a 20 cm de largo.

El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a 3mm de diámetro.

Se pesan en la balanza de 0.01 gr., y se registra su peso.

Se introduce la muestra en el horno por un período aproximado de 24 horas y se determina su peso seco.

Se calcula el contenido de agua en porcentaje

### 2.5.2. Métodos de clasificación de suelos

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S) NTP 339.134 (ASTM D2487)

El suelo es granular si el pasante por el tamiz P200 es menor al 50%

El suelo se clasifica como fino si el pasante por el tamiz P200 es mayor al 50% Se utiliza para estudios de suelo.

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos. Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G (GRAVAS) si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S (ARENAS) si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm.

A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla.

Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O).

Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	M

*Figura N°13: Tipos de suelos*

Fuente: *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos*



SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS (>50% en tamiz N°4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos >12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS (<50% en tamiz N°4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos >12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS		Baja plasticidad (LL < 50)
			Alta plasticidad (LL > 50)
CL CH	ARCILLAS		Baja plasticidad (LL < 50)
			Alta plasticidad (LL > 50)
OL OH	SUELOS ORGANICOS		Baja plasticidad (LL < 50)
			Alta plasticidad (LL > 50)
Pt	TURBA		Suelos altamente organicos

*Figura N°14: Características de los suelos*

Fuente: *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos*

% F > 50% Suelo Fino. (Limoso o Arcilloso) ... Caso I

%F < 50% Suelo Grueso (Arenoso o Gravoso) ... Caso II

CASO I: Si el suelo se considera Fino, Analizamos sus características de Plasticidad a través de IP Y LL., Luego ubicamos el tipo de suelo utilizando la carta de plasticidad.

CASO II: Si el suelo se considera Grueso se compara el % de grava con él % de arena. Si %G > %S el suelo se clasifica como una grava, de lo contrario se clasifica como una arena.

Luego analizamos la cantidad de fino que lo acompaña a la parte gruesa (grava o arena)

CASO I: %F > 50

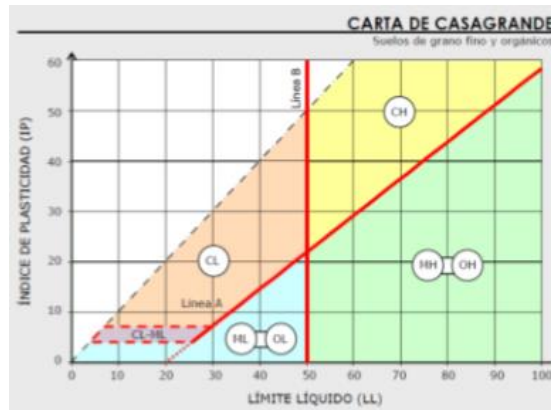


Fig. 15.15 - Carta de Casagrande para los suelos cohesionados

Figura N° 15: Carta de Casagrande

Fuente: Libro de Braja das Geotecnia

Del suelo que se desea clasificar debemos conocer (LL, IP). Sustituimos en la ecuación de la línea “a”, el límite líquido del suelo.  $I_{pa} = 0.733 (LL - 20)$  Si  $I_{pa} > I_p$  del suelo en estudio, se encuentra por debajo de la línea “a”, de lo contrario se encontrará por encima de la línea “a”

## CASO II

SI  $\% F < 50\%$  y  $\% G > \% S$  SUELO GRAVOSO

$\%F < 5\%$	$5\% < \%F < 12\%$	$\% F > 12\%$
GW	GW-GC	GC
o		
GP	GW-GM	GM
	GP-GM	
	GP-GC	

Figura N° 16: Suelos gravosos

Fuente: Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos

- Si  $\%F < 12$ , interesa asignarle a la clasificación la gradación que presenta la parte gruesa.

Se considera bien gradado si:

$C_u > 4$ , Gravas o  $C_u > 6$  Arenas  $C_c$ : debe encontrarse entre 1 y 3

Deben cumplirse las dos condiciones para que sea considerado bien gradado

- Si % F > 12% ya no importa la gradación, debemos conocer las características del fino que acompaña a la grava o a la arena (usar carta de plasticidad).

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm y basando las fracciones en pesos estimados)				Simbolo del grupo	Nombres típicos					
Suelos de grano grueso-Más de la mitad del material es retenido por el tamiz N.º 200  (La abertura del tamiz N.º 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Gravas-más de la mitad de la fracción gruesa es retenido por el tamiz N.º 4	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	<b>GW</b>	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos					
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos					
	Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Gravas limpias (con pocos finos o a ellos)	Fración fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más abajo)	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo					
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)	<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla					
	Arenas-más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N.º 4  Para la clasificación visual, puede suponerse que la abertura del tamiz N.º 4 es equivalente a medio centímetro	Arenas limpias (con pocos finos o a ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos					
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos					
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Arenas limpias (con pocos finos o a ellos)	Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más abajo)	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas				
				Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)	<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas				
	Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz N.º 40									
	Suelos de grano fino-Más de la mitad del material pasa por el tamiz N.º 200  (La abertura del tamiz N.º 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Limas y arcillas con límite líquido menor de 50	Resistencia en estado seco (a la desagregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (cohesión)					
Nula a ligera						Rápida a lenta	Nula	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad	
Media o alta						Nula a muy lenta	Media	<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas	
Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50		Resistencia en estado seco (a la desagregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (cohesión)		Ligera a media	Lenta	Ligera	<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
						Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos
						Alta a muy alta	Nula	Alta	<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas
						Media o alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta
Suelos altamente orgánicos			Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa	<b>Pt</b>	Turba y otros suelos altamente orgánicos					
Los suelos que poseen características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. P.ej., GW-GC, mezcla bien graduada de arena y grava. Todos los tamaños de tamices se refieren al U.S. Standard.										

Figura N°17: Clasificación de suelos por el método SUCS

Fuente: Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos

### 2.5.3. Determinación de la densidad máxima in situ

Este ensayo determinará la densidad máxima seca mediante el contenido de humedad y la densidad húmeda del suelo a 2.50 m de profundidad

Dicho ensayo se realizará para las 12 calicatas

Ensayo de cono de arena

#### Materiales

Arena Ottawa, balanza, martillo, cincel, envase plástico con cono, cucharón, placa metálica, huincha, brocha, tamiz N°40



*Figura N° 18: Instrumentos para el ensayo de densidad de campo*

*Fuente:* Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos

#### Procedimiento

Se toman los implementos necesarios para realizar la práctica

Se procede a ir al campo, procurando buscar un suelo tipo arenoso para así realizar una rápida excavación.

Se ubica el plato en un terreno plano y nivelado, a continuación, se procede a excavar, teniendo cuidado de no desperdiciar parte de la muestra en el proceso.

Al desalojar el volumen de 10 cm de profundidad se recoge la muestra y se lleva al laboratorio para pesarla.

Se introduce la muestra recolectada al horno por un periodo de 24 horas

Se pesa la muestra ya seca y el peso de la canasta en la que se recolecto,

El resto del procedimiento fue omitido por el mal estado de los materiales.

#### **2.5.4. Realización de ensayos de laboratorio (corte directo y permeabilidad) con material base y con polietileno de alta densidad**

Se realizó la clasificación de suelos, en lo que se obtuvo 3 tipos, siendo éstos SP, SP-SC, SC  
Para el suelo de tipo SC, Se realizó lo siguiente:

Se hizo el ensayo de proctor modificado de 4 tandas cada uno.

En primer lugar, se hizo solo con la muestra natural del suelo SC, y se le determinó su OCH y posteriormente un proctor adicional con ese OCH y con el 2% PEAD para la extracción de las muestras para el corte directo

En segundo lugar, se hizo proctor para el 2% PEAD, obteniéndose su OCH y posteriormente un proctor adicional con ese OCH y con el 2% PEAD para la extracción de las muestras para el corte directo

Y así sucesivamente con el 4%, 10%, 14% y 18% de PEAD

Se realizó el ensayo de permeabilidad de carga variable con suelo natural y con el óptimo porcentaje de polietileno de alta densidad, para gradientes de 0.6 y 1

#### **2.5.5. Determinación de la resistencia al corte y la permeabilidad sin y con polietileno de alta densidad**

Se realizará mediante el ensayo de corte directo y de permeabilidad

Ensayo de corte directo

Tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, por el método del corte directo.

Materiales:

Muestra de suelo, aparato de corte directo



*Figura N° 19: Aparato de Corte Directo*

*Fuente:* Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos

### Procedimiento

El ensayo consiste en:

Colocar la muestra en la caja de corte directo e inmovilizarla con la ayuda de los seguros.

A seguir colocamos la placa con los resaltos sobre la muestra.

Colocar la esfera de acero sobre la placa de reparto y situar sobre ella, el yugo de aplicación de la carga vertical. Bajar dicho yugo, con la ayuda del tornillo de seguridad de la palanca de carga. Sobre el yugo colocar el extremo móvil de un defleómetro para medir las deformaciones verticales de la caja.

Colocar en la palanca las pesas necesarias para dar una presión vertical prevista. Leer el asiento registrado en el defleómetro vertical.

Mover el volante del aparato hasta que el pistón toque la caja.

Encerar el defleómetro de desplazamiento vertical y el del anillo de carga.

Quitar los seguros de la caja.

Comenzar el corte con una velocidad constante, equivalente a 1 división del anillo por segundo (0.002 mm/seg.).

Tomar lecturas del defleómetro de deformaciones horizontales, verticales y del anillo de carga cada 30 divisiones (30 segundos).

El corte se continúa hasta alcanzar una estabilización de las lecturas del defleómetro del anillo de carga o hasta separar las dos unidades de la caja de 6 mm. Después de descargar el aparato



accionando el volante en sentido contrario. Quitar el deflectómetro de corrimiento vertical. Quitar la caja de yugo y desmontar la caja de corte.

Las cargas en el plano de corte pueden conocerse mediante el ábaco respectivo.

Estas operaciones se repiten tres o cuatro veces, diferenciándose los ensayos en la presión vertical aplicada.

La Fuerza Cortante en el estrato de suelo puede ser calculada con la siguiente expresión:

$$\text{Fuerza Cortante} = \text{Anillo de Carga} * \text{Factor de Calibración}$$

Donde el factor de calibración es 0.134161

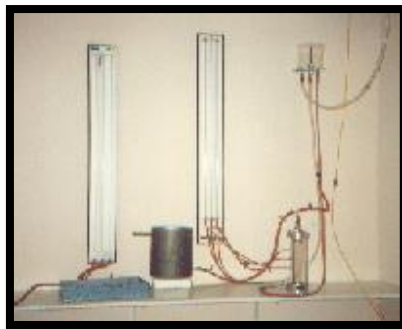
La Resistencia al Esfuerzo Cortante se determina mediante la expresión: Resistencia Esfuerzo Cortante = Fuerza Cortante / 25

Ensayo de permeabilidad (Permeámetro de carga variable)

En este tipo de permeámetro se mide la cantidad de agua que atraviesa una muestra de suelo, por diferencia de niveles en un tubo alimentador

#### Materiales

Muestra de suelo, aparato de permeabilidad.



*Figura N° 20: Aparato de permeabilidad*

*Fuente:* Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos

#### Procedimiento

En este tipo de permeámetro se mide la cantidad de agua que atraviesa una muestra de suelo, por diferencia de niveles en un tubo alimentador. Este permeámetro puede ser utilizado en suelos finos y gruesos variando el diámetro del tubo alimentador, pero lo más común es utilizarlo con los suelos finos poco permeables. Al ejecutar la prueba se llena de agua el tubo vertical del

permeámetro, observándose su descenso a medida que el agua atraviesa la muestra. En este caso debemos tener en cuenta:

$a$  = Área del tubo vertical de carga.

$A$  = Área de la muestra.

$L$  = Longitud de la muestra.

$H_1$  = Carga hidráulica al principio de la prueba.

$H_2$  = Carga hidráulica al final de la prueba.

$H_c$  = Altura de ascensión capilar, que debe deducirse de la lectura total del tubo de carga.

$T$  = Tiempo requerido para la carga hidráulica pase de  $h_1$  a  $h_2$ .

En el ensayo de permeabilidad de carga variable, se miden los valores  $h$  obtenidos para diversos valores de tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo. Son anotados los valores de la temperatura cuando se efectiviza cada medida.

El coeficiente de permeabilidad de los suelos es entonces calculado haciendo uso de la Ley de Darcy:

$$q = k \frac{h}{L} A$$

Y tomando en cuenta que el flujo de agua pasando por el suelo es igual al flujo de agua que pasa por la bureta que puede ser expresado como:

## 2.6. Criterios éticos

Se tomaron los siguientes criterios éticos:

- Credibilidad, porque los resultados son válidos y se procedió de acuerdo a las normas vigentes, de acuerdo a los formatos proporcionados por el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán.
- Consistencia, porque los datos obtenidos en esta investigación son estables si es que se desea volver a realizarlo
- Confortabilidad, porque los datos de nuestro estudio comprobaron las teorías planteadas.
- Aplicabilidad, porque los datos pueden aplicarse en otro estudio similar o con los mismos objetivos que el nuestro.



- Confidencialidad, los datos o resultados obtenidos son confidenciales hasta que el documento sea publicado

## **2.7.Criterios de rigor científico**

- Validez: las variables son relevantes y están muy bien relacionadas entre sí permitiendo así comprobar la consistencia de la investigación la respuesta a la formulación del problema.
- Generalizabilidad: la muestra escogida para el estudio es representativa, puesto que se han escogido según el tipo de suelo encontrado en la zona de estudio.
- Fiabilidad: la medición de los datos es exactos ya que el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad Señor de Sipán cumple con todos los estándares de calidad para la evaluación de las muestras.
- Replicabilidad: el estudio se puede replicar, sin ningún problema comprobando los resultados obtenidos estos no se contradicen.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados en tablas y figuras

Realizar un plano de ubicación de los puntos de investigación en la Urbanización Los Sauces

II Etapa de Pimentel.

Se realizó un total de 12 calicatas, 3 por cada hectárea, tal y como indica el RNE 050 Suelos y Cimentaciones.

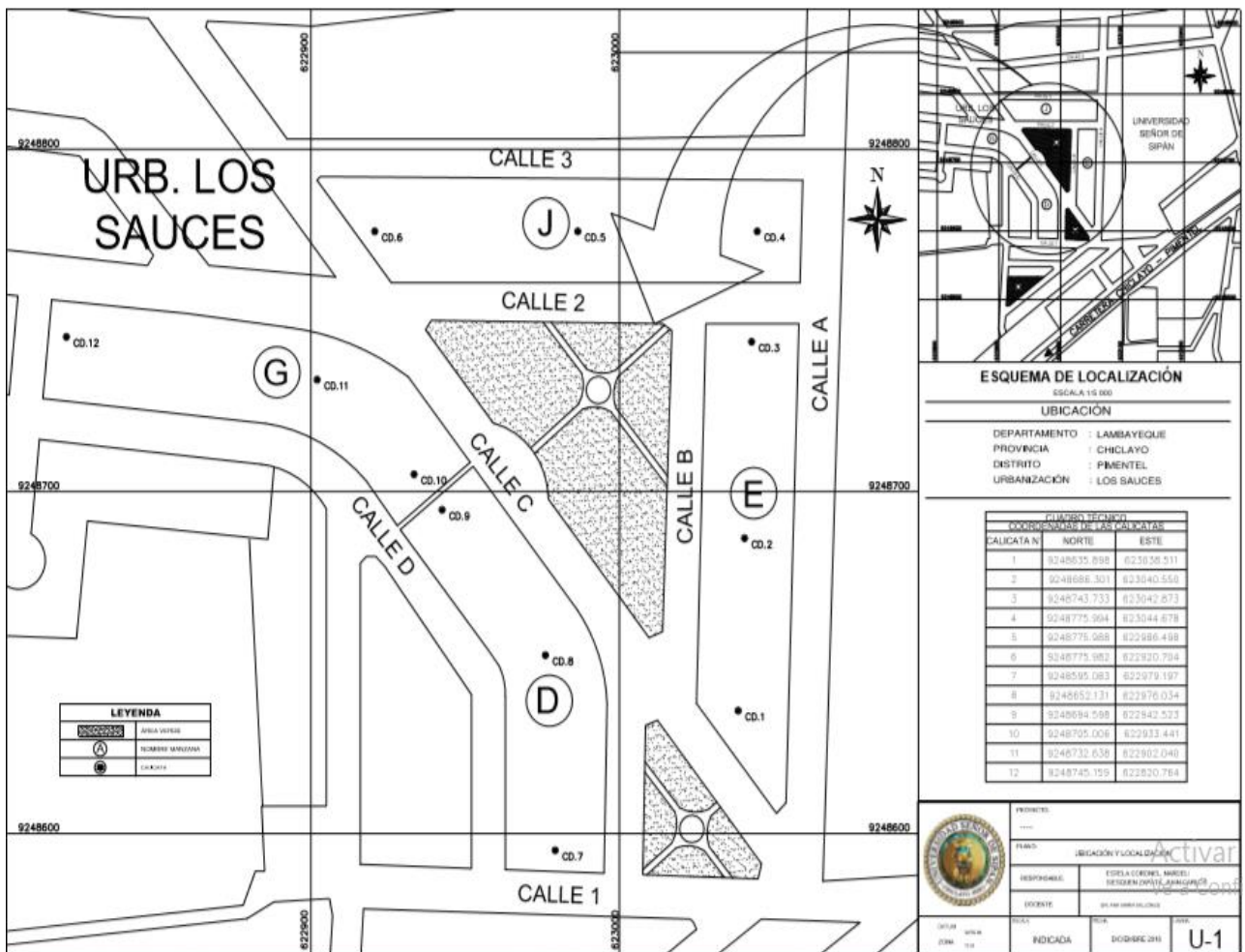


Figura N° 21: Plano de ubicación de los puntos de investigación

Fuente: Elaboración Propia.

Realizar la extracción de muestras por cada estrato para la clasificación de suelos de las calicatas en estudio, mediante los ensayos de granulometría y límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) en laboratorio de la universidad Señor de Sipán.

Se realizaron los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos en la Universidad Señor de Sipán de las doce calicatas.

### **Granulometría por tamizado Calicata N°1**

En la tabla N° 4 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 1: 0.20m – 0.65 m

Tabla 4: *Resultados de la granulometría del estrato 1*

<b>MALLAS</b>		<b>Peso</b>	<b>%</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>% QUE PASA</b>
<b>PULGADAS</b>	<b>MILÍMETROS</b>	<b>Retenido</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>ACUMULADO</b>
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.33	0.14	0.14	99.86
<b>N°20</b>	1.100	0.54	0.23	0.36	99.64
<b>N°40</b>	0.425	1.11	0.46	0.83	99.17
<b>N°60</b>	0.250	10.94	4.57	5.40	94.60
<b>N°140</b>	0.105	210.50	87.92	93.32	6.68
<b>N°200</b>	0.075	11.37	4.75	98.07	1.93
<b>FONDO</b>		4.62	1.93	100.00	0.00

*Fuente:* Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>1.8</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.2</b>

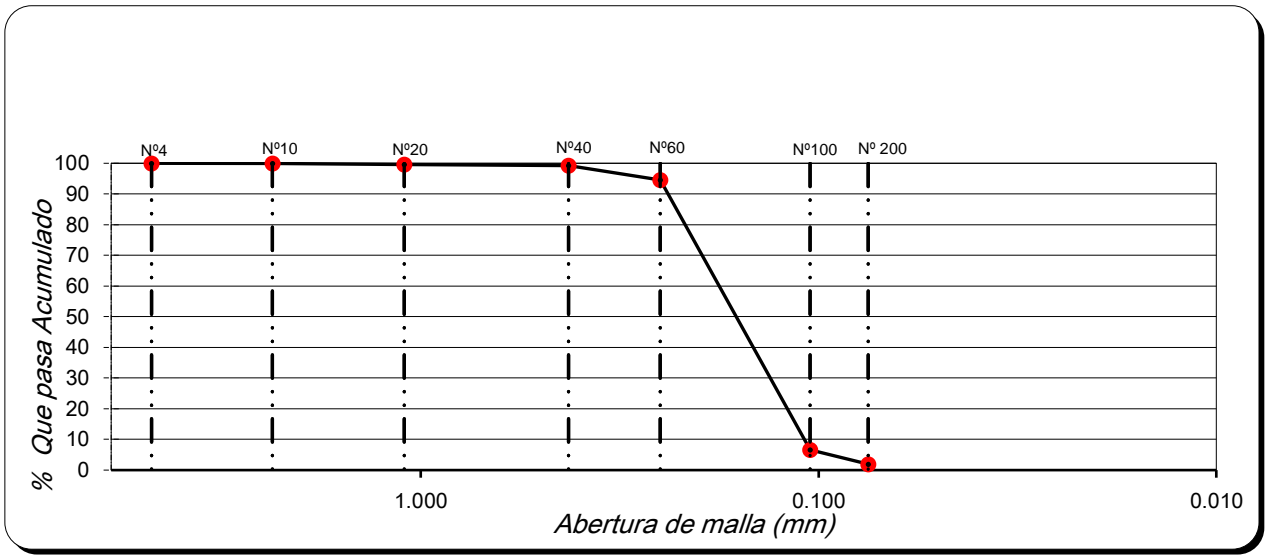


Figura N° 22: Curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 5 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 2: 0.65m – 1.25 m

Tabla 5: Resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°20</b>	1.100	0.09	0.03	0.03	99.97
<b>N°40</b>	0.425	2.00	0.74	0.77	99.23
<b>N°60</b>	0.250	22.58	8.34	9.11	90.89
<b>N°140</b>	0.105	232.00	85.66	94.77	5.23
<b>N°200</b>	0.075	9.97	3.68	98.45	1.55
<b>FONDO</b>		4.20	1.55	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>1.7</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.2</b>

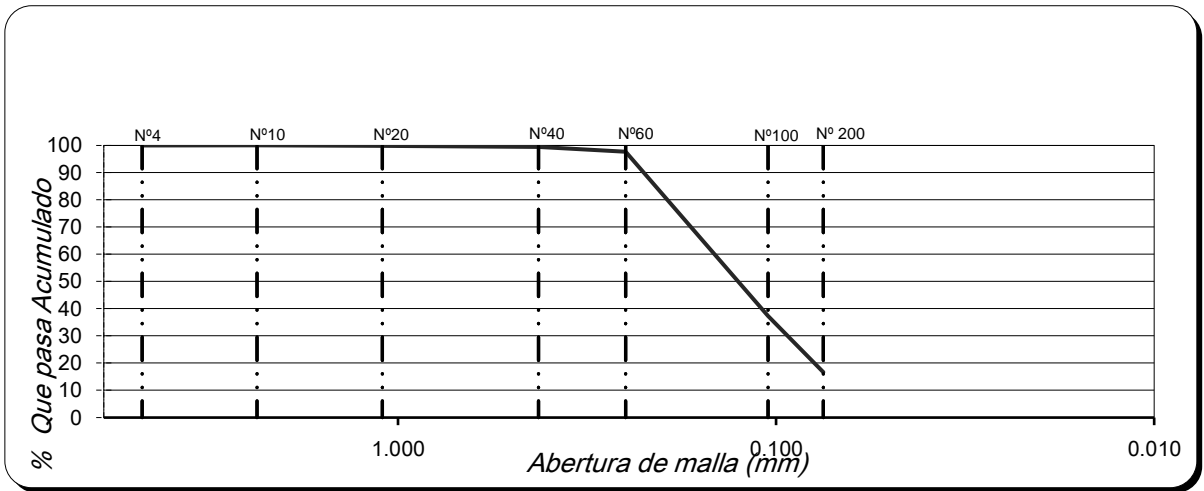


Figura N° 23: Curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 6 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 3: 1.25 m – 1.70 m

Tabla 6: Resultado de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N°10	2.360	0.05	0.03	0.03	99.97
N°20	1.100	0.34	0.19	0.22	99.78
N°40	0.425	0.72	0.41	0.63	99.37
N°60	0.250	2.88	1.62	2.25	97.75
N°140	0.105	107.18	60.41	62.66	37.34
N°200	0.075	36.66	20.66	83.32	16.68
FONDO		29.59	16.68	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Cu =	3.8
Cc =	0.8

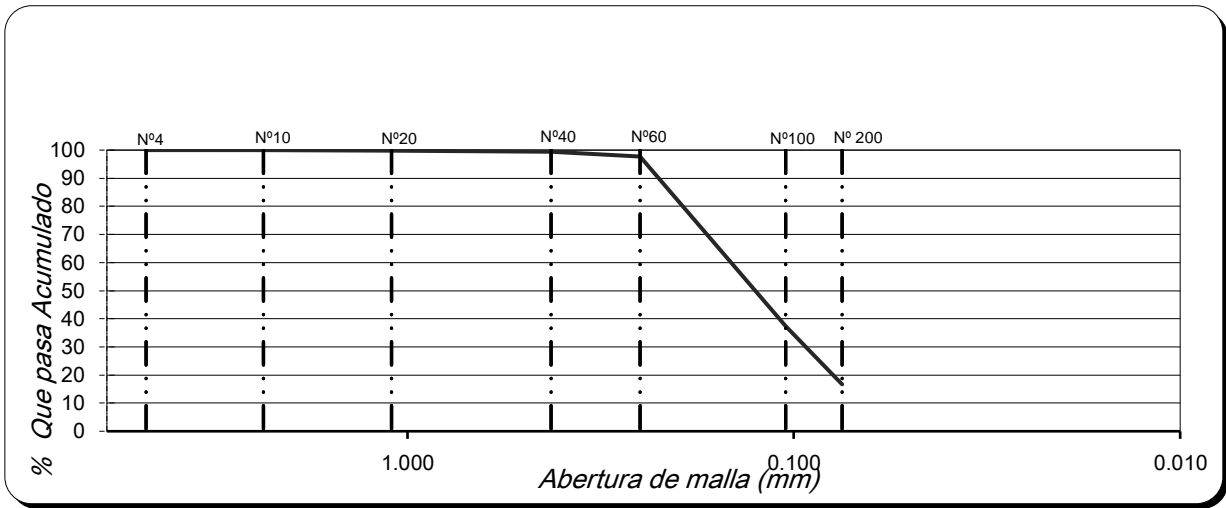


Figura N° 24: Curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 7 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 4: 1.70 m – 2.16 m

Tabla 7: Resultados de granulometría del estrato 4

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.19	0.07	0.07	99.93
<b>N°20</b>	1.100	1.26	0.50	0.57	99.43
<b>N°40</b>	0.425	0.50	0.20	0.77	99.23
<b>N°60</b>	0.250	1.19	0.47	1.23	98.77
<b>N°140</b>	0.105	131.42	51.68	52.91	47.09
<b>N°200</b>	0.075	88.84	34.93	87.84	12.16
<b>FONDO</b>		30.92	12.16	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

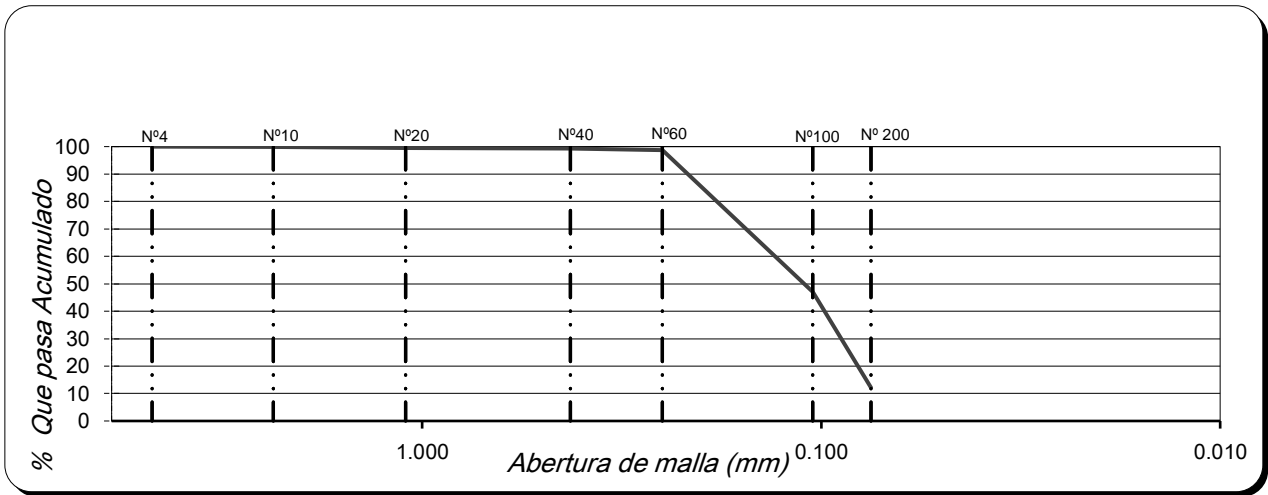


Figura N° 25: Curva granulométrica del estrato 4

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 8 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 5: 2.16 m – 2.50 m

Tabla 8: Resultados de granulometría del estrato 5

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.32	0.13	0.13	99.87
<b>N°20</b>	1.100	1.02	0.40	0.53	99.47
<b>N°40</b>	0.425	1.93	0.77	1.30	98.70
<b>N°60</b>	0.250	20.94	8.31	9.60	90.40
<b>N°140</b>	0.105	172.92	68.58	78.19	21.81
<b>N°200</b>	0.075	36.87	14.62	92.81	7.19
<b>FONDO</b>		18.13	7.19	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.5</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.6</b>

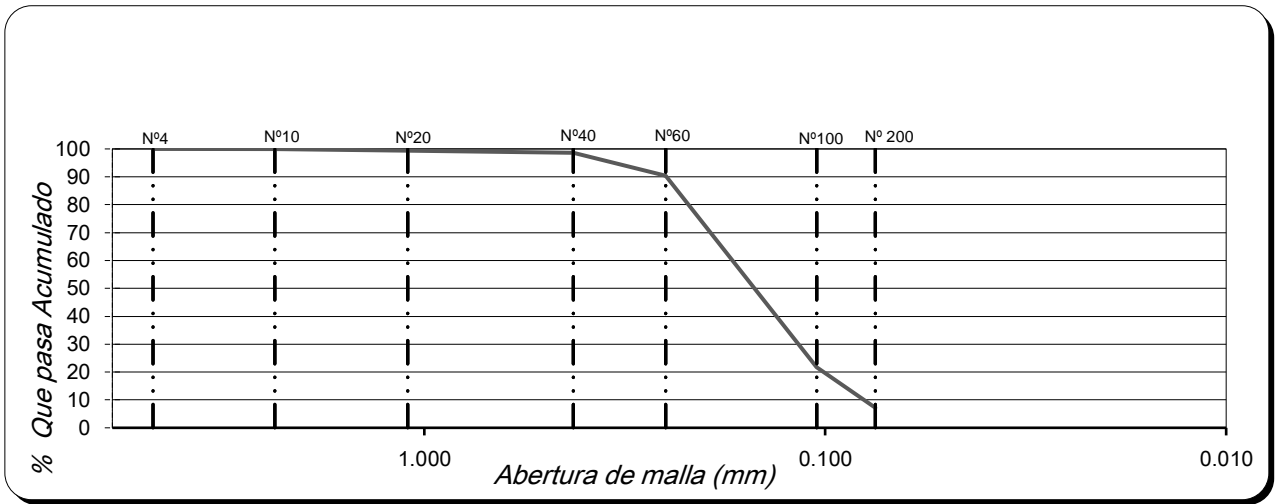


Figura N° 26: Curva granulométrica del estrato 5

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Granulometría por tamizado Calicata N°2

En la tabla N° 9 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 1: 0.20m – 0.70 m

Tabla 9: Resultados de granulometría del estrato 1

PULGADAS	MALLAS	Peso Retenido	%	% RETENIDO	% QUE PASA
	MILÍMETROS		RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.17	0.06	0.06	99.94
<b>N°20</b>	1.100	0.12	0.04	0.10	99.90
<b>N°40</b>	0.425	2.32	0.82	0.92	99.08
<b>N°60</b>	0.250	28.71	10.17	11.09	88.91
<b>N°140</b>	0.105	161.53	57.19	68.28	31.72
<b>N°200</b>	0.075	79.69	28.22	96.50	3.50
<b>FONDO</b>		9.89	3.50	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.2</b>
<b>Cc=</b>	<b>0.6</b>



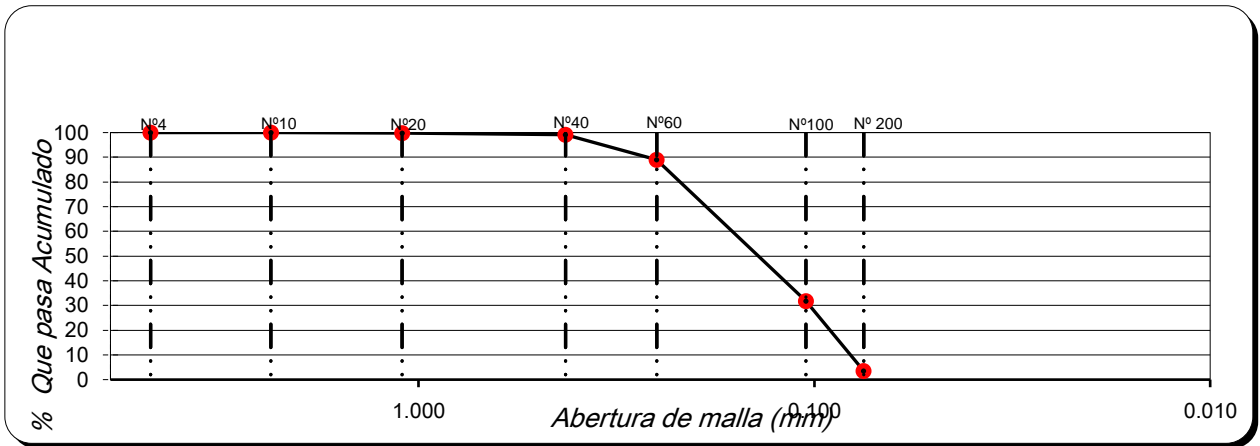


Figura N° 27: Curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 10 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 2: 0.70 m – 1.30 m

Tabla 10: Resultado de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.16	0.06	0.06	99.94
<b>N°20</b>	1.100	0.60	0.23	0.29	99.71
<b>N°40</b>	0.425	0.43	0.16	0.45	99.55
<b>N°60</b>	0.250	3.42	1.30	1.75	98.25
<b>N°140</b>	0.105	169.44	64.19	65.94	34.06
<b>N°200</b>	0.075	58.41	22.13	88.07	11.93
<b>FONDO</b>		31.50	11.93	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.6</b>
<b>Cc =</b>	<b>0.8</b>

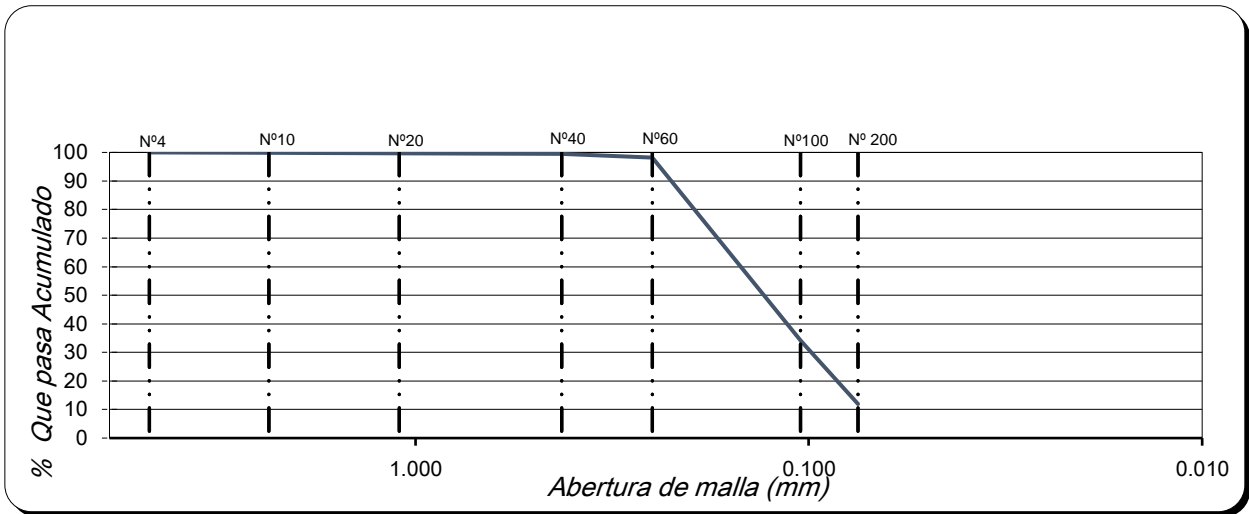


Figura N° 28: Curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 11 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 3: 1.30 m – 1.80 m

Tabla 11: Resultado de granulometría estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.12	0.05	0.05	99.95
<b>N°20</b>	1.100	0.59	0.23	0.28	99.72
<b>N°40</b>	0.425	0.39	0.15	0.43	99.57
<b>N°60</b>	0.250	4.61	1.81	2.25	97.75
<b>N°140</b>	0.105	162.56	63.94	66.19	33.81
<b>N°200</b>	0.075	66.12	26.01	92.20	7.80
<b>FONDO</b>		19.83	7.80	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.3</b>
<b>Cc=</b>	<b>0.7</b>

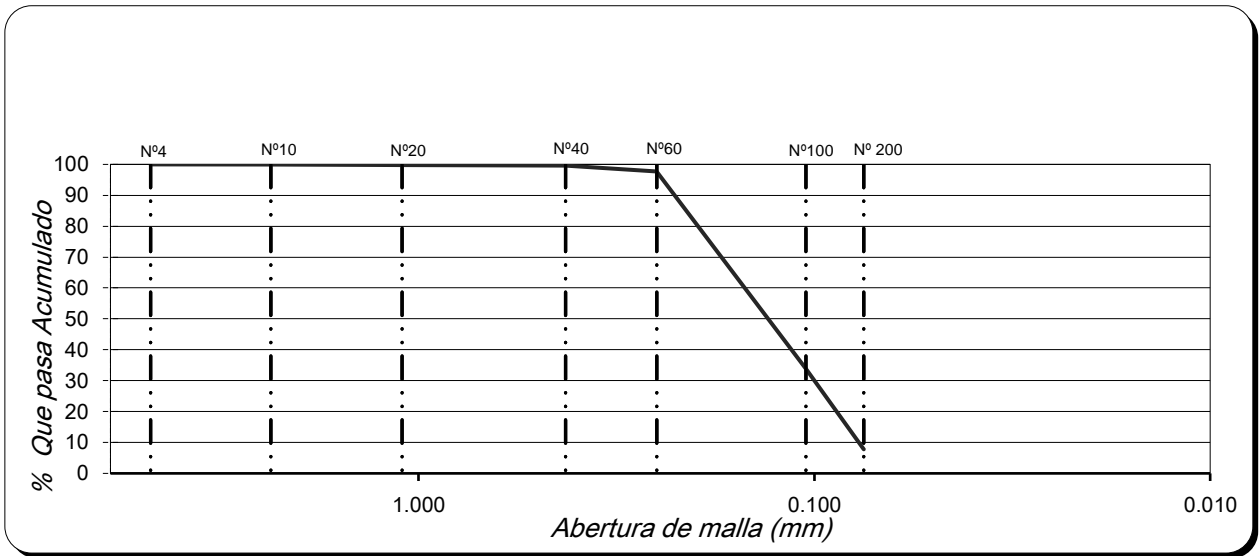


Figura N° 29: Curva granulométrica estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 12 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 4: 1.80 m – 2.50 m

Tabla 12: Resultado de granulometría del estrato 4

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.96	0.39	0.39	99.61
<b>N°20</b>	1.100	0.73	0.30	0.68	99.32
<b>N°40</b>	0.425	0.63	0.26	0.94	99.06
<b>N°60</b>	0.250	23.27	9.42	10.36	89.64
<b>N°140</b>	0.105	191.87	77.67	88.03	11.97
<b>N°200</b>	0.075	28.63	11.59	99.62	0.38
<b>FONDO</b>		0.93	0.38	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.1</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.3</b>

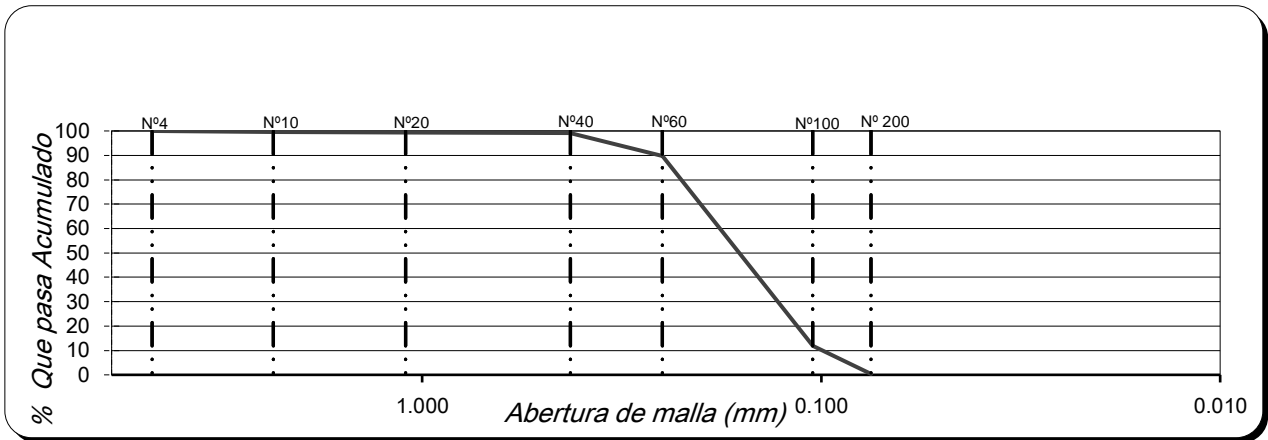


Figura N° 30: Curva granulométrica del estrato 4

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

**Granulometría por tamizado Calicata N°3**

En la tabla N° 13 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 1: 0.20m – 0.95 m

Tabla 13: Resultado de granulometría del estrato 1

PULGADAS	MALLAS	Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.03	0.01	0.01	99.99
<b>N°20</b>	1.100	0.09	0.03	0.04	99.96
<b>N°40</b>	0.425	0.63	0.20	0.24	99.76
<b>N°60</b>	0.250	11.48	3.68	3.92	96.08
<b>N°140</b>	0.105	285.75	91.60	95.52	4.48
<b>N°200</b>	0.075	12.99	4.16	99.68	0.32
<b>FONDO</b>		0.99	0.32	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>1.6</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.2</b>

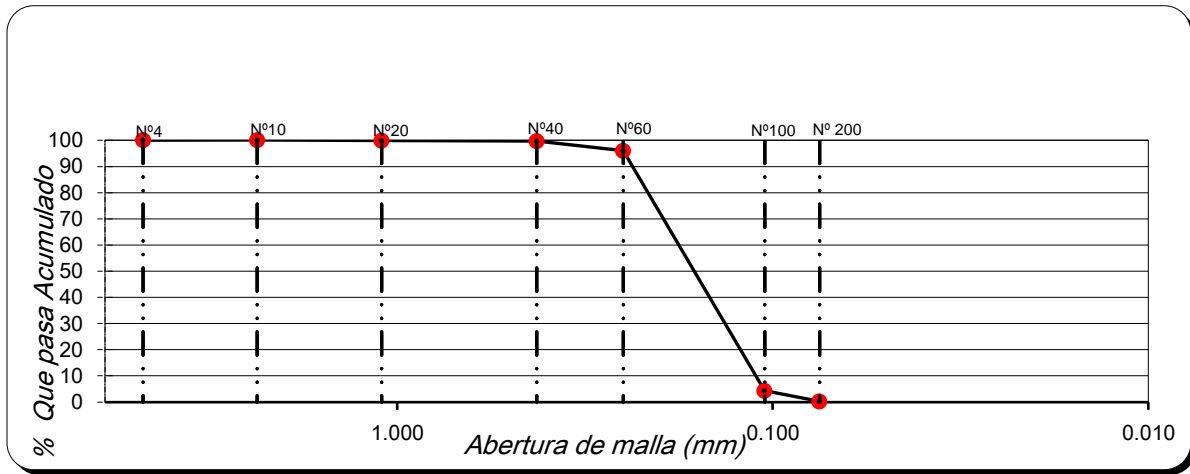


Figura N° 31: Curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 14 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 2: 0.95m – 1.85 m

Tabla 14: Resultado de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	2.32	1.13	1.13	98.87
<b>N°20</b>	1.100	2.70	1.32	2.45	97.55
<b>N°40</b>	0.425	1.50	0.73	3.18	96.82
<b>N°60</b>	0.250	1.89	0.92	4.11	95.89
<b>N°140</b>	0.105	57.08	27.87	31.97	68.03
<b>N°200</b>	0.075	74.64	36.44	68.42	31.58
<b>FONDO</b>	.	64.69	31.58	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>1.7</b>
<b>Cc=</b>	<b>3.4</b>

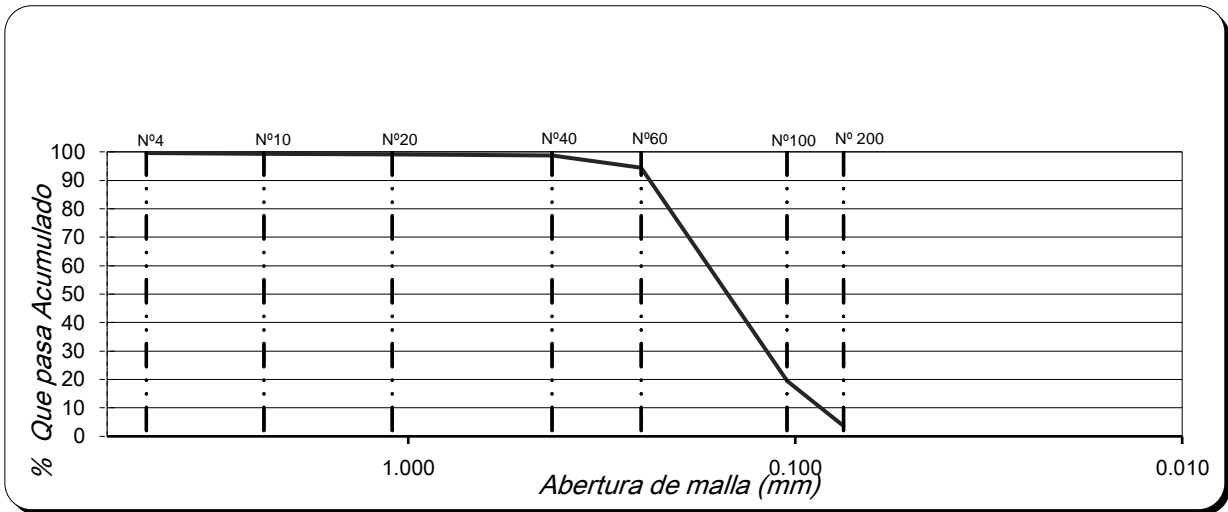


Figura N° 32: Curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 15 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 3: 1.85 m – 2.50 m

Tabla 15: Resultado de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	1.15	0.42	0.42	99.58
<b>N°10</b>	2.360	0.60	0.22	0.64	99.36
<b>N°20</b>	1.100	0.80	0.29	0.93	99.07
<b>N°40</b>	0.425	0.82	0.30	1.23	98.77
<b>N°60</b>	0.250	12.15	4.43	5.66	94.34
<b>N°140</b>	0.105	205.15	74.86	80.52	19.48
<b>N°200</b>	0.075	43.34	15.81	96.33	3.67
<b>FONDO</b>		10.05	3.67	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.2</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.1</b>

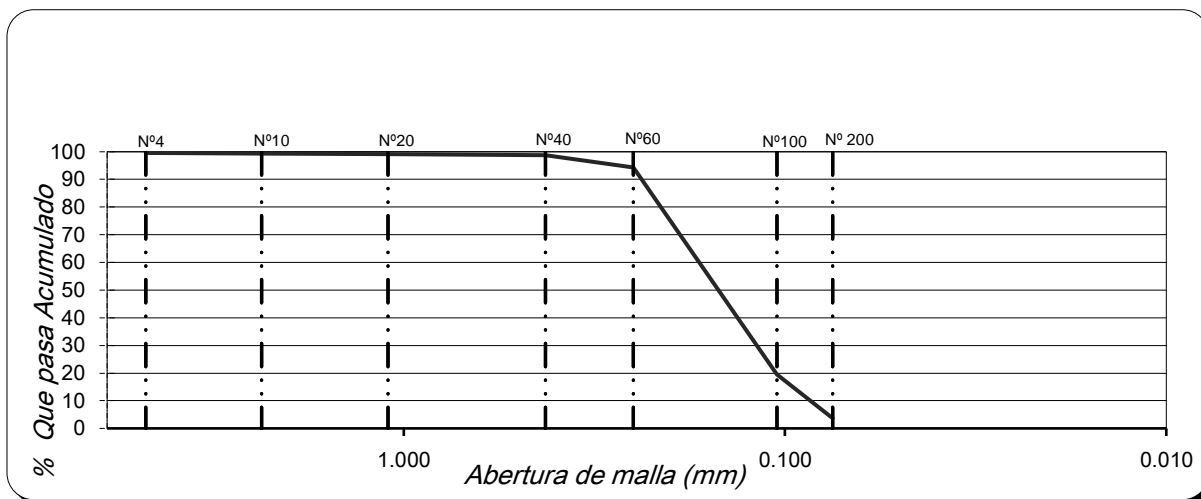


Figura N° 33: Curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Granulometría por tamizado Calicata N°4

En la tabla N° 16 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 1: 0.20m – 0.70 m

Tabla 16: Resultados de la granulometría estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N°10	2.360	0.14	0.06	0.06	99.94
N°20	1.100	0.18	0.08	0.14	99.86
N°40	0.425	0.62	0.27	0.42	99.58
N°60	0.250	6.36	2.81	3.23	96.77
N°140	0.105	196.01	86.74	89.97	10.03
N°200	0.075	22.43	9.93	99.89	0.11
FONDO		0.24	0.11	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

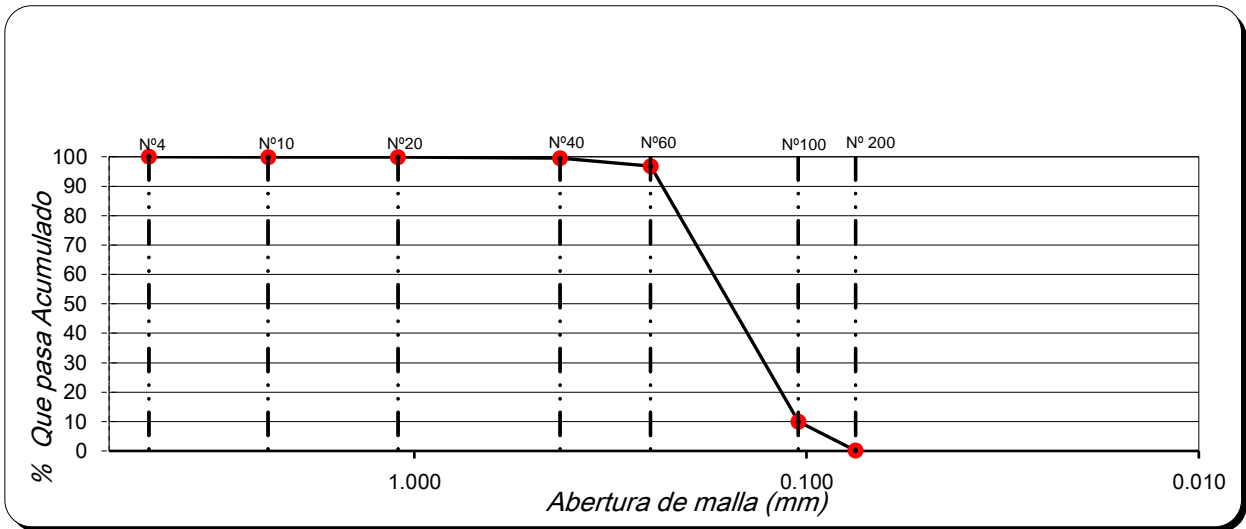


Figura N° 34: Curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 17 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 2: 0.70m – 1.30 m

Tabla 17: Resultado de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.37	0.32	0.32	99.68
<b>N°20</b>	1.100	0.54	0.46	0.78	99.22
<b>N°40</b>	0.425	0.52	0.45	1.23	98.77
<b>N°60</b>	0.250	2.00	1.71	2.94	97.06
<b>N°140</b>	0.105	77.58	66.52	69.46	30.54
<b>N°200</b>	0.075	33.98	29.14	98.60	1.40
<b>FONDO</b>		1.63	1.40	100.00	0.00
<b>Cu =</b>	2.0				
<b>Cc=</b>	0.6				



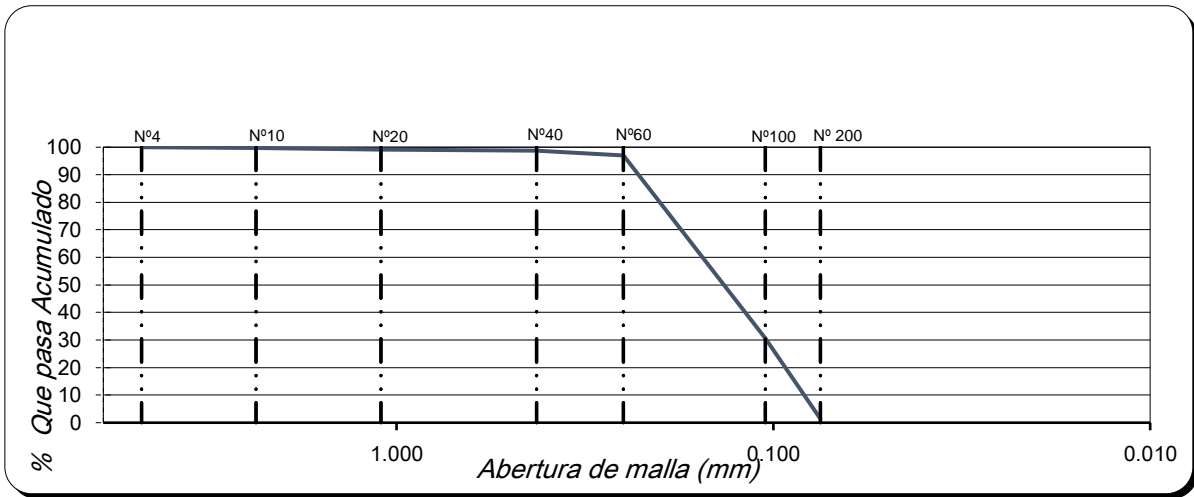


Figura N° 35: Curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 18 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 3: 1.30 m – 1.80 m

Tabla 18: Resultado de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.17	0.13	0.13	99.87
<b>N°20</b>	1.100	0.84	0.66	0.79	99.21
<b>N°40</b>	0.425	0.32	0.25	1.04	98.96
<b>N°60</b>	0.250	0.67	0.52	1.56	98.44
<b>N°140</b>	0.105	68.65	53.67	55.23	44.77
<b>N°200</b>	0.075	55.17	43.13	98.36	1.64
<b>FONDO</b>		2.10	1.64	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>1.7</b>
<b>Cc=</b>	<b>0.7</b>

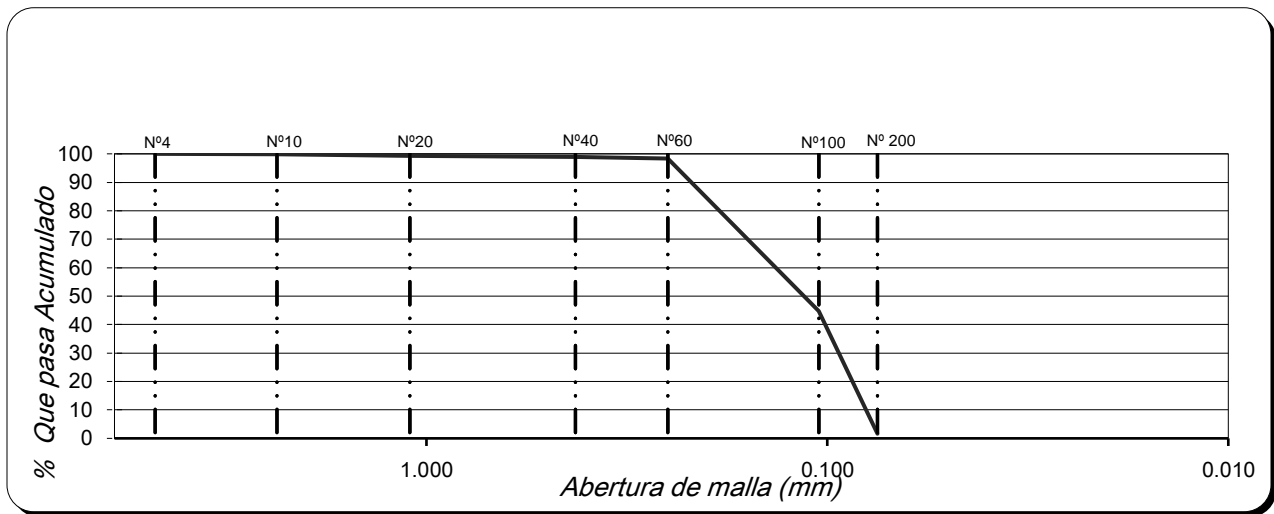


Figura N° 36: Curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 19 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Estrato 4: 1.80 m – 2.50 m

Tabla 19: Resultado de granulometría del estrato 4

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
<b>N°4</b>	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>N°10</b>	2.360	0.36	0.21	0.21	99.79
<b>N°20</b>	1.100	1.07	0.64	0.85	99.15
<b>N°40</b>	0.425	0.92	0.55	1.40	98.60
<b>N°60</b>	0.250	17.99	10.68	12.08	87.92
<b>N°140</b>	0.105	118.73	70.49	82.57	17.43
<b>N°200</b>	0.075	28.78	17.09	99.66	0.34
<b>FONDO</b>		0.58	0.34	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.1</b>
<b>Cc =</b>	<b>1.1</b>

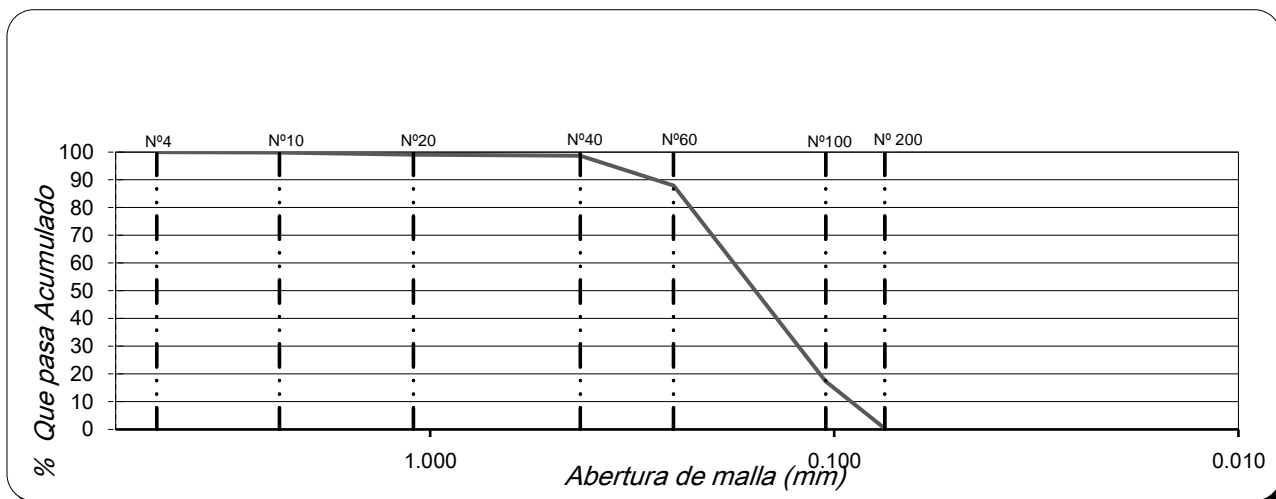


Figura N° 37: curva granulométrica del estrato 4

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Granulometría por tamizado Calicata N°5

En la tabla N° 20 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 20: Resultado de granulometría del estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	2.93	2.12	2.12	97.88
N°10	2.360	4.50	3.25	5.37	94.63
N°20	1.100	4.89	3.53	8.90	91.10
N°40	0.425	7.42	5.36	14.26	85.74
N°60	0.250	12.66	9.15	23.41	76.59
N°140	0.105	94.27	68.10	91.51	8.49
N°200	0.075	11.68	8.44	99.95	0.05
<b>FONDO</b>		0.07	0.05	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.0</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.3</b>

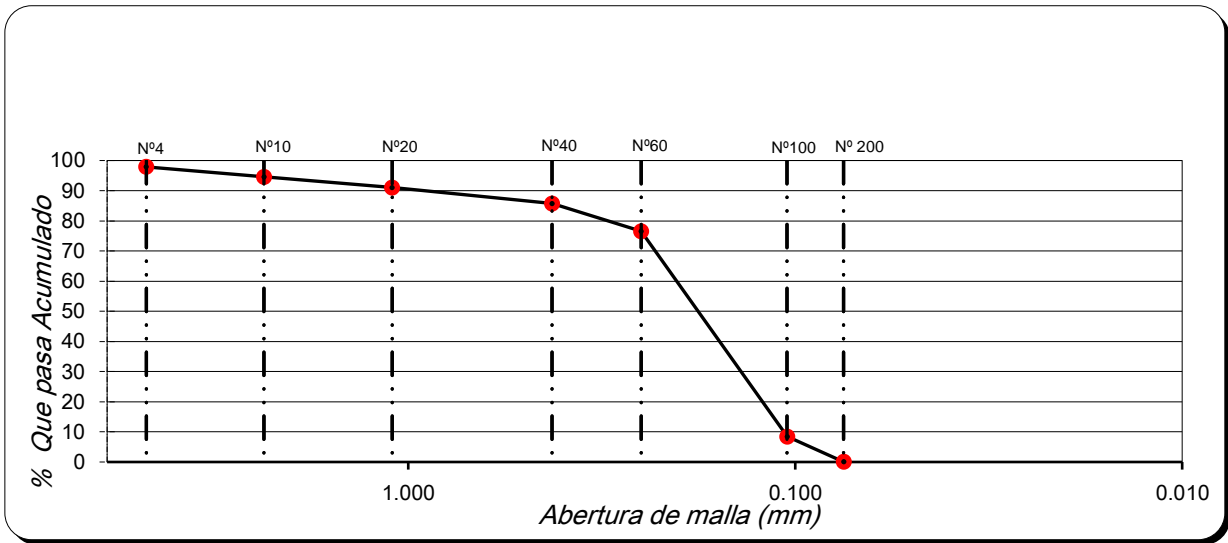


Figura N° 38: curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 21 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 21: resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	10.60	9.26	9.26	90.74
N°10	2.360	13.90	12.14	21.40	78.60
N°20	1.100	8.53	7.45	28.85	71.15
N°40	0.425	10.41	9.09	37.95	62.05
N°60	0.250	14.77	12.90	50.85	49.15
N°140	0.105	48.83	42.66	93.51	6.49
N°200	0.075	7.43	6.49	100.00	0.00
FONDO		0.00	0.00	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.9</b>
<b>Cc=</b>	<b>0.8</b>

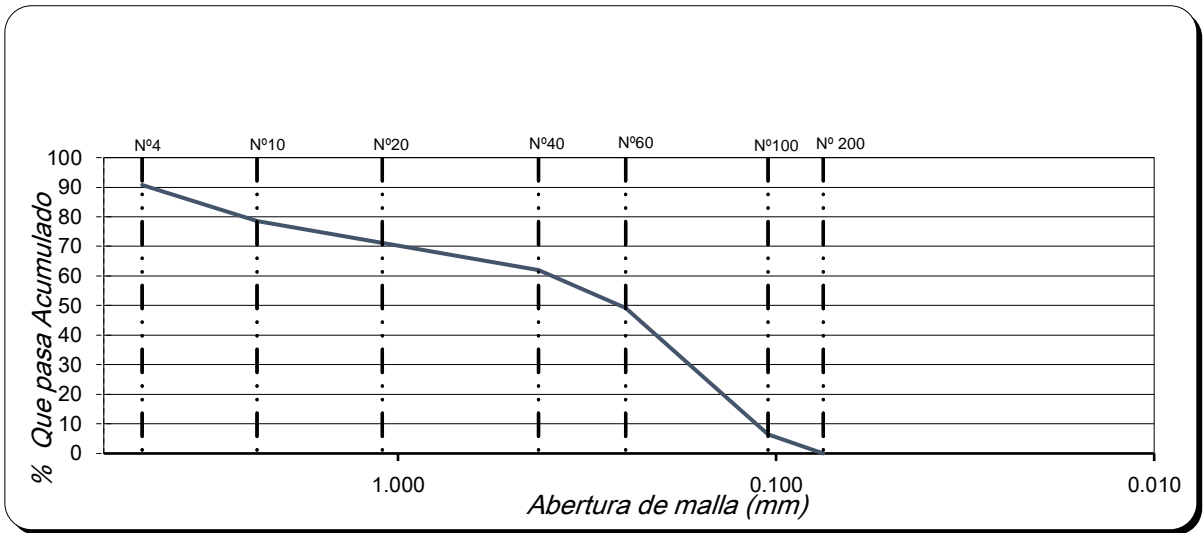


Figura N° 39: curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

**Granulometría por tamizado Calicata N°6**

En la tabla N° 22 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 22: resultados de granulometría del estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	1.66	1.26	1.26	98.74
N°10	2.360	2.75	2.09	3.35	96.65
N°20	1.100	2.31	1.76	5.11	94.89
N°40	0.425	3.75	2.85	7.96	92.04
N°60	0.250	6.52	4.96	12.92	87.08
N°140	0.105	101.62	77.27	90.18	9.82
N°200	0.075	11.51	8.75	98.94	1.06
<b>FONDO</b>		1.40	1.06	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.1</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.3</b>

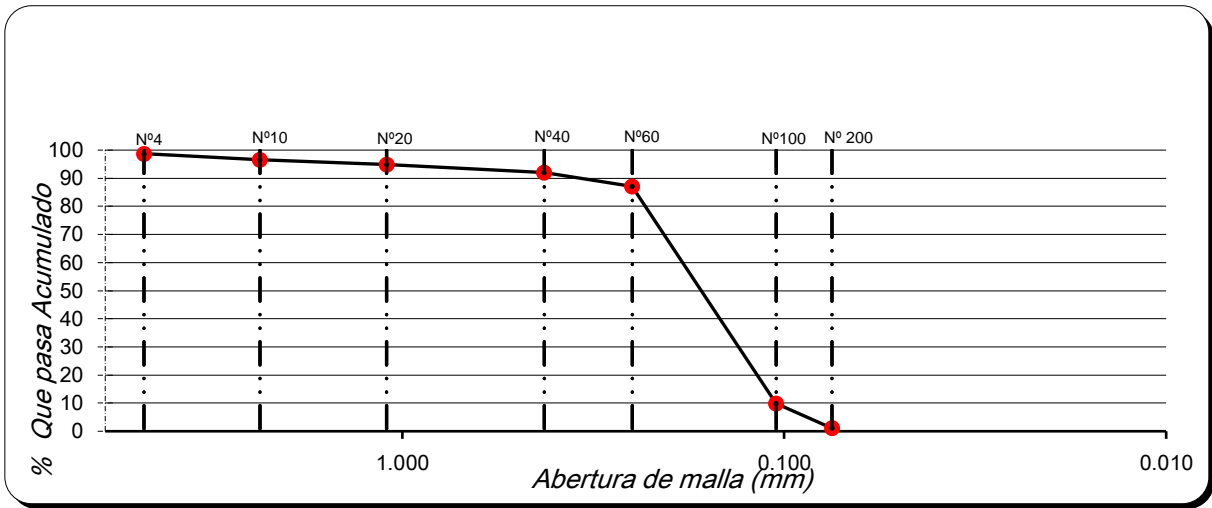


Figura N° 40: curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 23 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 23: resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	8.64	6.77	6.77	93.23
N°10	2.360	10.09	7.90	14.67	85.33
N°20	1.100	6.42	5.03	19.70	80.30
N°40	0.425	9.00	7.05	26.74	73.26
N°60	0.250	16.67	13.06	39.80	60.20
N°140	0.105	63.91	50.05	89.85	10.15
N°200	0.075	10.32	8.08	97.93	2.07
FONDO		2.64	2.07	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.4</b>
<b>Cc =</b>	<b>1.4</b>

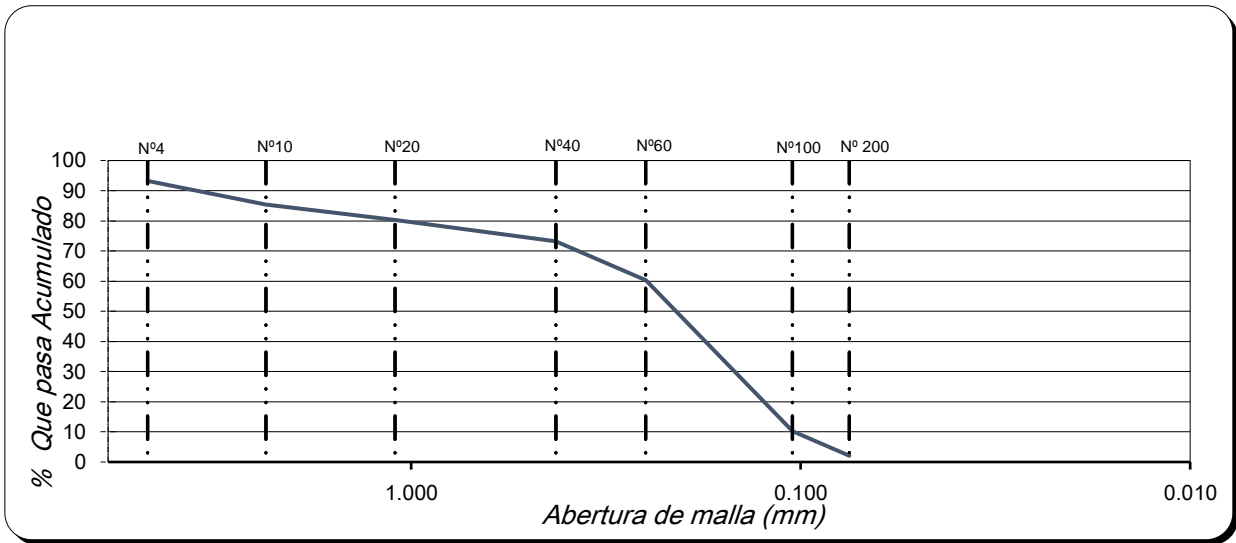


Figura N° 41: curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 24 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 24: resultados de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	5.25	3.51	3.51	96.49
N°10	2.360	12.82	8.57	12.07	87.93
N°20	1.100	12.90	8.62	20.69	79.31
N°40	0.425	16.98	11.34	32.04	67.96
N°60	0.250	22.54	15.06	47.10	52.90
N°140	0.105	64.32	42.97	90.07	9.93
N°200	0.075	12.44	8.31	98.38	1.62
<b>FONDO</b>		2.42	1.62	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>3.2</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.1</b>

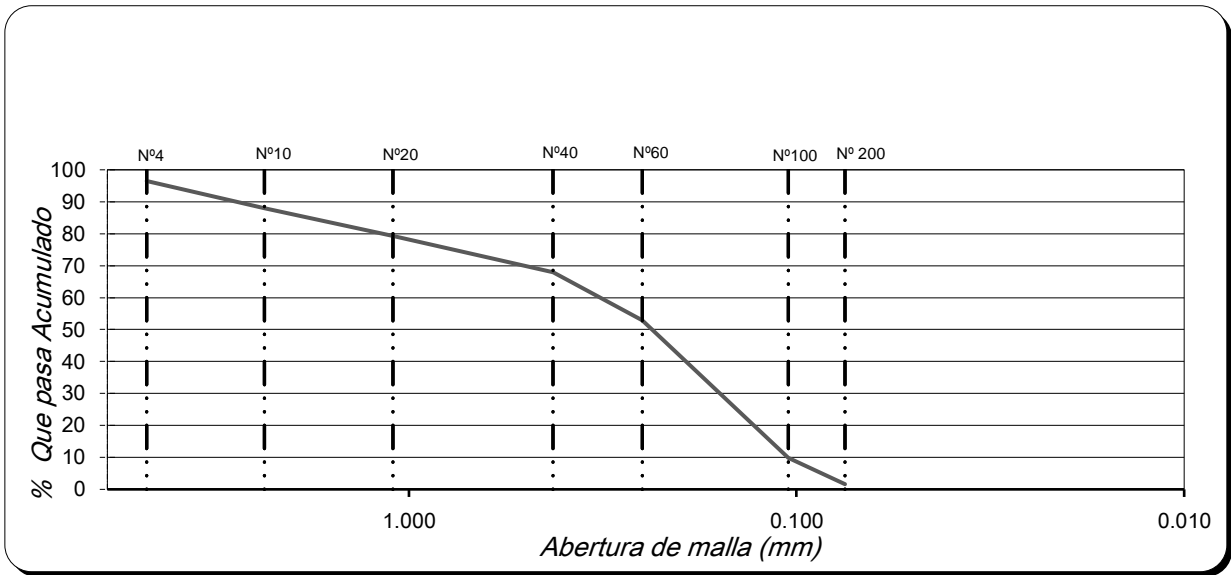


Figura N° 42: curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### **Granulometría por tamizado Calicata N°7**

En la tabla N° 25 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 25: resultados de granulometría del estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N°10	2.360	3.43	2.13	2.13	97.87
N°20	1.100	5.25	3.27	5.40	94.60
N°40	0.425	10.52	6.54	11.94	88.06
N°60	0.250	18.52	11.52	23.46	76.54
N°140	0.105	105.68	65.73	89.19	10.81
N°200	0.075	15.62	9.72	98.91	1.09
<b>FONDO</b>		1.76	1.09	100.00	0.00
<b>Cu =</b>	<b>2.2</b>				
<b>Cc=</b>	<b>1.4</b>				



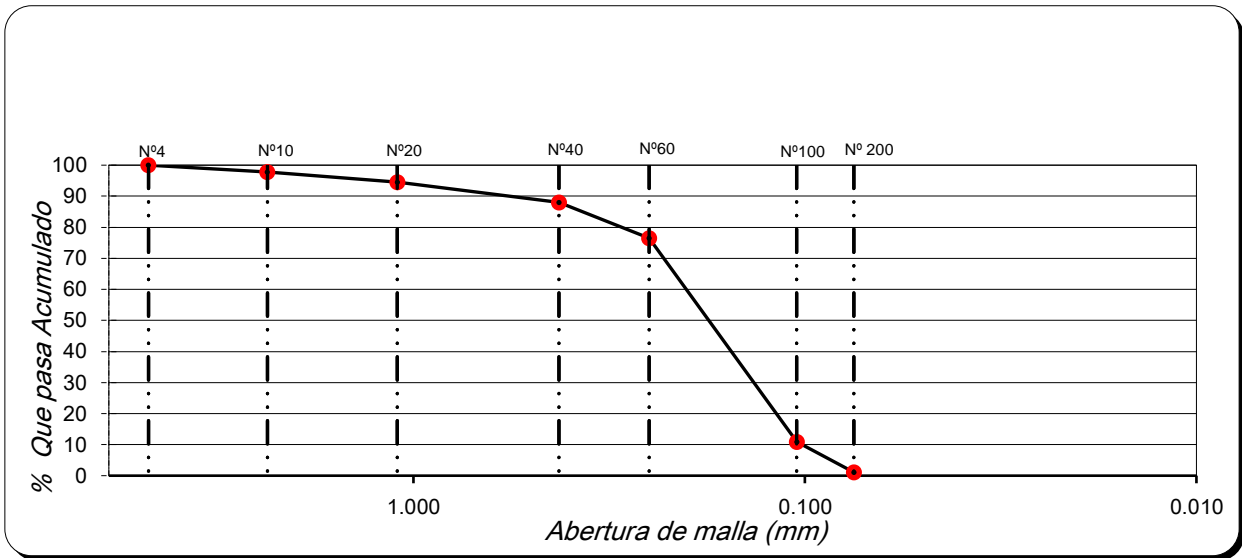


Figura N° 43: curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 26 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 26: resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	68.01	31.83	31.83	68.17
N°10	2.360	34.03	15.93	47.76	52.24
N°20	1.100	34.65	16.22	63.98	36.02
N°40	0.425	18.98	8.88	72.87	27.13
N°60	0.250	16.13	7.55	80.42	19.58
N°140	0.105	33.54	15.70	96.11	3.89
N°200	0.075	6.91	3.23	99.35	0.65
FONDO		1.39	0.65	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>19.0</b>
<b>Cc=</b>	<b>0.6</b>

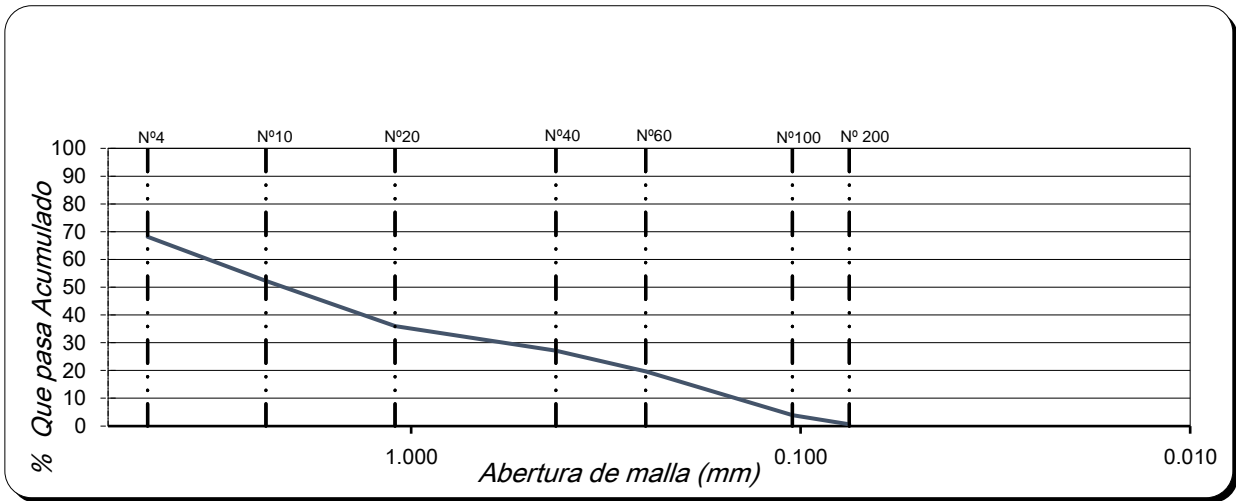


Figura N° 44: curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Granulometría por tamizado Calicata N°8

En la tabla N° 27 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 27: resultados de granulometría del estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	15.35	8.14	8.14	91.86
N°10	2.360	10.05	5.33	13.47	86.53
N°20	1.100	8.18	4.34	17.80	82.20
N°40	0.425	8.21	4.35	22.16	77.84
N°60	0.250	10.37	5.50	27.66	72.34
N°140	0.105	97.89	51.90	79.56	20.44
N°200	0.075	33.39	17.70	97.26	2.74
FONDO	.	5.16	2.74	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.4</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.0</b>

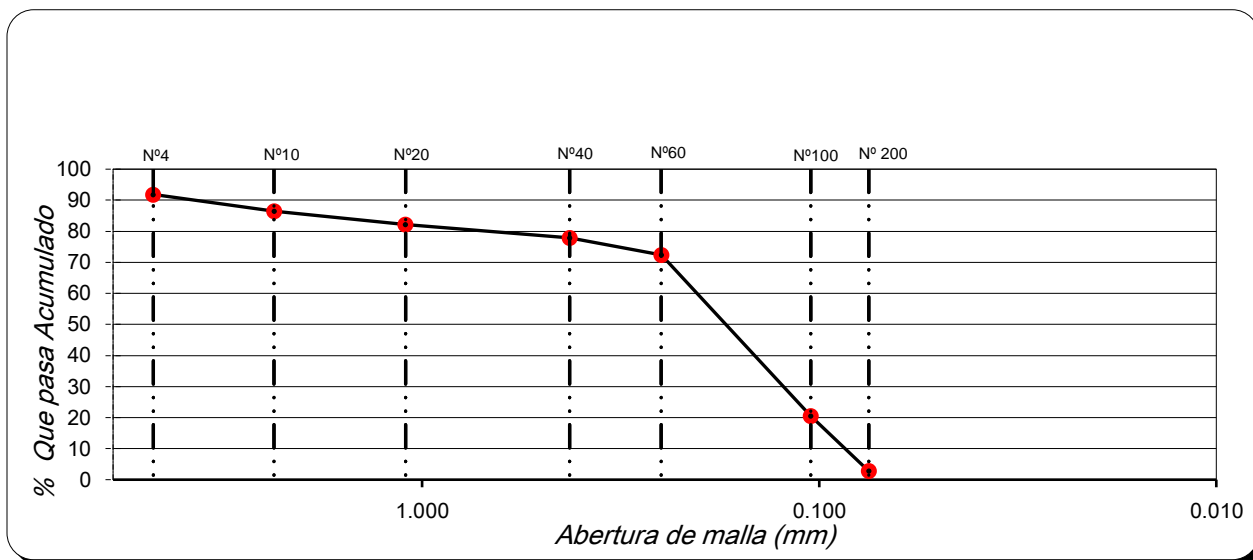


Figura N° 45: curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 28 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 28: resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	77.06	31.76	31.76	68.24
N°10	2.360	38.93	16.05	47.81	52.19
N°20	1.100	44.77	18.45	66.27	33.73
N°40	0.425	23.02	9.49	75.75	24.25
N°60	0.250	17.95	7.40	83.15	16.85
N°140	0.105	32.35	13.33	96.49	3.51
N°200	0.075	7.55	3.11	99.60	0.40
FONDO		0.97	0.40	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>17.9</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.0</b>

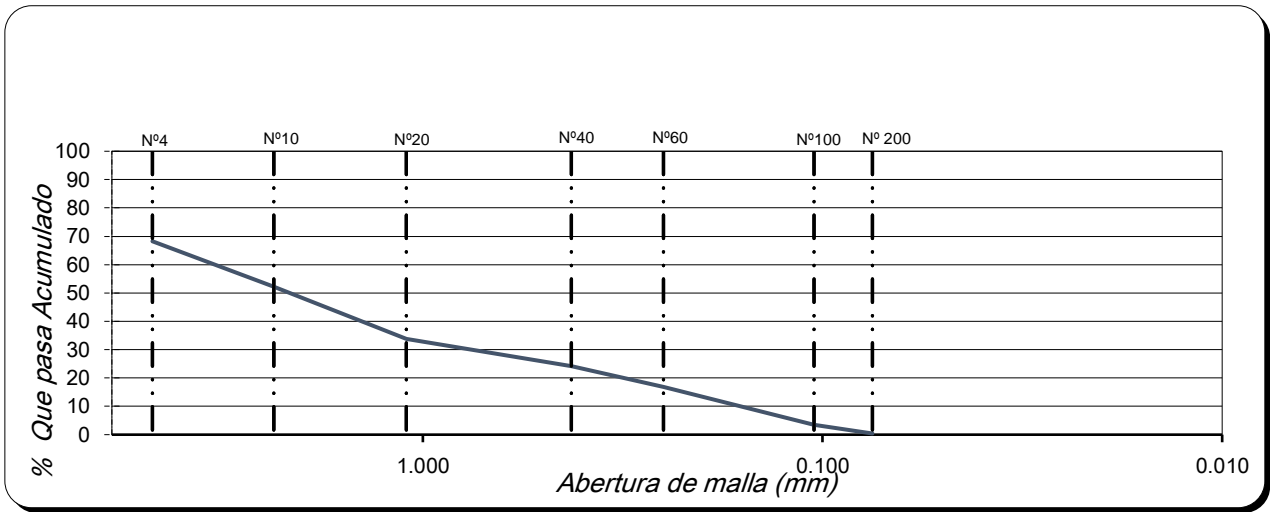


Figura N° 46: curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 29 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 29: resultados de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	0.63	0.39	0.39	99.61
N°10	2.360	4.46	2.75	3.14	96.86
N°20	1.100	8.07	4.98	8.12	91.88
N°40	0.425	13.63	8.41	16.53	83.47
N°60	0.250	20.21	12.47	29.01	70.99
N°140	0.105	87.40	53.94	82.94	17.06
N°200	0.075	20.18	12.45	95.40	4.60
<b>FONDO</b>		7.46	4.60	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.5</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.2</b>

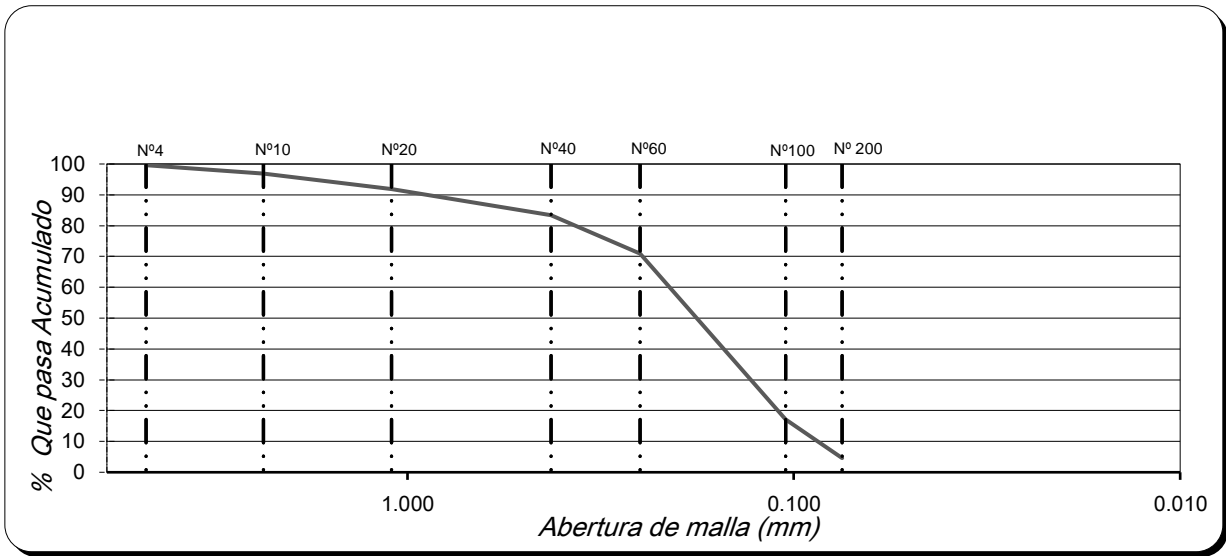


Figura N° 47: curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Granulometría por tamizado Calicata N°9

En la tabla N° 30 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 30: resultados de granulometría del estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	1.04	0.84	0.84	99.16
N°10	2.360	3.99	3.22	4.06	95.94
N°20	1.100	4.01	3.24	7.31	92.69
N°40	0.425	5.49	4.44	11.74	88.26
N°60	0.250	11.50	9.29	21.03	78.97
N°140	0.105	83.30	67.31	88.35	11.65
N°200	0.075	12.84	10.38	98.72	1.28
FONDO		1.58	1.28	100.00	0.00
<b>Cu =</b>	<b>2.2</b>				
<b>Cc=</b>	<b>1.3</b>				

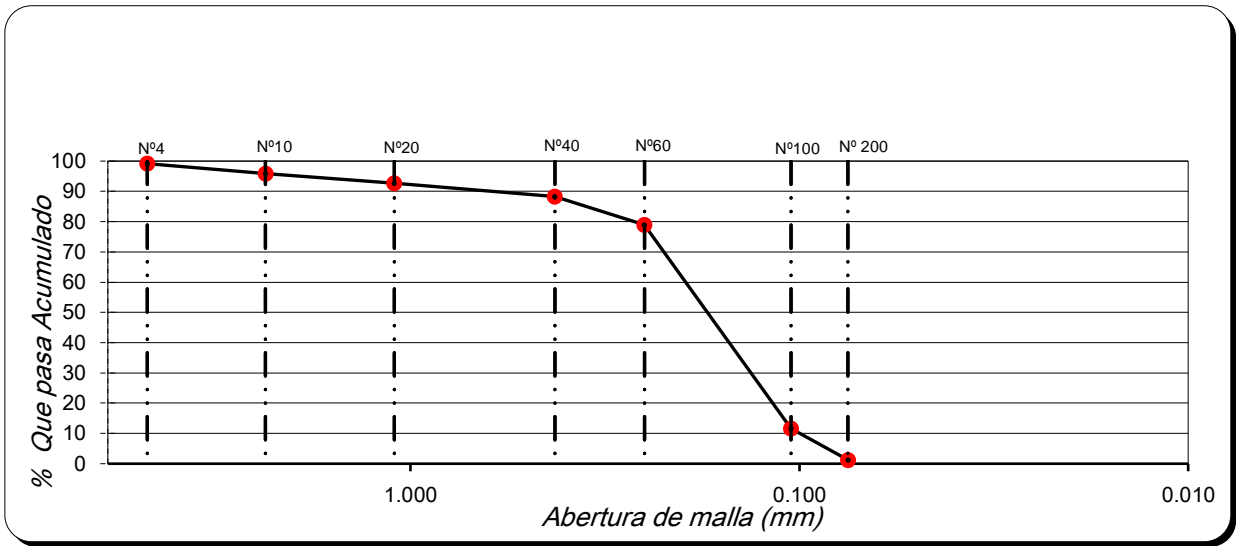


Figura N° 48: curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 31 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 31: resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	22.98	11.68	11.68	88.32
N°10	2.360	7.06	3.59	15.27	84.73
N°20	1.100	8.62	4.38	19.65	80.35
N°40	0.425	15.31	7.78	27.43	72.57
N°60	0.250	25.67	13.05	40.47	59.53
N°140	0.105	97.59	49.59	90.07	9.93
N°200	0.075	16.80	8.54	98.60	1.40
FONDO		2.75	1.40	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.4</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.4</b>

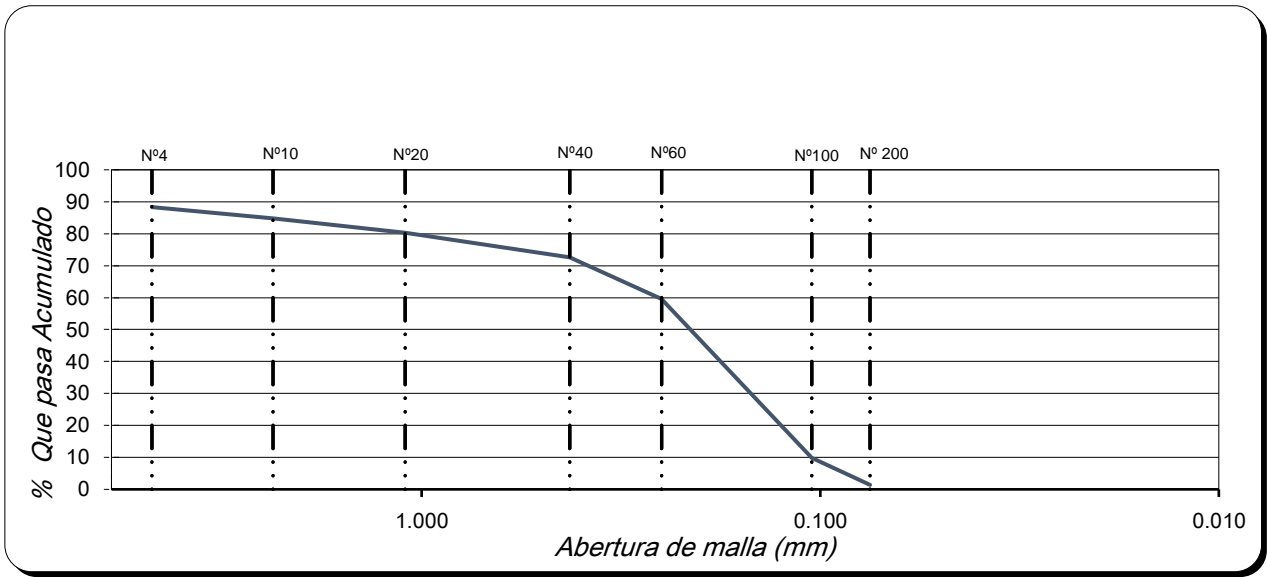


Figura N° 49: curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 32 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 32: resultados de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	87.61	38.70	38.70	61.30
N°10	2.360	36.38	16.07	54.78	45.22
N°20	1.100	32.34	14.29	69.06	30.94
N°40	0.425	17.67	7.81	76.87	23.13
N°60	0.250	15.92	7.03	83.90	16.10
N°140	0.105	27.53	12.16	96.06	3.94
N°200	0.075	7.03	3.11	99.17	0.83
FONDO		1.88	0.83	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>22.8</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.1</b>

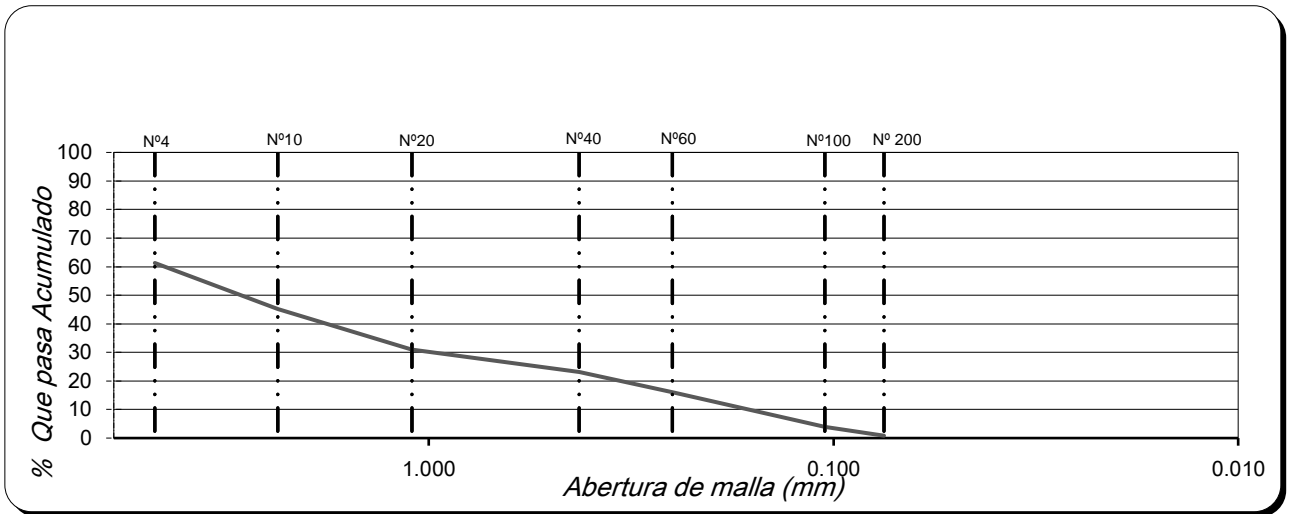


Figura N° 50: curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Granulometría por tamizado Calicata N°10

En la tabla N° 33 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 33: resultados de granulometría del estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	1.17	0.78	0.78	99.22
N°10	2.360	3.06	2.04	2.82	97.18
N°20	1.100	5.11	3.41	6.24	93.76
N°40	0.425	10.72	7.16	13.39	86.61
N°60	0.250	20.04	13.38	26.77	73.23
N°140	0.105	92.27	61.60	88.38	11.62
N°200	0.075	14.37	9.59	97.97	2.03
<b>FONDO</b>		3.04	2.03	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.3</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.3</b>



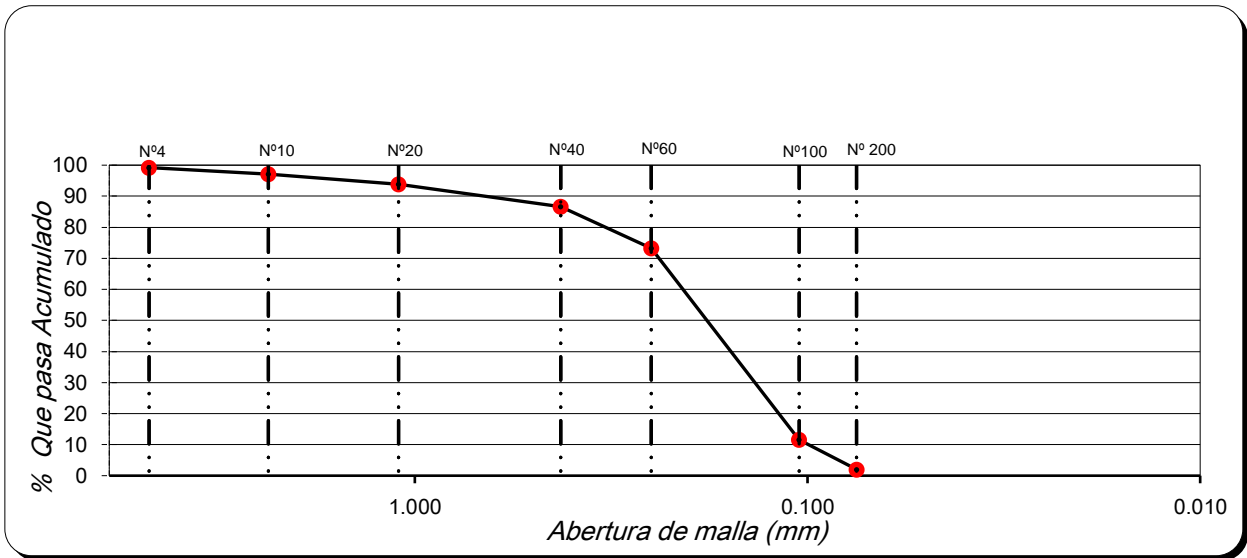


Figura N° 51: curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 34 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 34: resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	7.33	4.99	4.99	95.01
N°10	2.360	5.52	3.75	8.74	91.26
N°20	1.100	6.05	4.12	12.86	87.14
N°40	0.425	7.07	4.81	17.66	82.34
N°60	0.250	13.10	8.91	26.57	73.43
N°140	0.105	90.76	61.73	88.31	11.69
N°200	0.075	15.08	10.26	98.56	1.44
<b>FONDO</b>		2.11	1.44	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.3</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.3</b>

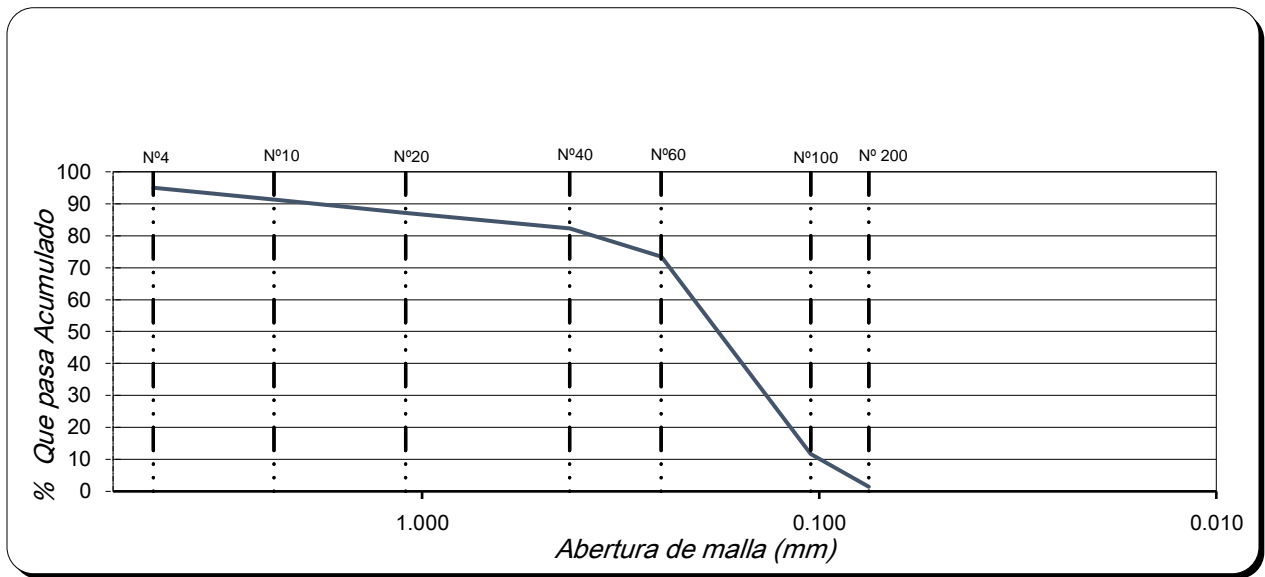


Figura N° 52: curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 35 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 35: resultados de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	11.64	6.81	6.81	93.19
N°10	2.360	10.65	6.23	13.04	86.96
N°20	1.100	6.31	3.69	16.73	83.27
N°40	0.425	7.28	4.26	20.99	79.01
N°60	0.250	10.49	6.14	27.13	72.87
N°140	0.105	102.61	60.03	87.16	12.84
N°200	0.075	19.12	11.19	98.35	1.65
FONDO	.	2.82	1.65	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.3</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.3</b>

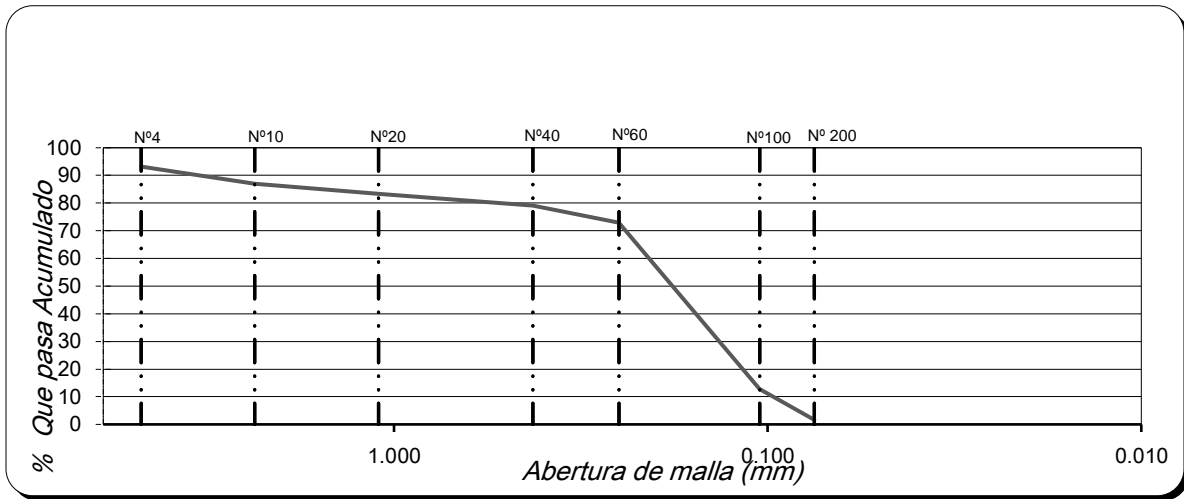


Figura N° 53: curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Granulometría por tamizado Calicata N°11

En la tabla N° 36 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 36: resultados de granulometría del estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	6.50	3.59	3.59	96.41
N°10	2.360	8.41	4.64	8.23	91.77
N°20	1.100	6.57	3.63	11.86	88.14
N°40	0.425	10.53	5.81	17.67	82.33
N°60	0.250	19.50	10.77	28.44	71.56
N°140	0.105	110.15	60.82	89.26	10.74
N°200	0.075	17.92	9.89	99.16	0.84
<b>FONDO</b>		1.53	0.84	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.3</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.4</b>

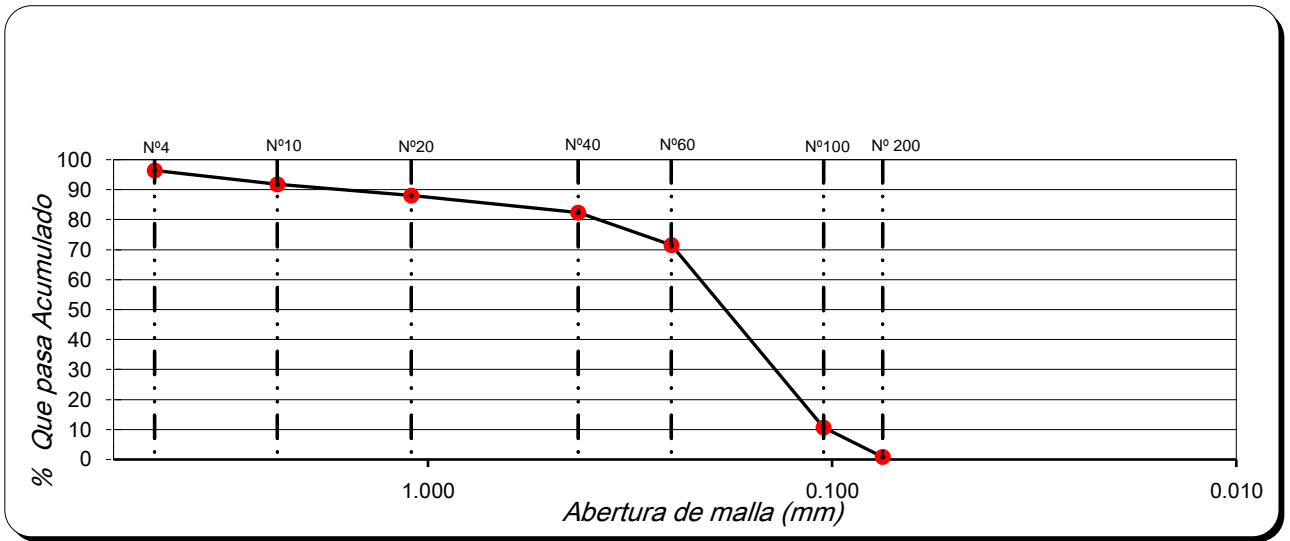


Figura N° 54: curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 37 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 37: resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	25.81	14.88	14.88	85.12
N°10	2.360	6.89	3.97	18.85	81.15
N°20	1.100	6.83	3.94	22.79	77.21
N°40	0.425	11.22	6.47	29.26	70.74
N°60	0.250	18.78	10.83	40.09	59.91
N°140	0.105	90.23	52.02	92.11	7.89
N°200	0.075	12.49	7.20	99.31	0.69
FONDO		1.20	0.69	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.1</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.3</b>

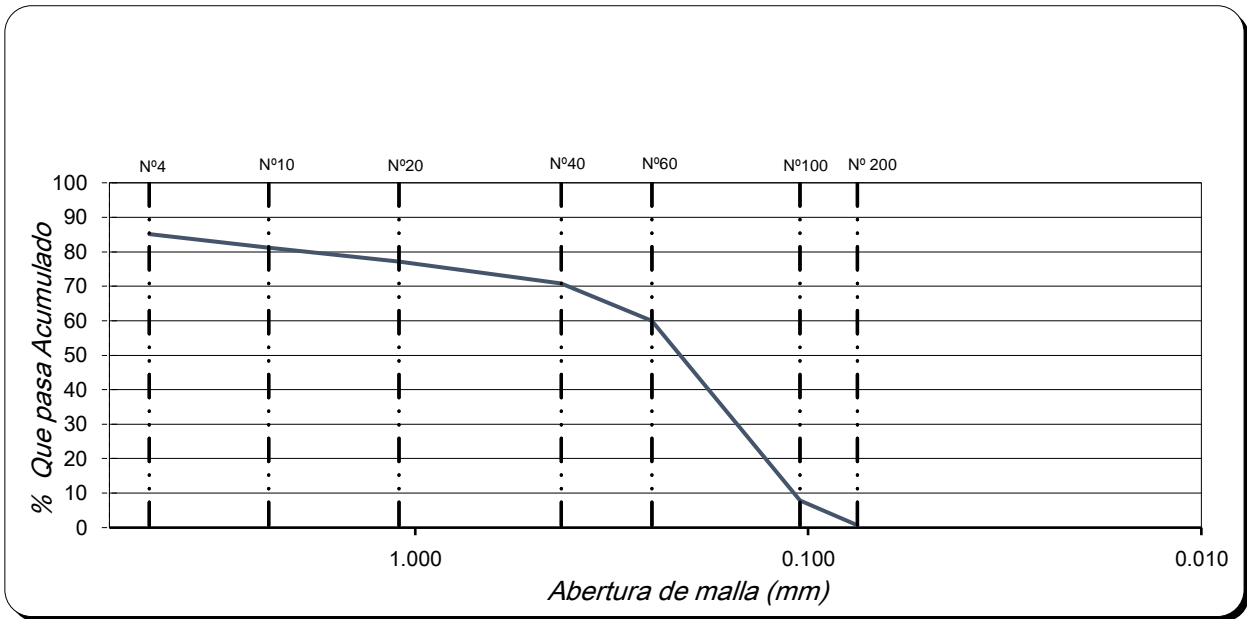


Figura N° 55: curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 38 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 38: resultados de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	4.17	2.93	2.93	97.07
N°10	2.360	5.55	3.90	6.83	93.17
N°20	1.100	4.61	3.24	10.08	89.92
N°40	0.425	9.38	6.59	16.67	83.33
N°60	0.250	16.53	11.62	28.29	71.71
N°140	0.105	86.83	61.05	89.34	10.66
N°200	0.075	13.60	9.56	98.90	1.10
FONDO	.	1.56	1.10	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.3</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.4</b>

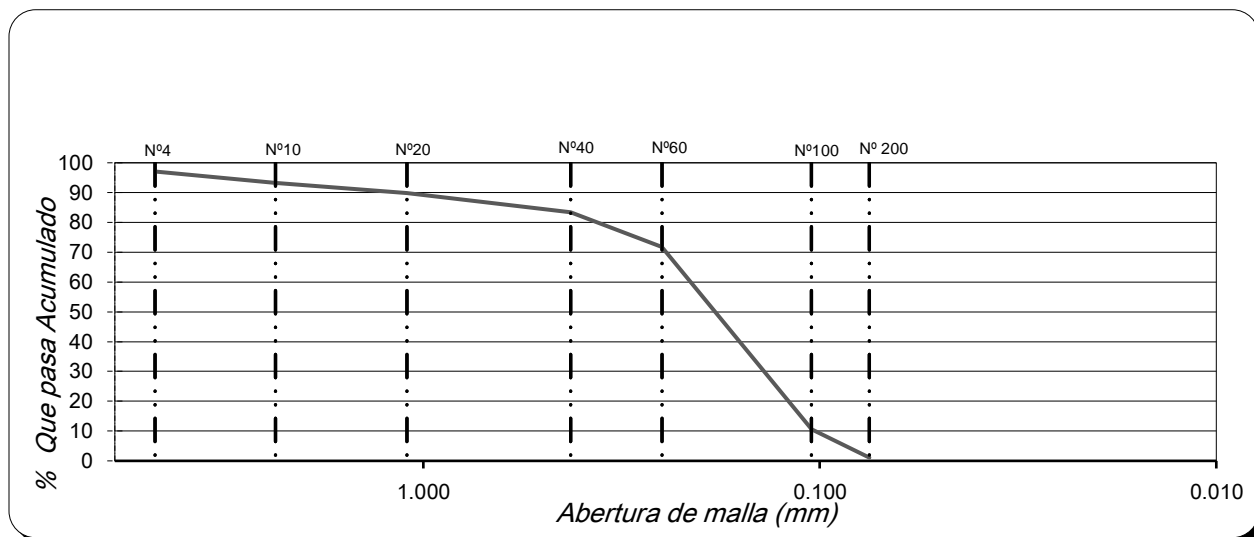


Figura N° 56: curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Granulometría por tamizado Calicata N°12

En la tabla N° 39 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 39: resultados de granulometría del estrato 1

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	4.50	2.62	2.62	97.38
N°10	2.360	6.41	3.74	6.36	93.64
N°20	1.100	7.54	4.40	10.76	89.24
N°40	0.425	9.52	5.55	16.31	83.69
N°60	0.250	17.49	10.20	26.51	73.49
N°140	0.105	108.63	63.34	89.85	10.15
N°200	0.075	15.96	9.31	99.15	0.85
FONDO		1.45	0.85	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Cu =	2.2
Cc =	1.4

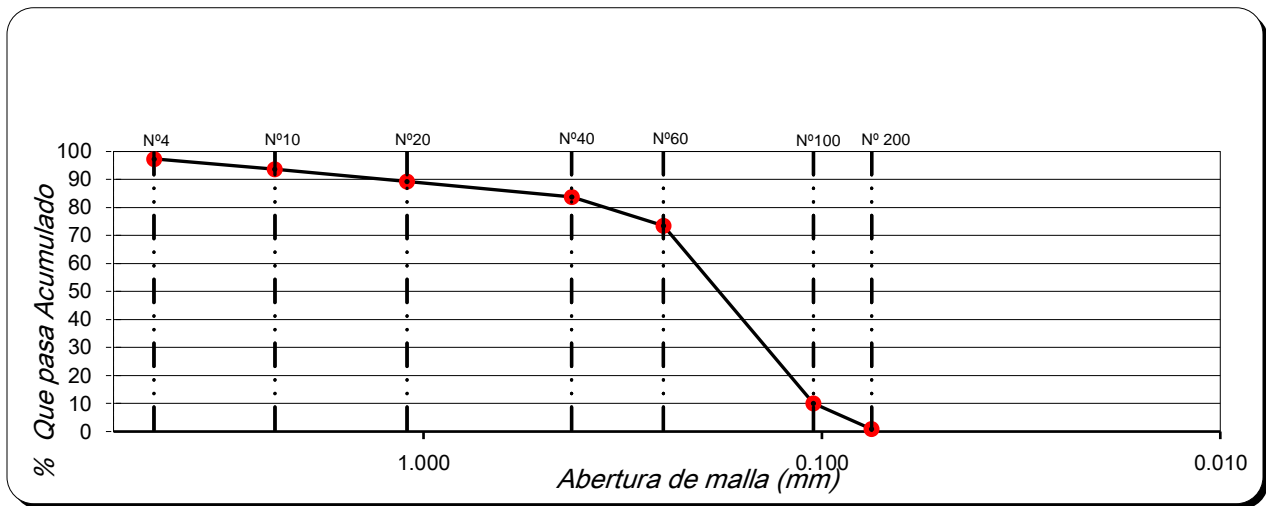


Figura N° 57: curva granulométrica del estrato 1

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 40 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 40: resultados de granulometría del estrato 2

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADAS	MILÍMETROS	Retenido	RETENIDO	ACUMULADO	ACUMULADO
N°4	4.750	23.81	14.57	14.57	85.43
N°10	2.360	5.89	3.60	18.18	81.82
N°20	1.100	7.93	4.85	23.03	76.97
N°40	0.425	14.23	8.71	31.74	68.26
N°60	0.250	15.44	9.45	41.19	58.81
N°140	0.105	83.42	51.05	92.24	7.76
N°200	0.075	11.45	7.01	99.25	0.75
<b>FONDO</b>		1.23	0.75	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.2</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.2</b>

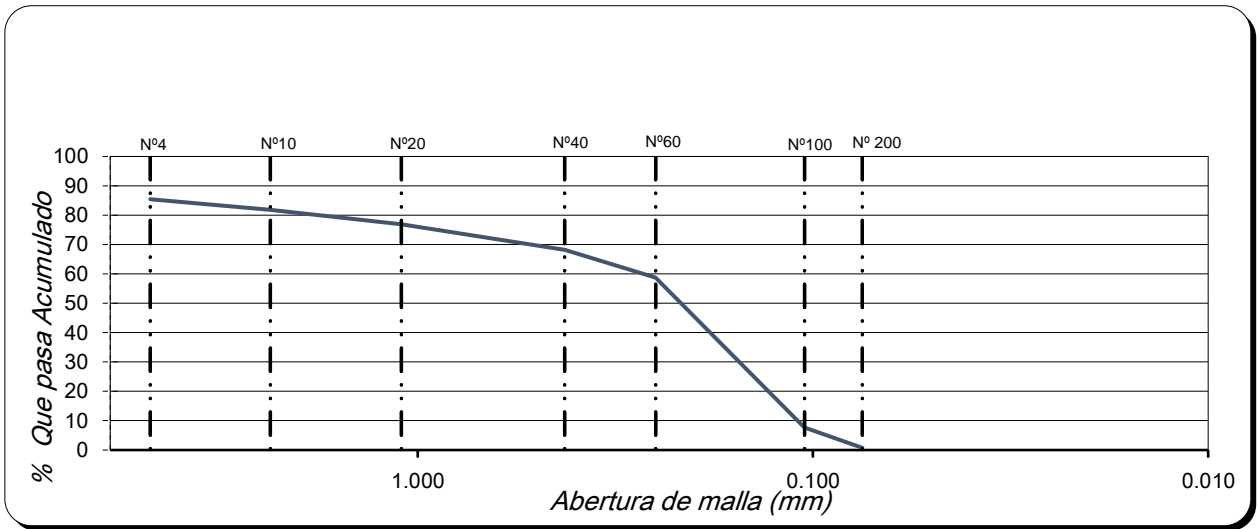


Figura N° 58: curva granulométrica del estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

En la tabla N° 41 se aprecia los resultados conseguidos al pasar el material extraído por los tamices normalizados.

Tabla 41: resultados de granulometría del estrato 3

MALLAS		Peso	%	% RETENIDO	% QUE PASA
PULGADA	MILÍMETRO	Retenido	RETENID	ACUMULAD	ACUMULAD
S	S		O	O	O
N°4	4.750	3.48	2.54	2.54	97.46
N°10	2.360	5.66	4.13	6.68	93.32
N°20	1.100	4.68	3.42	10.09	89.91
N°40	0.425	8.94	6.53	16.63	83.37
N°60	0.250	15.56	11.37	27.99	72.01
N°140	0.105	84.65	61.83	89.82	10.18
N°200	0.075	12.48	9.12	98.94	1.06
FONDO	.	1.45	1.06	100.00	0.00

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>Cu =</b>	<b>2.3</b>
<b>Cc=</b>	<b>1.4</b>



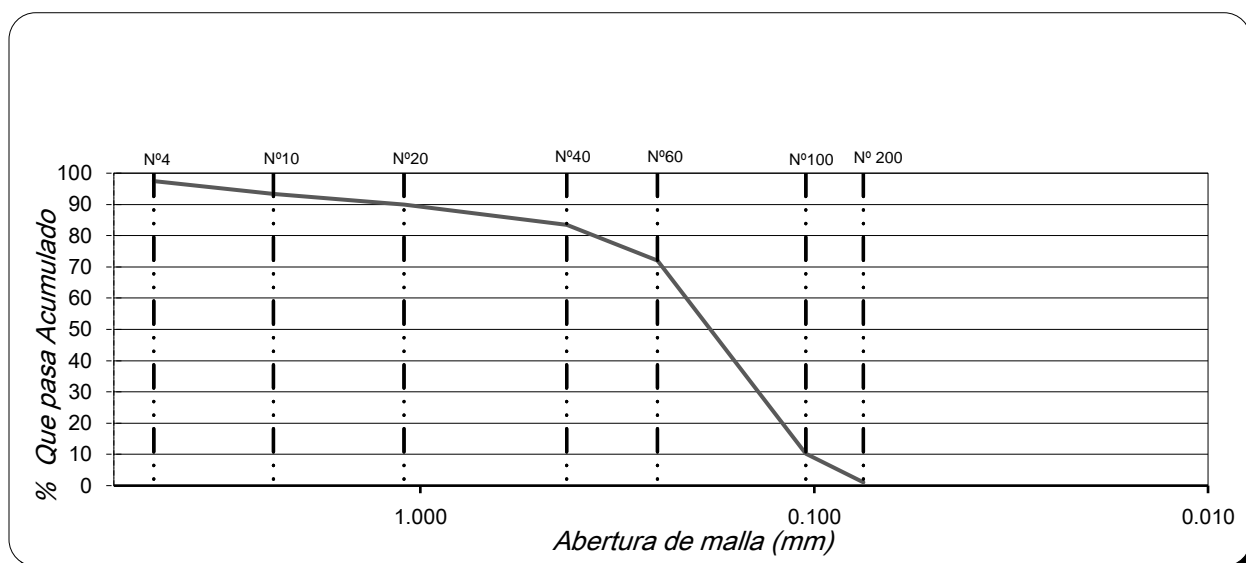


Figura N° 59: curva granulométrica del estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### **Límites de Atterberg Calicata N°1**

En la tabla N° se aprecia los resultados conseguidos, límite líquido, límite plástico e índice plástico.

Tabla 42: Recolección de datos del laboratorio, estrato 3

Datos de Ensayo		Límite Líquido			Límite Plástico
1	N° de Tara	1	2	3	4
2	N° de Golpes	g. 35	26	17	
3	Peso de muestra humedad + tara	g. 21.55	18.49	19.05	25.38
4	Peso de muestra seca + tara	g. 18.81	15.99	16.52	22.4
5	Peso del agua	g. 2.74	2.5	2.53	2.98
6	Peso de tara	g. 8.76	7.71	8.88	6.84
7	Peso de muestra seca	g. 10.05	8.28	7.64	15.56
8	Contenido de humedad	% 27.26	30.19	33.12	19.15

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

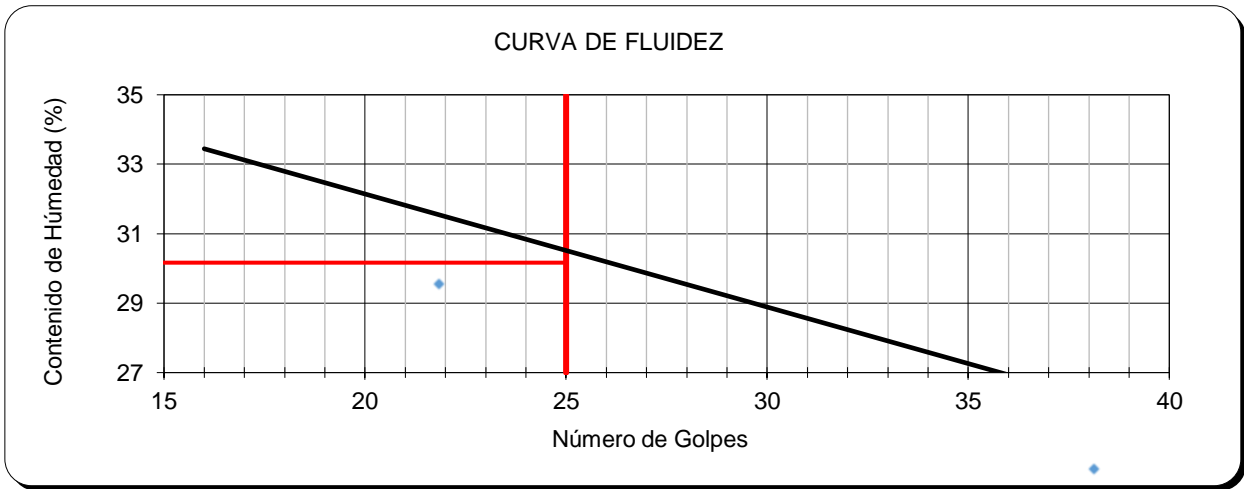


Figura N° 60: Curva de fluidez, estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Tabla 43: Resultados de límites de consistencia, estrato 3

<b>Límite Líquido</b>	<b>%</b>	<b>30.17</b>
<b>Límite Plástico</b>	<b>%</b>	<b>19.15</b>
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>%</b>	<b>11.01</b>

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Límites de Atterberg Calicata N°1

Tabla 44: Recolección de datos del laboratorio, estrato 4

Datos de Ensayo			Límite Líquido			Límite Plástico
			1	2	3	4
<b>1</b>	N° de Tara					
<b>2</b>	N° de Golpes	g.	34	26	18	
<b>3</b>	Peso de muestra humedad + tara	g.	22.8	23.51	26.12	32.13
<b>4</b>	Peso de muestra seca + tara	g.	19.34	19.69	21.72	28.5
<b>5</b>	Peso del agua	g.	3.46	3.82	4.4	3.63
<b>6</b>	Peso de tara	g.	8.61	8.38	9.17	8.05
<b>7</b>	Peso de muestra seca	g.	10.73	11.31	12.55	20.45
<b>8</b>	Contenido de humedad	%	32.25	33.78	35.06	17.75

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

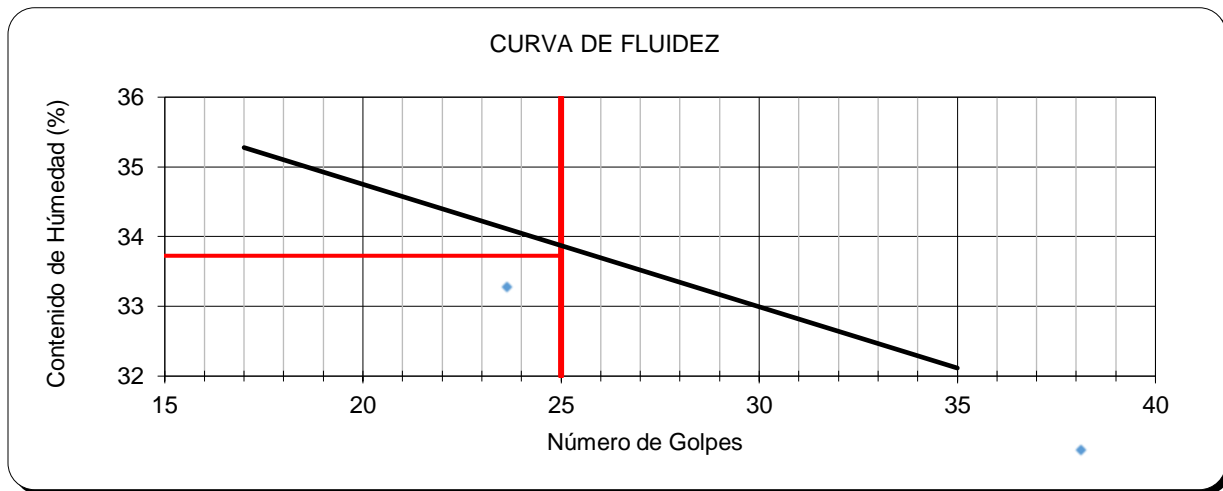


Figura N° 61: Curva de fluidez, estrato 4

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Tabla 45: Resultados de límites de consistencia, estrato 4

<b>Límite Líquido</b>	<b>%</b>	<b>33.73</b>
<b>Límite Plástico</b>	<b>%</b>	<b>17.75</b>
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>%</b>	<b>15.98</b>

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Límites de Atterberg Calicata N°1

Tabla 46: Recolección de datos del laboratorio, estrato 5

<b>Datos de Ensayo</b>		<b>Límite Líquido</b>			<b>Límite Plástico</b>	
<b>1.-</b>	N° de Tara		1	2	3	4
<b>2.-</b>	N° de Golpes	g.	32	27	17	
<b>3.-</b>	Peso de muestra humedad + tara	g.	18.88	22.7	22.8	25.52
<b>4.-</b>	Peso de muestra seca + tara	g.	16.17	18.82	18.6	23.34
<b>5.-</b>	Peso del agua	g.	2.71	3.88	4.2	2.18
<b>6.-</b>	Peso de tara	g.	9.17	9.13	8.43	8.61
<b>7.-</b>	Peso de muestra seca	g.	7	9.69	10.17	14.73
<b>8.-</b>	Contenido de humedad	%	38.71	40.04	41.30	14.80

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

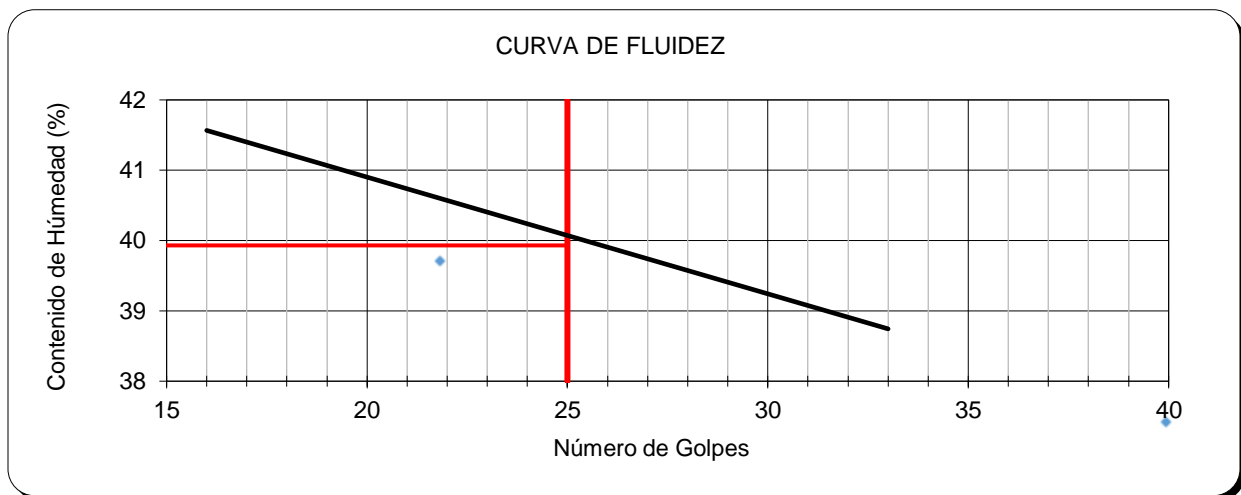


Figura N° 62: Curva de fluidez, estrato 5

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Tabla 47: Resultados de límites de consistencia, estrato 5

<b>Límite Líquido</b>	<b>%</b>	<b>39.93</b>
<b>Límite Plástico</b>	<b>%</b>	<b>14.80</b>
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>%</b>	<b>25.13</b>

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Límites de Atterberg Calicata N°2

Tabla 48: Recolección de datos del laboratorio, estrato 2

Datos de Ensayo			Límite Líquido			Límite Plástico
			1	2	3	4
<b>1</b>	N° de Tara					
<b>2</b>	N° de Golpes	g.	31	24	16	
<b>3</b>	Peso de muestra humedad + tara	g.	19.27	18.61	18.15	25.59
<b>4</b>	Peso de muestra seca + tara	g.	16.9	16.2	15.2	22.81
<b>5</b>	Peso del agua	g.	2.37	2.41	2.95	2.78
<b>6</b>	Peso de tara	g.	8.65	8.8	8.08	8.78
<b>7</b>	Peso de muestra seca	g.	8.25	7.4	7.12	14.03
<b>8</b>	Contenido de humedad	%	28.73	32.57	41.43	19.81

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

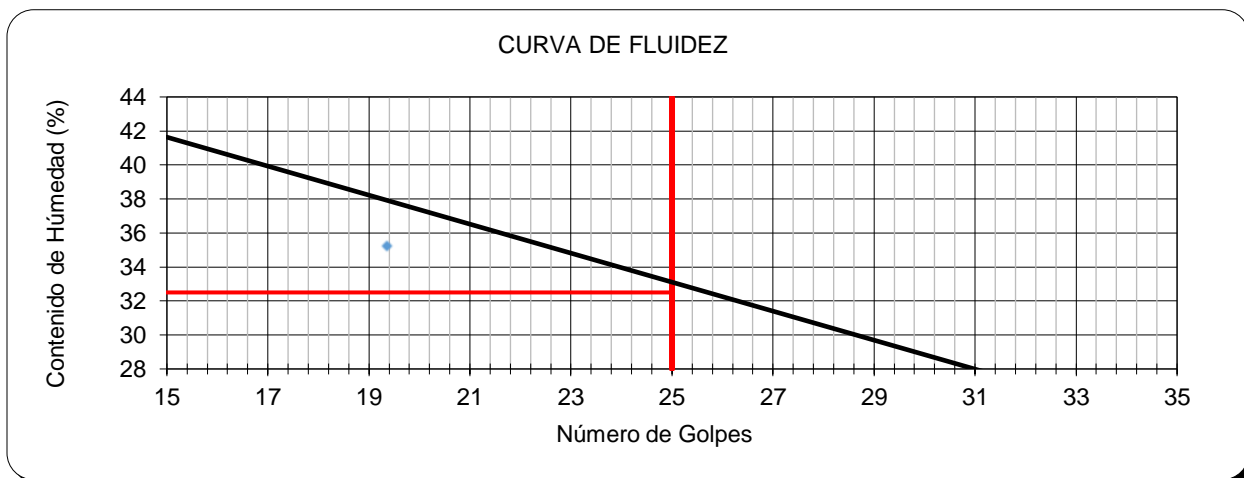


Figura N° 63: Curva de fluidez, estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Tabla 49: Resultados de límites de consistencia, estrato 2

<b>Límite Líquido</b>	<b>%</b>	<b>32.50</b>
<b>Límite Plástico</b>	<b>%</b>	<b>19.81</b>
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>%</b>	<b>12.69</b>

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Límites de Atterberg Calicata N°2

Tabla 50: Recolección de datos del laboratorio, estrato 3

Datos de Ensayo		Límite Líquido			Límite Plástico	
		1	2	3	4	
<b>1</b>	N° de Tara					
<b>2</b>	N° de Golpes	g.	34	24	18	
<b>3</b>	Peso de muestra humedad + tara	g.	21.09	23.08	25.14	24.13
<b>4</b>	Peso de muestra seca + tara	g.	19.34	20.1	21.72	21.4
<b>5</b>	Peso del agua	g.	1.75	2.98	3.42	2.73
<b>6</b>	Peso de tara	g.	8.61	8.25	9.17	6.61
<b>7</b>	Peso de muestra seca	g.	10.73	11.85	12.55	14.79
<b>8</b>	Contenido de humedad	%	16.31	25.15	27.25	18.46

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

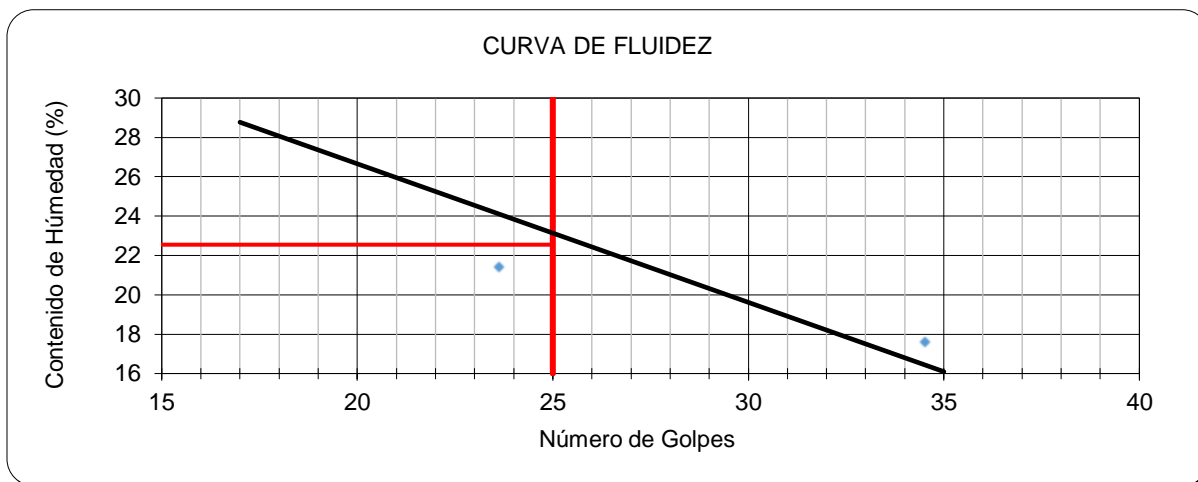


Figura N° 64: Curva de fluidez, estrato 3

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Tabla 51: Resultados de límites de consistencia, estrato 3

<b>Límite Líquido</b>	<b>%</b>	<b>22.55</b>
<b>Límite Plástico</b>	<b>%</b>	<b>18.46</b>
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>%</b>	<b>4.09</b>

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Límites de Atterberg Calicata N°3

Tabla 52: Recolección de datos del laboratorio, estrato 2

Datos de Ensayo		Límite Líquido			Límite Plástico
		1	2	3	
<b>1</b>	N° de Tara				4
<b>2</b>	N° de Golpes	g. 36	24	19	
<b>3</b>	Peso de muestra humedad + tara	g. 22.65	24.05	25.14	22.04
<b>4</b>	Peso de muestra seca + tara	g. 19.34	20.16	21.12	20.49
<b>5</b>	Peso del agua	g. 3.31	3.89	4.02	1.55
<b>6</b>	Peso de tara	g. 8.64	8.25	8.87	8.63
<b>7</b>	Peso de muestra seca	g. 10.7	11.91	12.25	11.86
<b>8</b>	Contenido de humedad	% 30.93	32.66	32.82	13.07

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

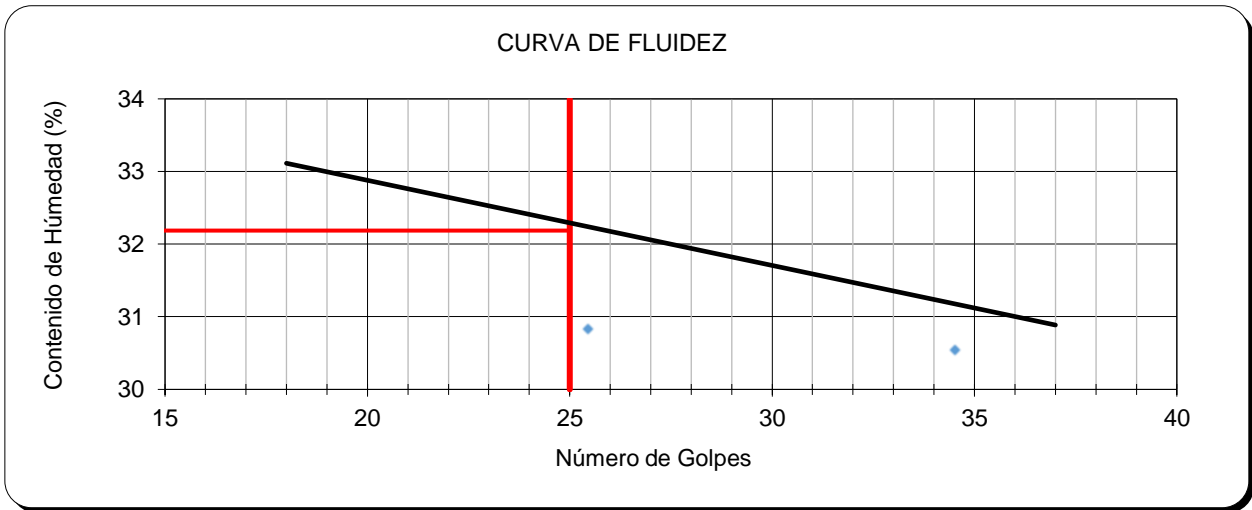


Figura N° 65: Curva de fluidez, estrato 2

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Tabla 53: Resultados de límites de consistencia, estrato 2

<b>Límite Líquido</b>	<b>%</b>	<b>32.19</b>
<b>Límite Plástico</b>	<b>%</b>	<b>13.07</b>
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>%</b>	<b>19.12</b>

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Clasificación de suelos por el método SUCS

Se realizó la clasificación de los suelos encontrados según el método SUCS, y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 54: clasificación de suelo por cada calicata

TIPO DE SUELOS		
CALICATA	ESTRATO	T. SUELO
<b>1</b>	1	SP
	2	SP
	3	SC

	4	SC
	5	SP - SC
<b>2</b>	1	SP
	2	SP - SC
	3	SP - SC
	4	SP
<b>3</b>	1	SP
	2	SC
	3	SP
<b>4</b>	1	SP
	2	SP
	3	SP
	4	SP
<b>5</b>	1	SP
	2	SP
<b>6</b>	1	SP
	2	SP
	3	SP
<b>7</b>	1	SP
	2	SP
<b>8</b>	1	SP
	2	SP
	3	SP
<b>9</b>	1	SP
	2	SP
	3	SP
<b>10</b>	1	SP
	2	SP
	3	SP
<b>11</b>	1	SP
	2	SP
	3	SP
<b>12</b>	1	SP
	2	SP
	3	SP

*Fuente:* Elaboración Propia



Tabla 55: Tipos de suelo

RESUMEN TIPOS DE SUELOS			DESCRIPCIÓN
TIPO SUELO	SP	30	Arenas mal gradadas
	SC	3	Arenas arcillosas
	SP - SC	3	Arenas mal gradadas con presencia de arcillas

Fuente: Elaboración Propia

Determinar el óptimo contenido de humedad mediante el ensayo de próctor modificado para el suelo natural y para cada porcentaje de Polietileno de alta densidad (PEAD).

Tabla 56: Ensayo de densidad de campo con el método del cono de arena

DATOS			
1	Masa de frasco + arena g		7665
2	Masa de frasco + arena que queda g		3601
3	Masa de la arena en el cono	g	1778
4	densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup>	1.51
5	volumen del material extraído $((1-2)-3)/4$	cm <sup>3</sup>	1513.91
6	Masa del material + recipiente	g	2438
7	peso del recipiente	g	186
8	peso suelo húmedo $((6-7)$	g	2252
9	volumen suelo húmedo (5)	g	1513.91
10	densidad natural húmeda (8/9)	g/cm <sup>3</sup>	1.49
11	Contenido de humedad natural	(%)	7.48
12	densidad natural seca $(10/(100+11))*100$	g/cm <sup>3</sup>	1.38

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Próctor Modificado del material en estado natural, 0% PEAD

Tabla 57: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 0% de PEAD

MOLDE	UNID	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	6139	6236	6255	6183
2.- Peso del molde	(gr)	4232	4232	4232	4232
3.- Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	903.21	903.21	903.21	903.21
3.- Peso Suelo Húmedo Compactado	(gr)	1907	2004	2023	1951
4.- Densidad humedad	(gr/cm <sup>3</sup> )	2111	2219	2240	2160
CONTENIDO DE HUMEDAD					
5.- N° de tara		M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo		261.8	269.8	312.3	329.8
7.- Peso de tara + suelo seco		238.0	242.1	274.9	264.7
8.- Peso de tara		37.7	39.5	36.8	37.5
9.- Peso del agua		23.8	27.7	37.4	65.1
10.- Peso de suelo seco		200.3	202.6	238.1	227.2
11. Contenido de humedad		11.89	13.69	15.71	28.64
12.- Densidad seca		1887	1952	1936	1679

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

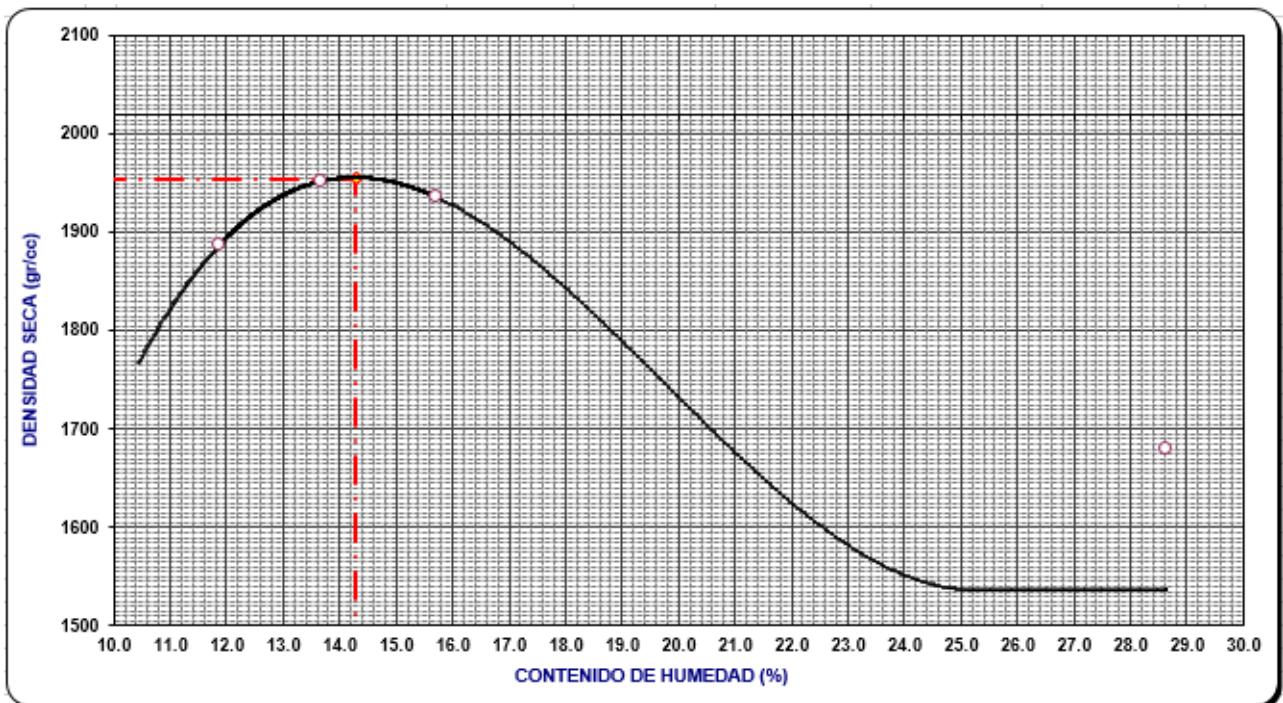


Figura N° 66: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

**Resultados:**

<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>MDS</b>	<b>1.955</b>	<b>gr/cm3</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>OCH</b>	<b>14.28</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Próctor Modificado del material con adición del 1% de PEAD**

*Tabla 58: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 1% de PEAD*

MOLDE	UNID	1	2	3	4
<b>1.- Peso de la muestra compactada + molde</b>	(gr)	6250	5973	5930	5790
<b>2.- Peso del molde</b>	(gr)	4204	4204	4204	4204
<b>3.- Volumen del molde</b>	(cm3)	944	944	944	944
<b>3.- Peso Suelo Húmedo Compactado</b>	(gr)	2046	1769	1726	1586
<b>4.- Densidad humedad</b>	(gr/cm3)	2167	1874	1828	1680
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
<b>5.- N.º de tara</b>		M-1	M-2	M-3	M-4
<b>6.- Peso de tara + suelo húmedo</b>		156.2	181.5	200.9	205.68
<b>7.- Peso de tara + suelo seco</b>		140.7	165.2	184.2	190.1
<b>8.- Peso de tara</b>		31.1	39.3	38.5	36.2
<b>9.- Peso del agua</b>		15.5	16.3	16.7	15.6
<b>10.- Peso de suelo seco</b>		109.6	126.0	145.7	153.9
<b>11. Contenido de humedad</b>		14.18	12.92	11.47	10.13
<b>12.- Densidad seca</b>		1898	1660	1640	1526

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

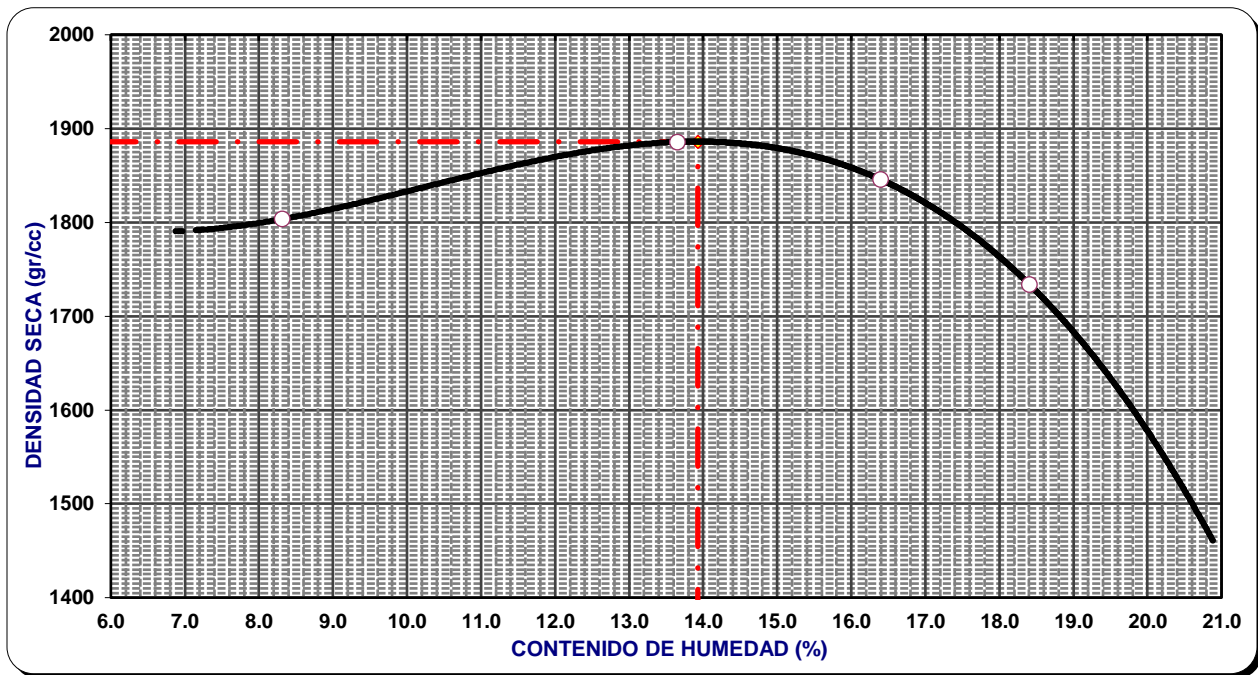


Figura N° 67: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

**Resultados:**

<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>MDS</b>	<b>1.898</b>	<b>gr/cm3</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>OCH</b>	<b>14.18</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Próctor Modificado del material con adición del 1.5% de PEAD**

Tabla 59: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 1.5% de PEAD

MOLDE	UNID	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	6048	6227	6232	6142
2.- Peso del molde	(gr)	4204	4204	4204	4204
3.- Volumen del molde	(cm3)	944	944	944	944
3.- Peso Suelo Húmedo Compactado	(gr)	1844	2023	2028	1938
4.- Densidad humedad	(gr/cm3)	1953	2143	2148	2053

CONTENIDO DE HUMEDAD				
5.- N° de tara	M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo	732.0	738.0	652.0	834.0
7.- Peso de tara + suelo seco	682.0	661.0	571.0	716.0
8.- Peso de tara	81.0	97.0	77.0	75.0
9.- Peso del agua	50.0	77.0	81.0	118.0
10.- Peso de suelo seco	601.0	564.0	494.0	641.0
11. Contenido de humedad	8.32	13.65	16.40	18.41
12.- Densidad seca	1803	1886	1846	1734

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

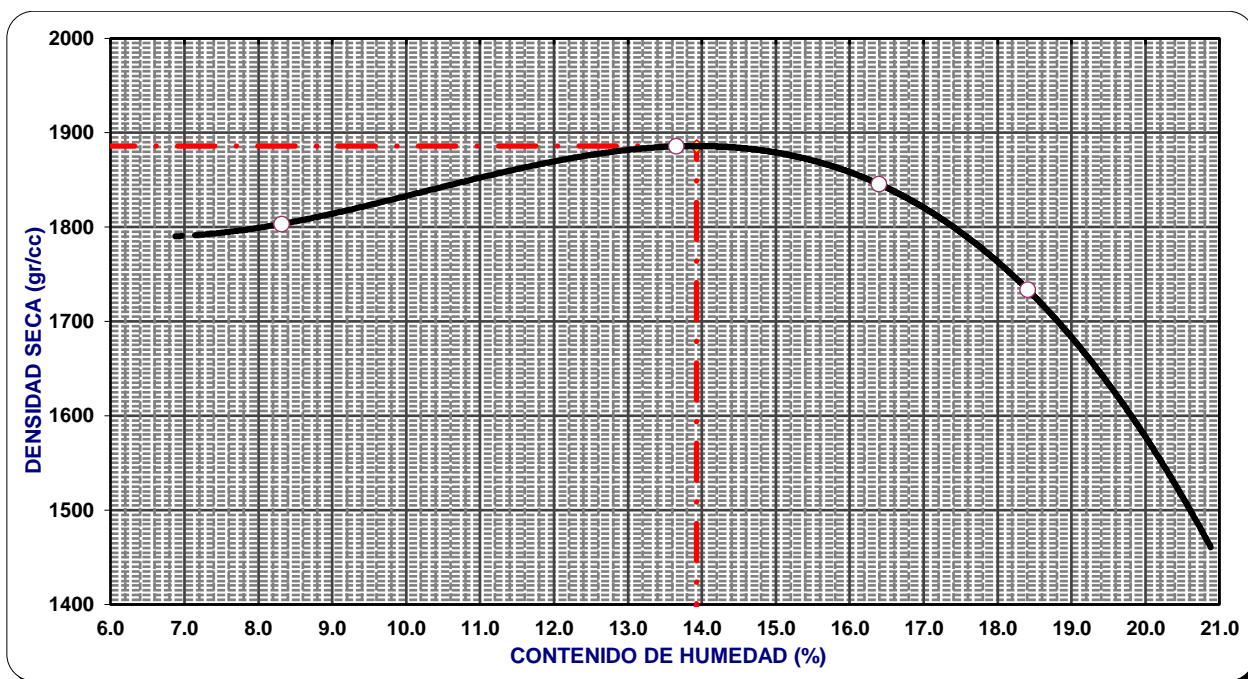


Figura N° 68: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Resultados:

DENSIDAD MAXIMA SECA:	MDS	1.886	gr/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD OPTIMA:	OCH	13.93	

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

### Próctor Modificado del material con adición del 2.0% de PEAD

Tabla 60: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 2.0% de PEAD

MOLDE	UNID	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	6160	6210	6255	6195
2.- Peso del molde	(gr)	4230	4230	4230	4230
3.- Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	903.21	903.21	903.21	903.21
3.- Peso Suelo Húmedo Compactado	(gr)	1930	1980	2025	1965
4.- Densidad humedad	(gr/cm <sup>3</sup> )	2137	2192	2242	2176
CONTENIDO DE HUMEDAD					
5.- N° de tara		M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo		156.2	163.2	131.1	145.1
7.- Peso de tara + suelo seco		145.1	150.8	120.0	130.0
8.- Peso de tara		31.1	39.5	35.0	38.6
9.- Peso del agua		11.2	12.4	11.1	15.1
10.- Peso de suelo seco		114.0	111.4	85.0	91.4
11. Contenido de humedad		9.80	11.12	13.07	16.50
12.- Densidad seca		1946	1973	1983	1867

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

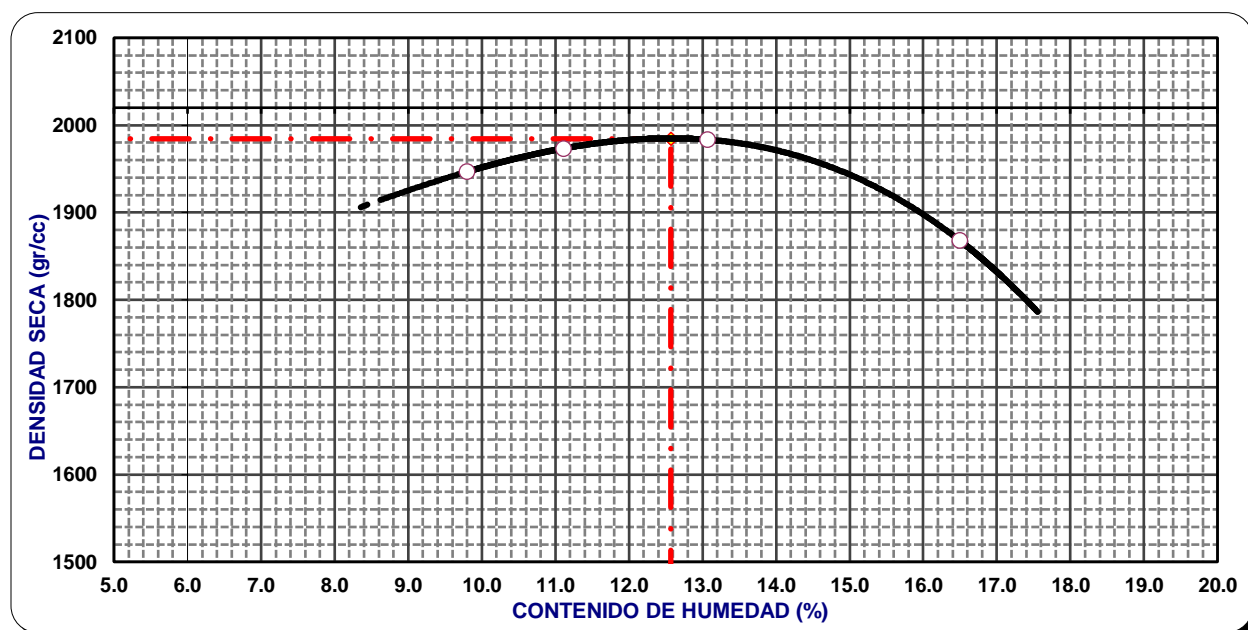


Figura N° 69: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

## Resultados:

<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>MDS</b>	<b>1.876</b>	<b>gr/cm3</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>OCH</b>	<b>12.57</b>	

Fuente: Elaboración Propia

### Próctor Modificado del material con adición del 4.0% de PEAD

Tabla 61: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 4.0 % de PEAD

<b>MOLDE</b>	<b>UNID</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>1.- Peso de la muestra compactada + molde</b>	(gr)	5973	6278	6305	6275
<b>2.- Peso del molde</b>	(gr)	4232	4420	4420	4420
<b>3.- Volumen del molde</b>	(cm3)	903.21	903.21	903.21	903.21
<b>3.- Peso Suelo Húmedo Compactado</b>	(gr)	1741	1858	1885	1855
<b>4.- Densidad humedad</b>	(gr/cm3)	1928	2057	2087	2054
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
<b>5.- N° de tara</b>		M-1	M-2	M-3	M-4
<b>6.- Peso de tara + suelo húmedo</b>		181.5	88.6	97.4	151.9
<b>7.- Peso de tara + suelo seco</b>		168.5	80.0	90.0	140.0
<b>8.- Peso de tara</b>		39.3	34.1	31.7	36.4
<b>9.- Peso del agua</b>		13.0	8.6	7.4	11.9
<b>10.- Peso de suelo seco</b>		129.2	46.0	58.3	103.6
<b>11. Contenido de humedad</b>		10.06	18.74	12.63	11.44
<b>12.- Densidad seca</b>		1751	1732	1853	1843

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

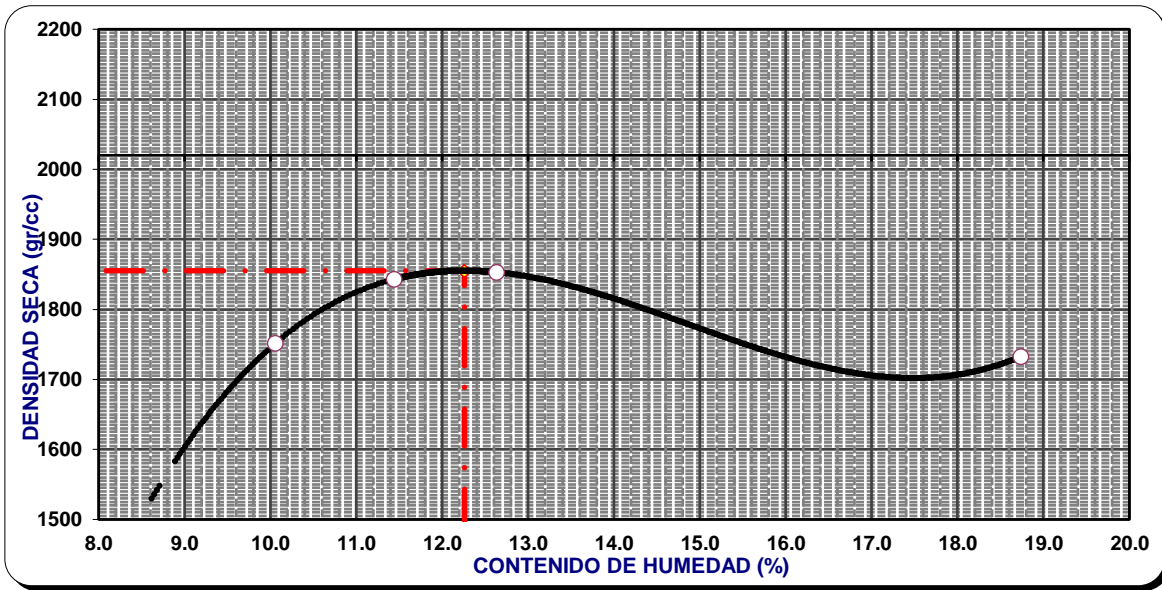


Figura N° 70: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

**Resultados:**

<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>MDS</b>	<b>1.855</b>	<b>gr/cm3</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>OCH</b>	<b>12.26</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Próctor Modificado del material con adición del 10.0% de PEAD**

Tabla 62: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 10.0 % de PEAD

MOLDE	UNID	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	5905	5951	5972	5975
2.- Peso del molde	(gr)	4232	4232	4232	4232
3.- Volumen del molde	(cm3)	903.21	903.21	903.21	903.21
3.- Peso Suelo Húmedo Compactado	(gr)	1673	1719	1740	1743
4.- Densidad humedad	(gr/cm3)	1852	1903	1926	1930
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
5.- N° de tara		M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo		164.6	128.7	141.8	154.6
7.- Peso de tara + suelo seco		152.4	119.0	129.2	140.6
8.- Peso de tara		35.8	35.6	34.8	49.1



<b>9.- Peso del agua</b>	12.2	9.7	12.6	14.0
<b>10.- Peso de suelo seco</b>	116.6	83.4	94.4	91.5
<b>11. Contenido de humedad</b>	10.43	11.63	13.38	15.28
<b>12.- Densidad seca</b>	1677	1705	1699	1674

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

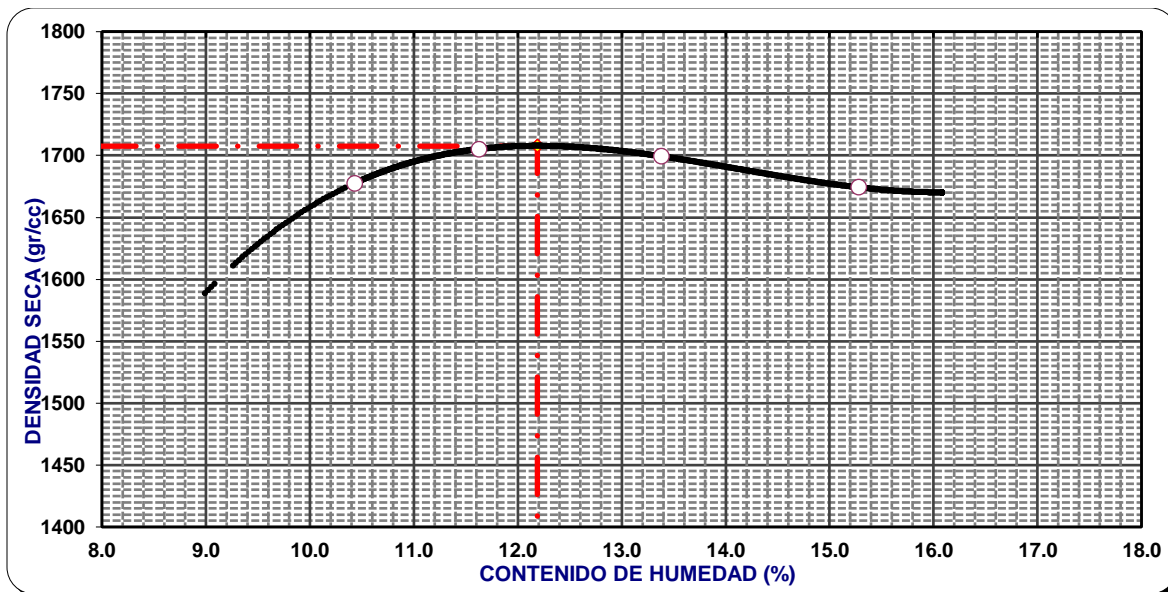


Figura N° 71: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

**Resultados:**

<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>MDS</b>	<b>1.708</b>	<b>gr/cm3</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>OCH</b>	<b>12.19</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Próctor Modificado del material con adición del 14.0% de PEAD**

Tabla 63: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 14.0 % de PEAD

MOLDE	UNID	1	2	3	4
<b>1.- Peso de la muestra compactada + molde</b>	(gr)	5790	5792	5969	5892
<b>2.- Peso del molde</b>	(gr)	4232	4225	4225	4225
<b>3.- Volumen del molde</b>	(cm3)	903.21	944	944	944

3.- Peso Suelo Húmedo Compactado (gr)	1558	1567	1744	1667
4.- Densidad humedad (gr/cm <sup>3</sup> )	1725	1660	1847	1766

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

5.- N° de tara	M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo	205.7	128.2	147.6	148.5
7.- Peso de tara + suelo seco	198.4	122.3	138.1	136.3
8.- Peso de tara	36.2	49.3	51.2	30.6
9.- Peso del agua	7.3	5.8	9.5	12.2
10.- Peso de suelo seco	162.1	73.1	86.9	105.7
11. Contenido de humedad	4.50	7.99	10.93	11.54
12.- Densidad seca	1651	1537	1665	1583

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

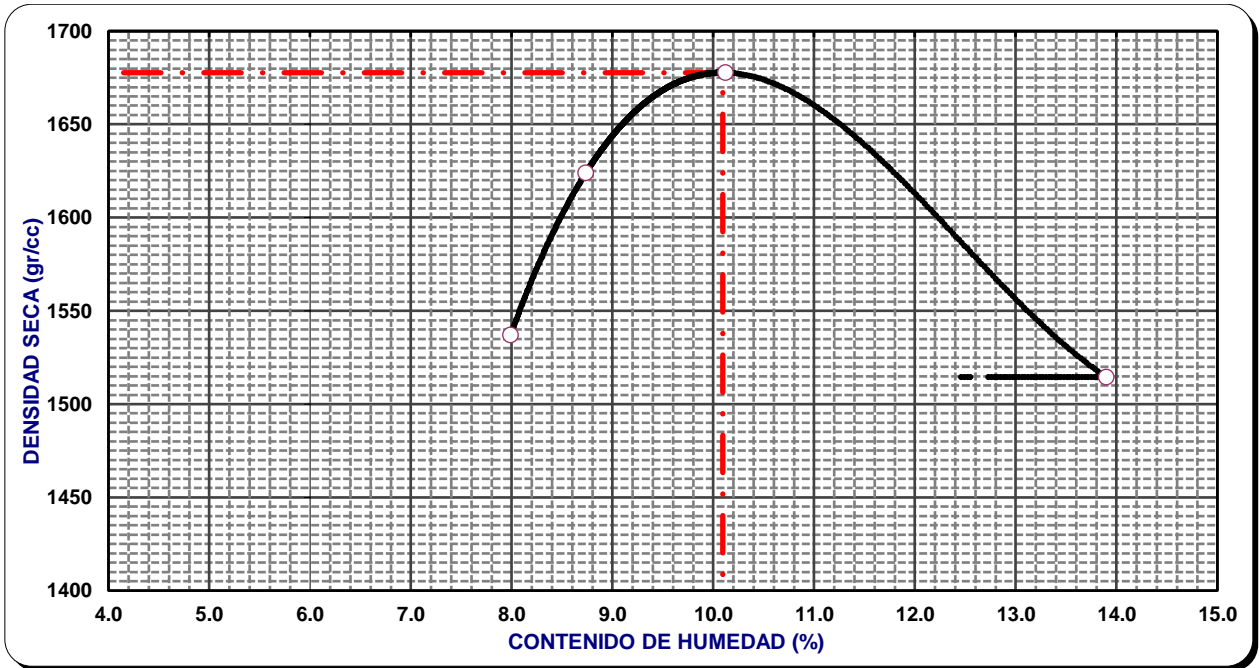


Figura N° 72: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

**Resultados:**

<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>MDS</b>	<b>1.678</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>OCH</b>	<b>10.09</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Próctor Modificado del material con adición del 18.0% de PEAD**

Tabla 64: datos obtenidos del próctor modificado, para el material con 18.0 % de PEAD

MOLDE	UNID	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	5680	5760	5788	5814
2.- Peso del molde	(gr)	4232	4232	4232	4232
3.- Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	903.21	903.21	903.21	903.21
3.- Peso Suelo Húmedo Compactado	(gr)	1448	1528	1556	1582
4.- Densidad humedad	(gr/cm <sup>3</sup> )	1603	1692	1723	1752
CONTENIDO DE HUMEDAD					
5.- N° de tara		14	5	7	2
6.- Peso de tara + suelo húmedo		206.2	129.5	121.5	173.0
7.- Peso de tara + suelo seco		192.6	122.5	114.3	161.1
8.- Peso de tara		36.8	52.3	36.4	65.6
9.- Peso del agua		13.6	7.0	7.2	11.9
10.- Peso de suelo seco		155.8	70.2	77.9	95.5
11. Contenido de humedad		8.69	9.92	9.28	12.42
12.- Densidad seca		1475	1539	1576	1558

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

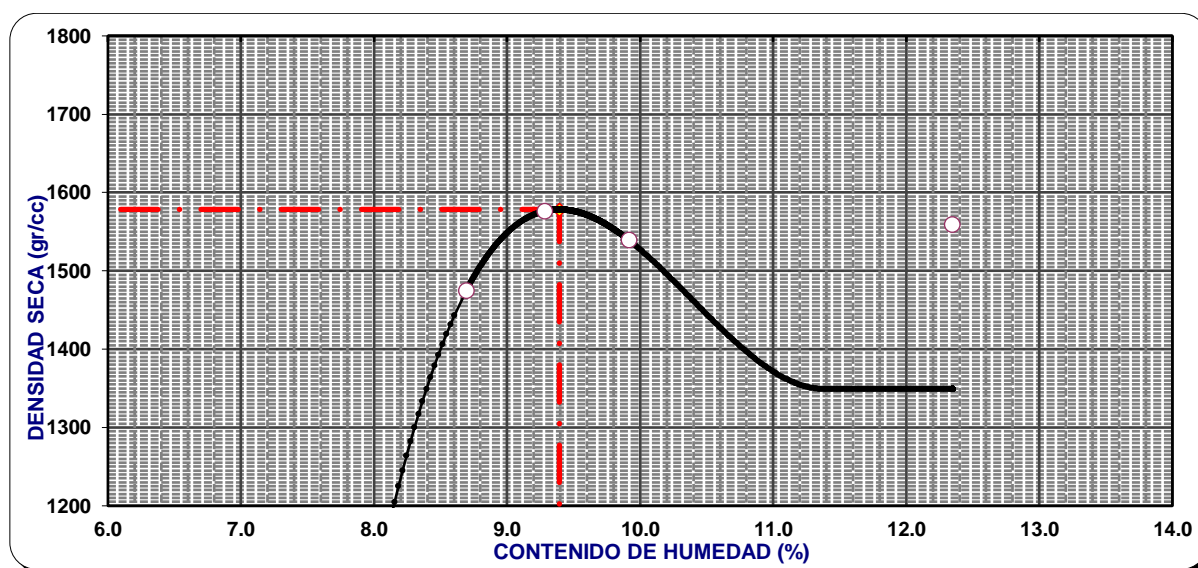


Figura N° 73: curva para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>MDS</b>	<b>1.578</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>OCH</b>	<b>9.39</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 65: Grado de compactación del Suelos SC

DATOS	0%	1%	1.5%	2%	4%	10%	14%	18%
Máxima densidad seca g/cm <sup>3</sup>	1.955	1.898	1.886	1.876	1.855	1.708	1.678	1.578
Óptimo contenido de humedad (%)	14.28	14.18	13.93	12.57	12.26	12.19	10.09	9.39
Grado de compactación (15/16)*100 (%)	70.79	72.92	73.38	73.77	74.61	81.03	82.48	87.71

Fuente: Elaboración Propia

Realizar ensayos en laboratorio de corte directo a los diferentes tipos de suelos encontrados en la zona de estudio, tanto para suelo natural como para suelo con diferentes porcentajes de Polietileno de alta densidad (PEAD), y de esa manera obtener el óptimo porcentaje de PEAD.

**Tipo de suelo SC (arena arcillosa)**

Con 0% de polietileno de alta densidad (PEAD)

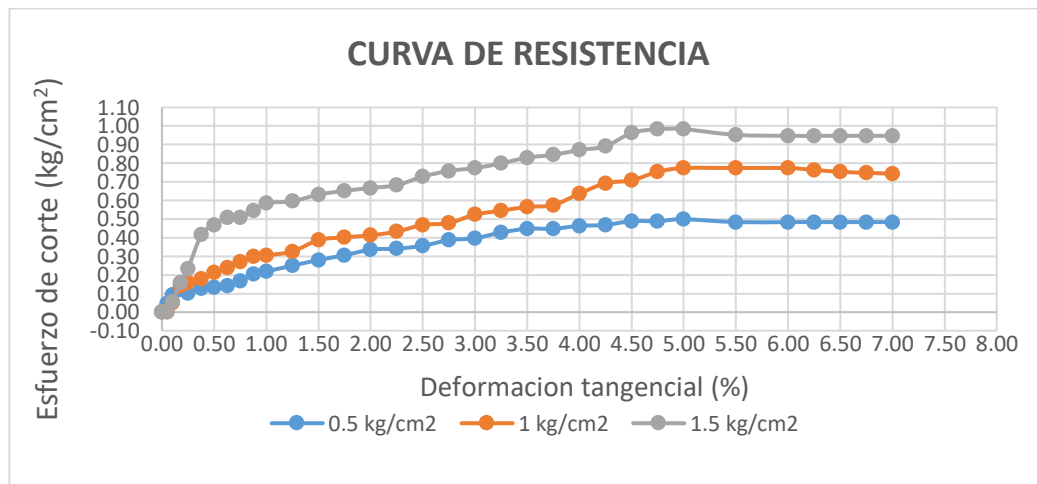


Figura N° 74: Curva de resistencia para 0% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

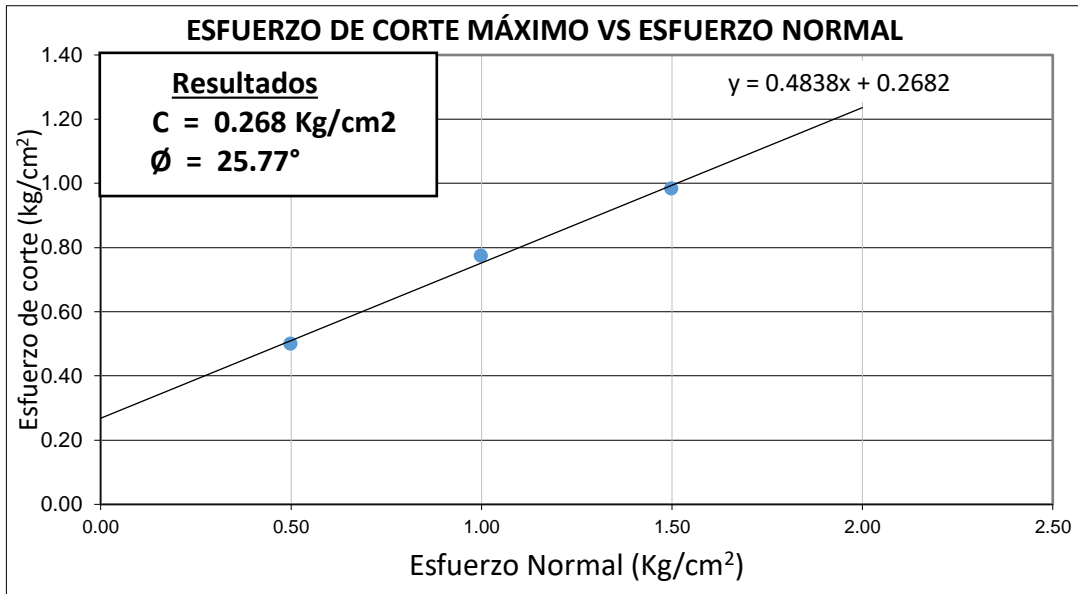


Figura N° 75: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 0% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Con 1.0% de polietileno de alta densidad (PEAD)

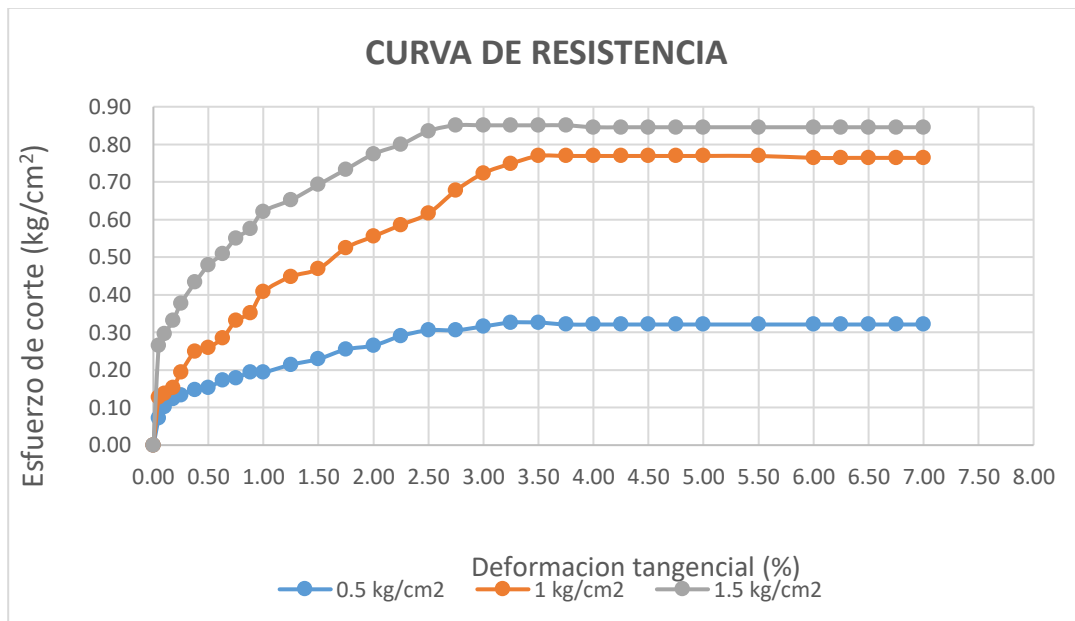


Figura N° 76: Curva de resistencia para 1% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

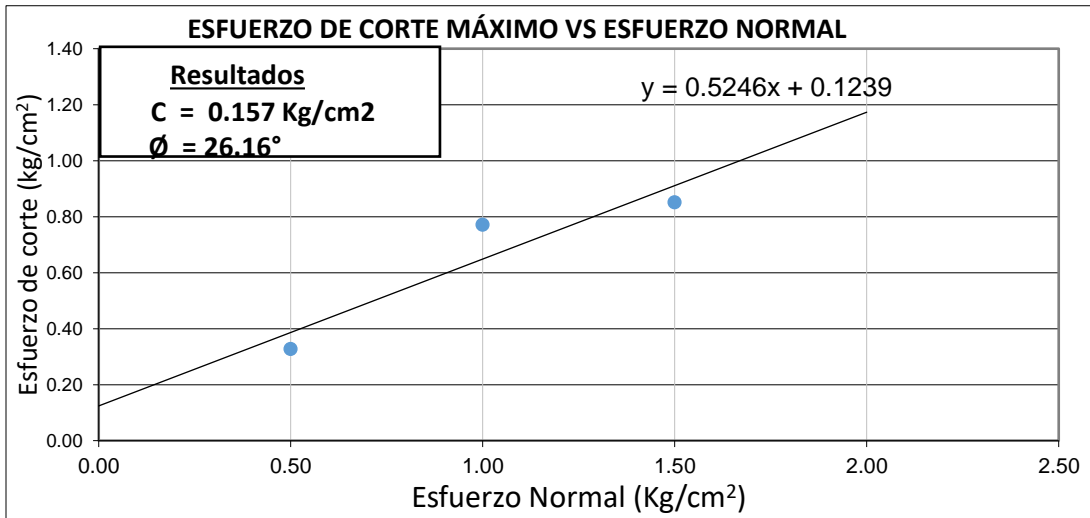


Figura N° 77: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 1% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Con 1.5% de polietileno de alta densidad (PEAD)

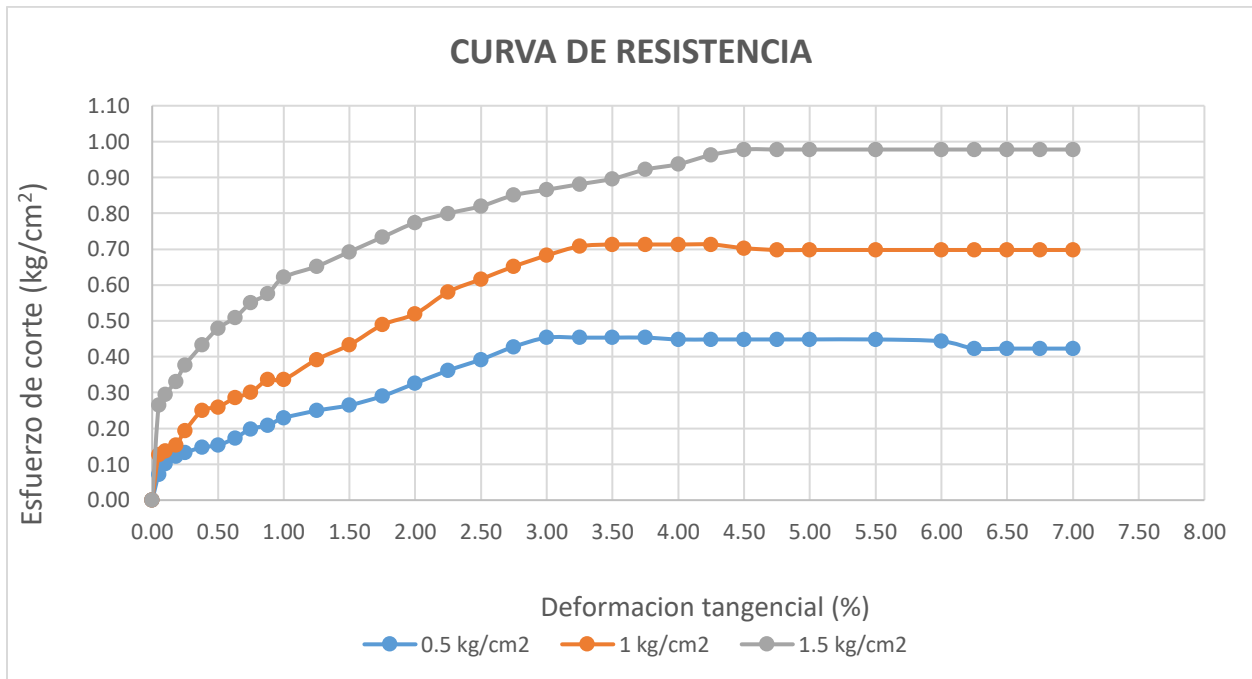


Figura N° 78: Curva de resistencia para 1.5% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

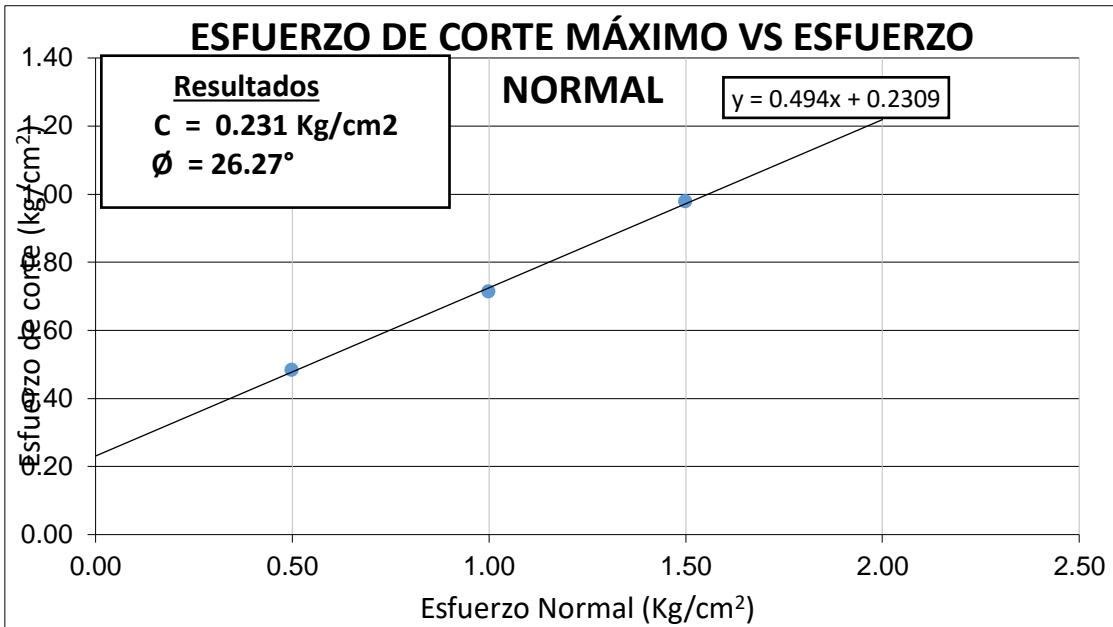


Figura N° 79: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal para 1.5% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Con 2% de polietileno de alta densidad (PEAD)

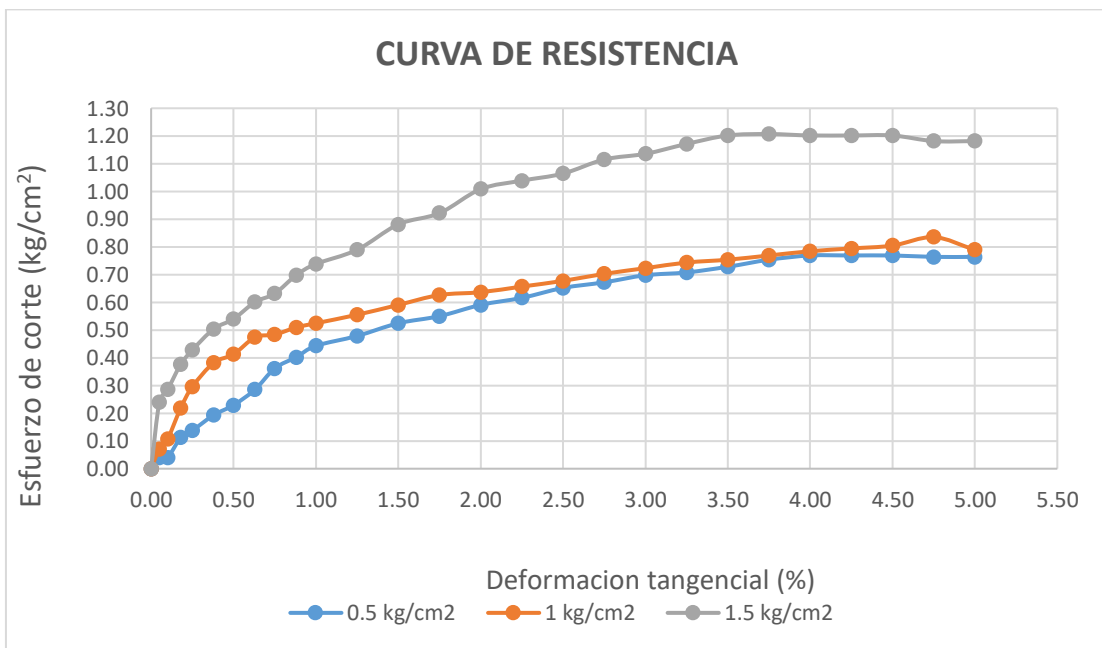


Figura N° 80: Curva de resistencia para 2% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

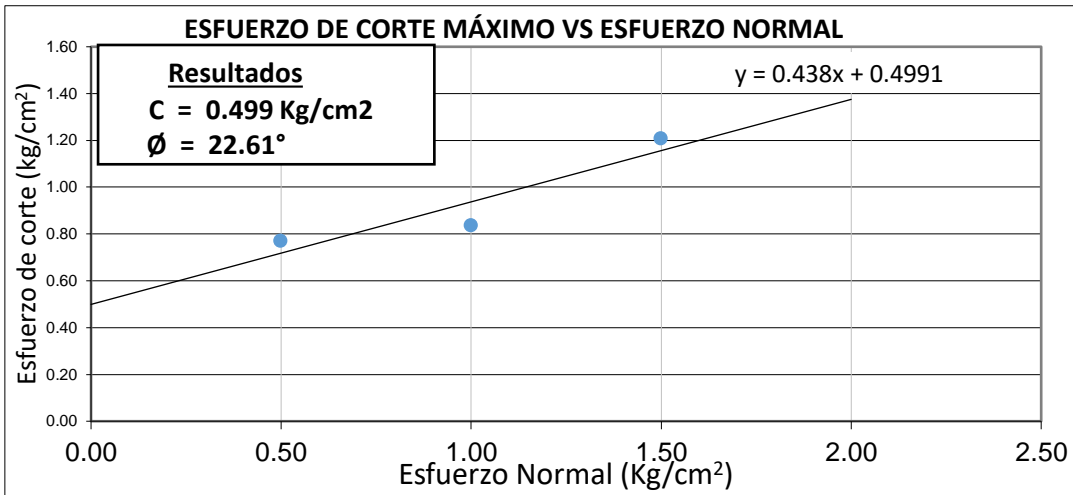


Figura N° 81: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 2% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Con 4% de polietileno de alta densidad (PEAD)

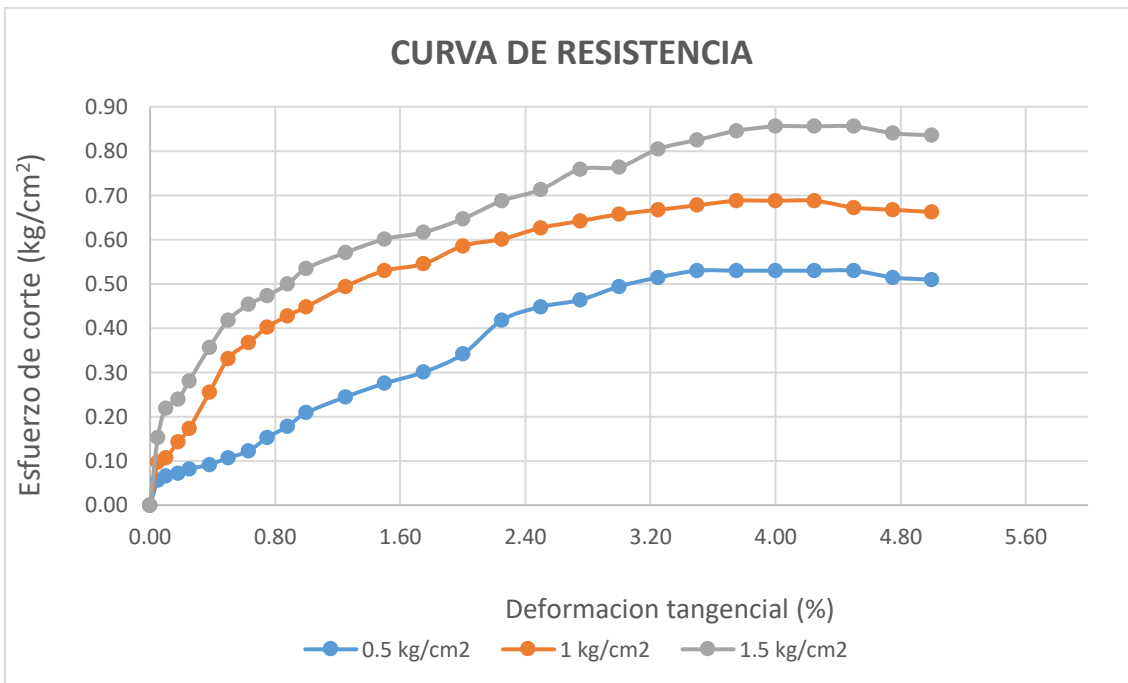


Figura N° 82: Curva de resistencia para 4% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS



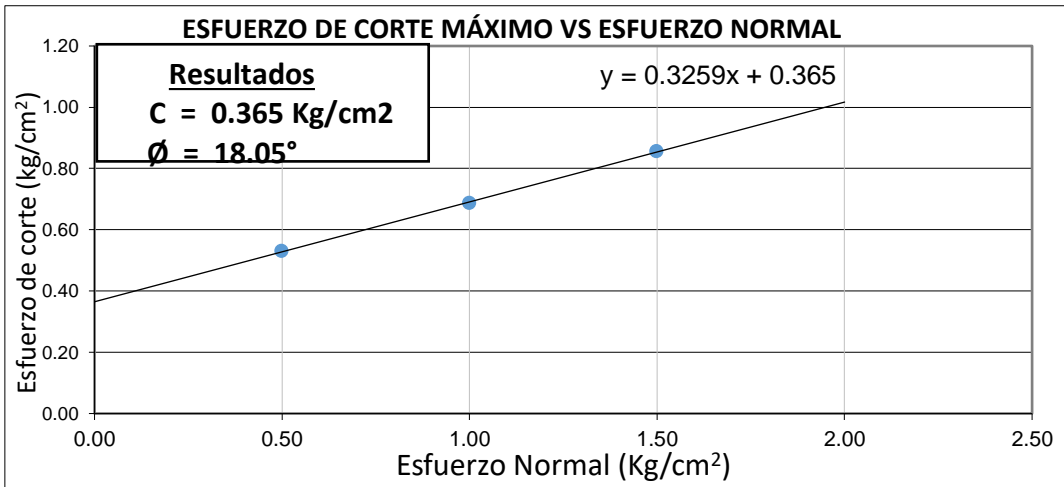


Figura N° 83: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 4% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Con 10% de polietileno de alta densidad (PEAD)

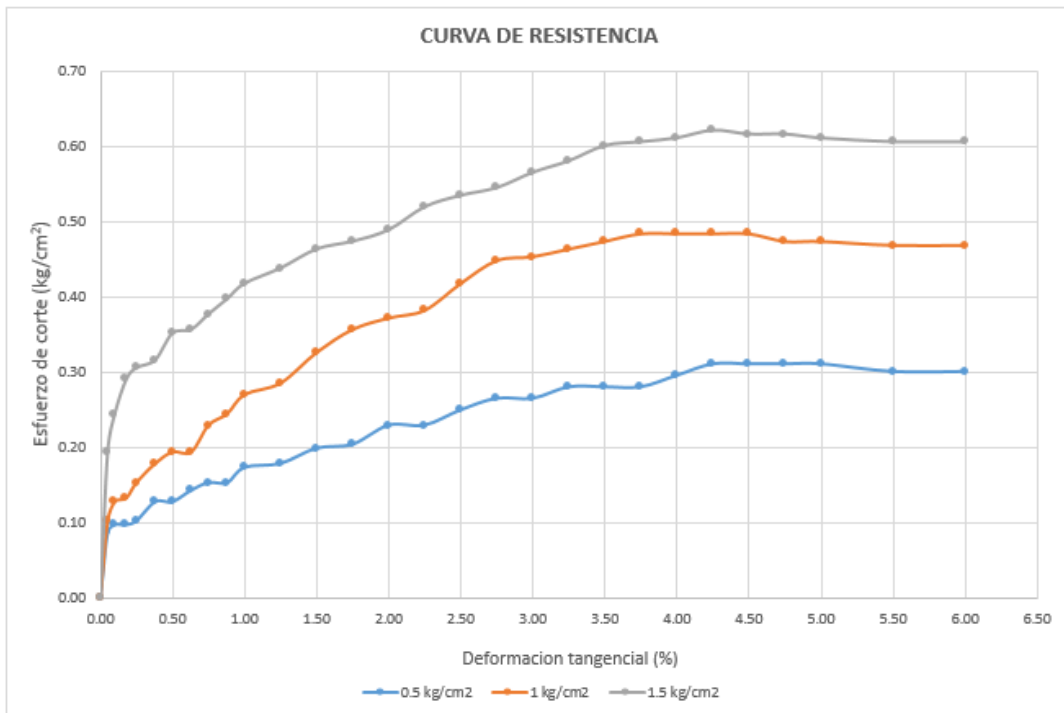


Figura N° 84: Curva de resistencia para 10% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

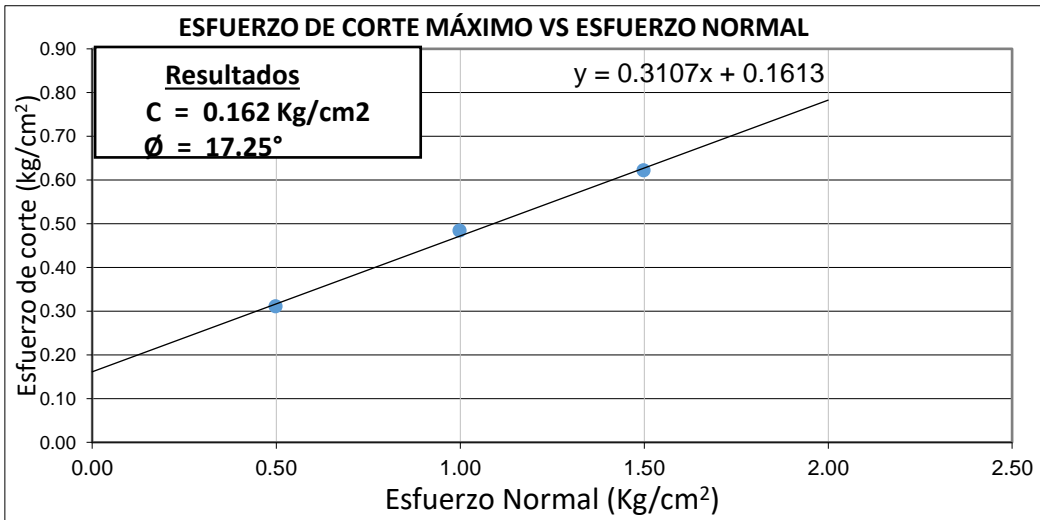


Figura N° 85: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 10% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Con 14% de polietileno de alta densidad (PEAD)

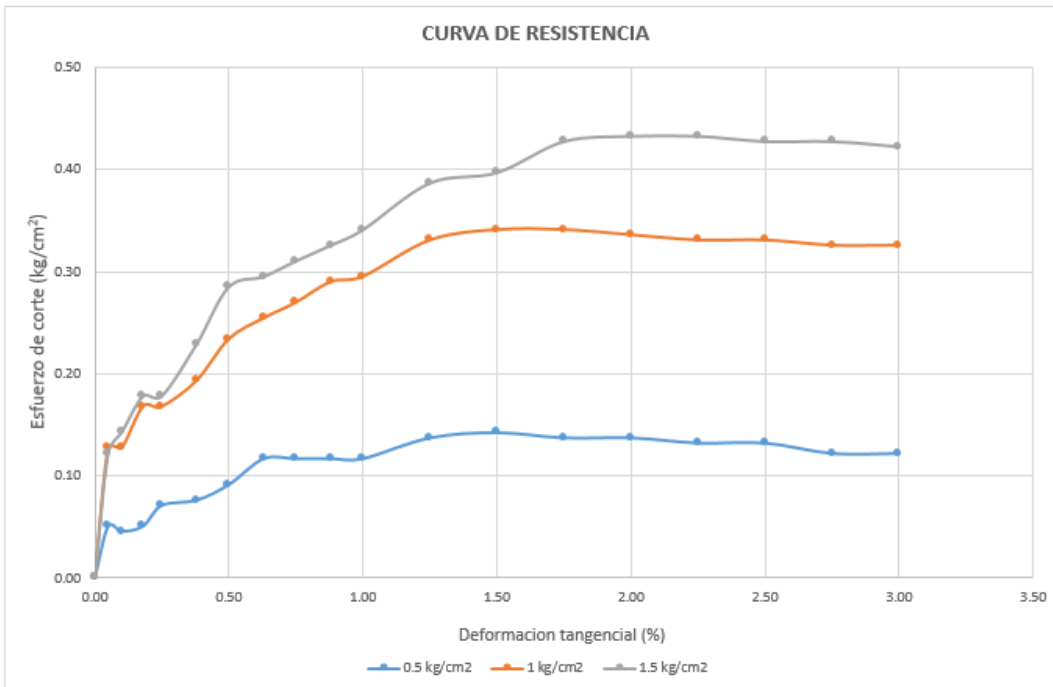


Figura N° 86: Curva de resistencia para 14% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

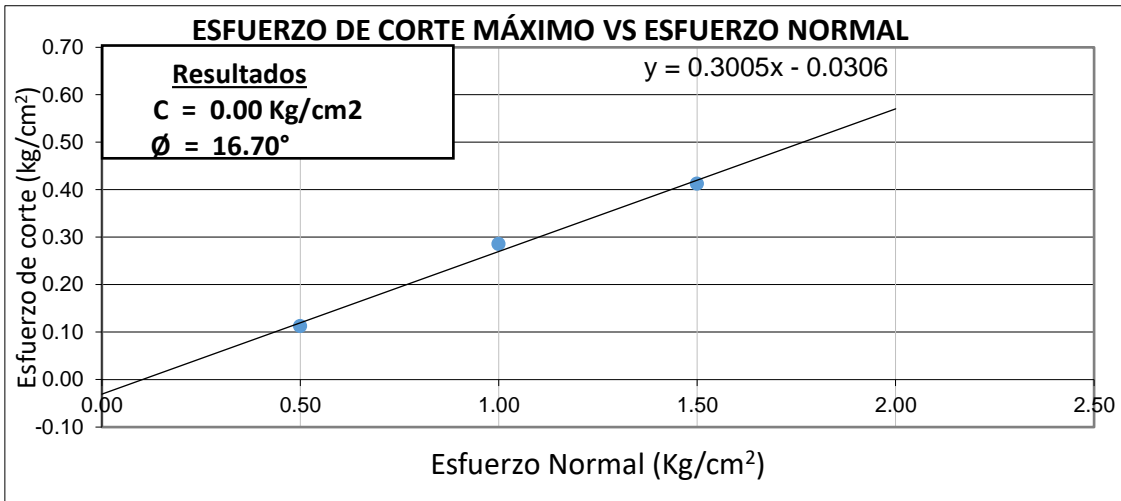


Figura N° 87: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 14% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Con 18% de polietileno de alta densidad (PEAD)

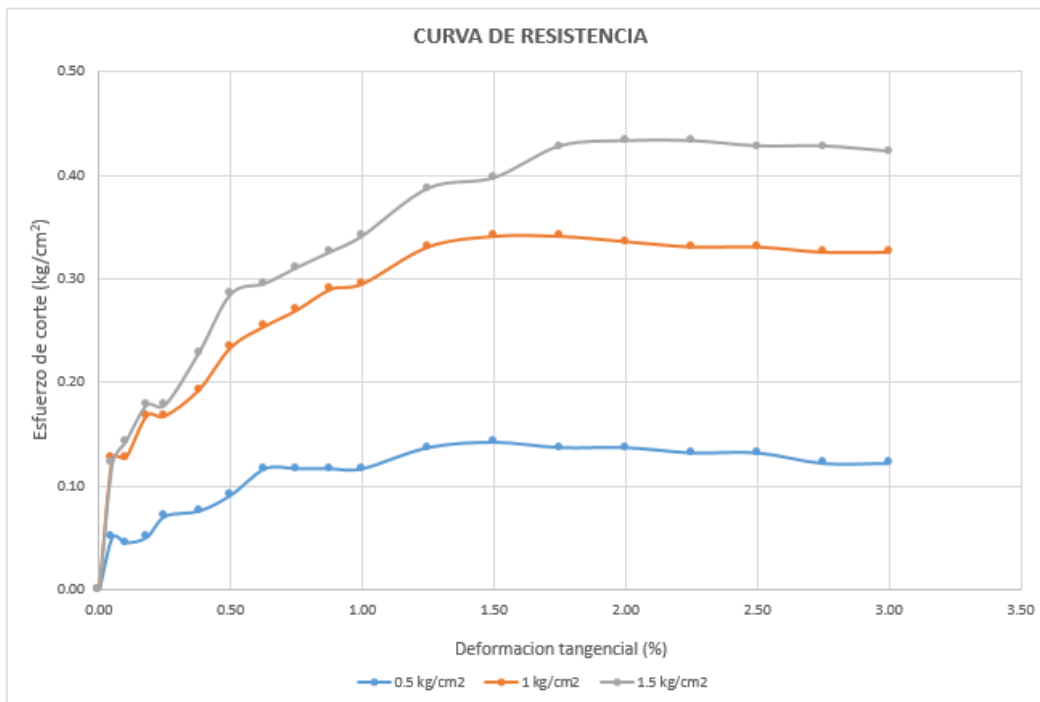


Figura N° 88: Curva de resistencia para 18% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

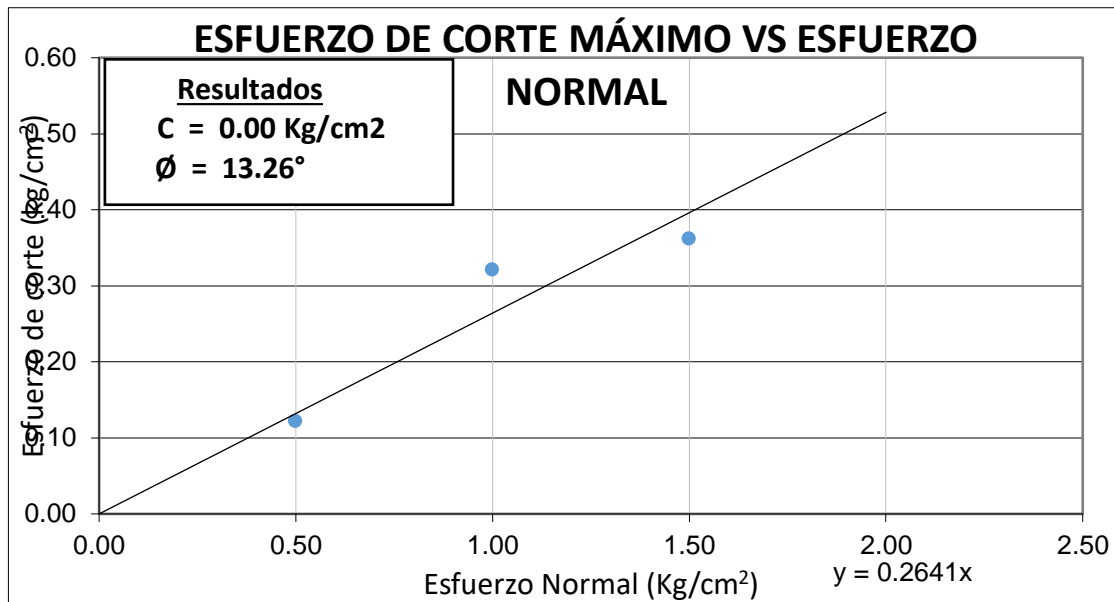


Figura N° 89: Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal para 18% PEAD

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Determinar las propiedades tanto físicas como mecánica del suelo (resistencia al corte y la permeabilidad) del material base y con inclusión del óptimo porcentaje de polietileno de alta densidad, mediante los ensayos de corte directo y de permeabilidad del suelo.

### Resumen

Tabla 66: Resumen de %PEAD vs Angulo de fricción

<b>%PEAD</b>	<b>Angulo Fricción</b>	<b>Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo De corte (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>0</b>	25.77	0.268	0.75
<b>1</b>	26.16	0.157	0.65
<b>1.5</b>	26.27	0.231	0.71
<b>2</b>	22.61	0.499	0.93
<b>4</b>	18.05	0.365	0.69
<b>10</b>	17.25	0.161	0.47
<b>14</b>	16.70	0.000	0.26
<b>18</b>	16.08	0.000	0.26

Fuente: Elaboración Propia

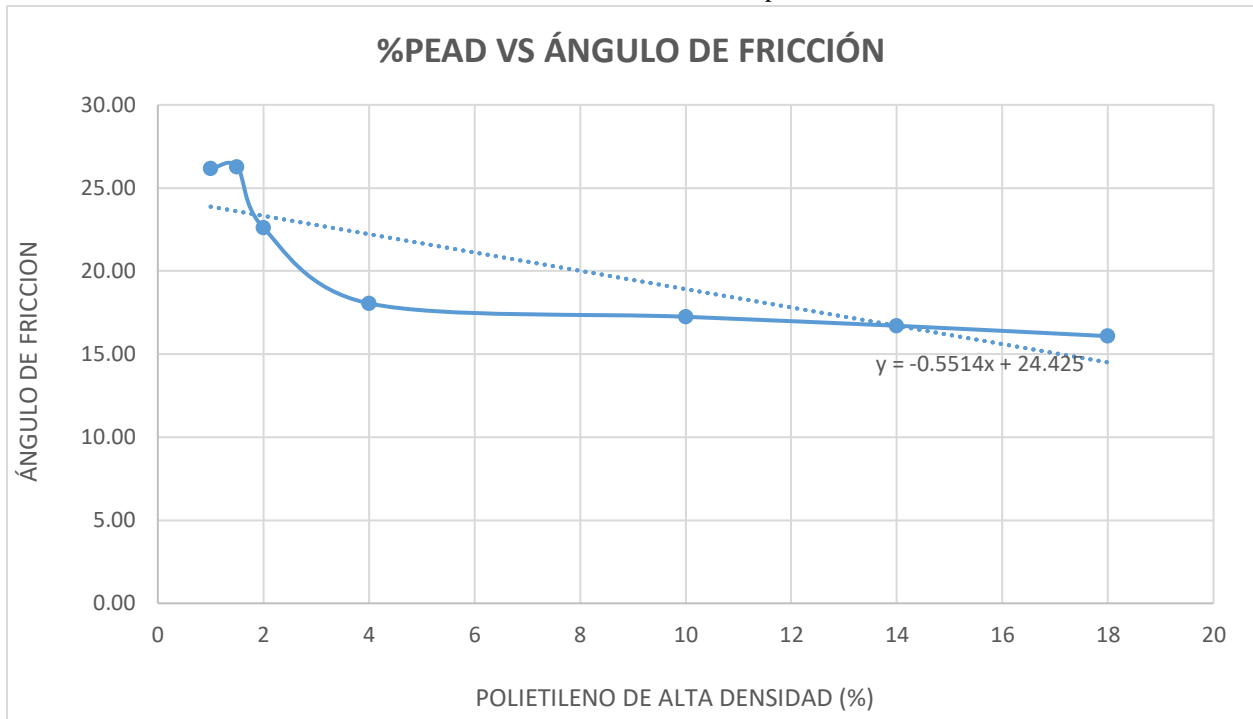


Figura N° 90: Angulo de fricción Vs. PEAD

Fuente: Elaboración Propia

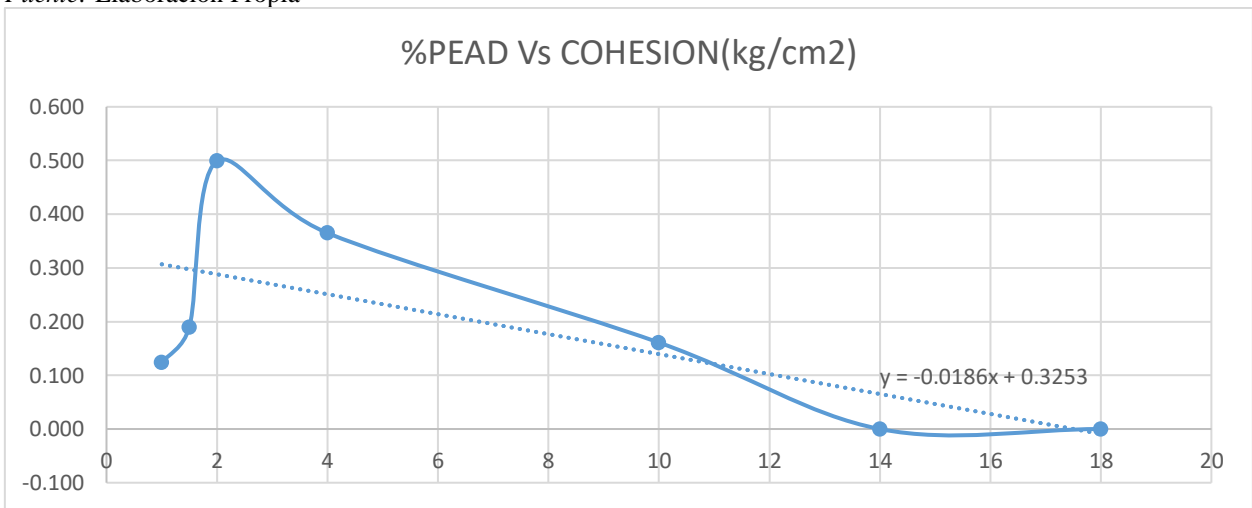


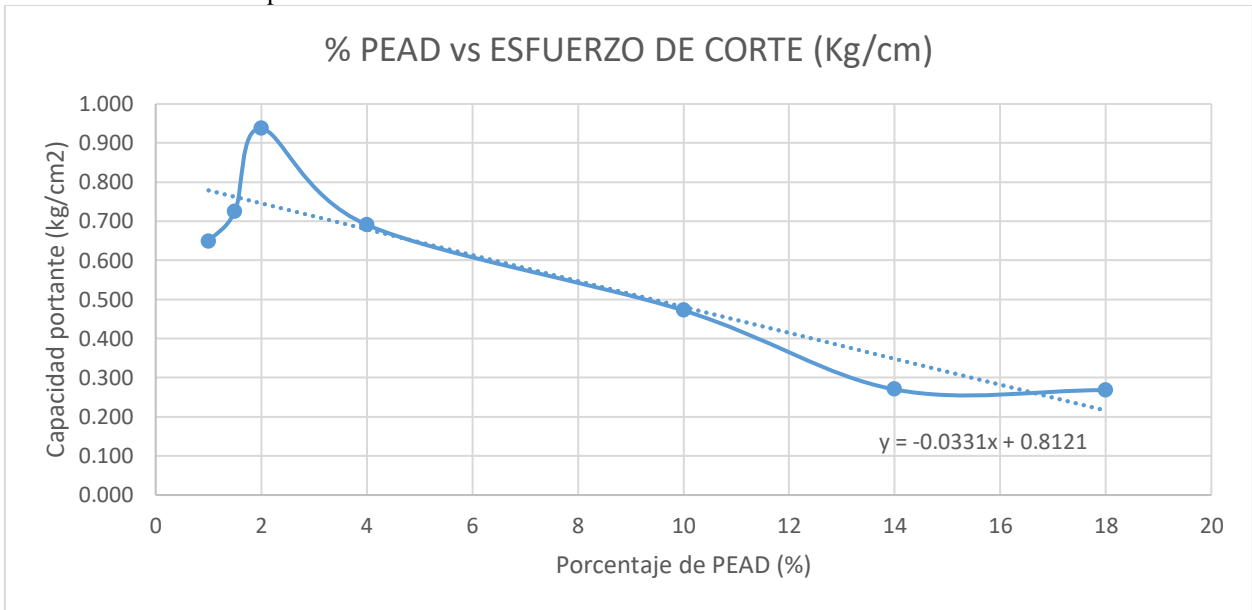
Figura N° 91: Cohesión en función del % PEAD

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la tabla N°66 y la Fig. N° 91, con el óptimo porcentaje de polietileno el cual es 2.0%, se obtuvo una cohesión de 0.499 kg/cm<sup>2</sup>

Figura N° 92: Esfuerzo de corte en función del % PEAD

Fuente: Elaboración Propia



De acuerdo con la tabla N°66 y la Fig. N° 92, con el óptimo porcentaje de polietileno el cual es 2.0%, se obtuvo un esfuerzo de corte de 0.93 kg/cm<sup>2</sup>

### Ensayo de permeabilidad (Permeámetro de cabeza variable)

Tabla 67: Permeámetro de cabeza variable sin % PEAD

ENS. 1 - MUETRA BASE					
$\Delta$ Vol (cm <sup>3</sup> )	tiempo (s)	Q (cm <sup>3</sup> /s)	Área (cm <sup>2</sup> )	$\bar{h}$	K (cm/s)
10	1505	0.00664452	25	0.6	0.00026948
10	1260	0.00793651	25	0.6	0.00038447
10	1041	0.00960615	25	0.6	0.00056325
10	1682	0.0059453	25	0.6	0.00021575
10	1110	0.00900901	25	0.6	0.0004954
10	1278	0.00782473	25	0.6	0.00037372
10	1209	0.0082713	25	0.6	0.00041759

10	1315	0.00760456	25	0.6	0.00035298
10	1336	0.00748503	25	0.6	0.00034197
				Máx.	0.00056325

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Tabla 68: Permeámetro de cabeza variable con él % óptimo de PEAD

ENS.1 - MUESTRA MEJORADA					
$\Delta$ Vol (cm3)	tiempo (s)	Q (cm3/s)	Área (cm2)	i	K (cm/s)
10	2405	0.004158	25	0.6	0.00010553
10	1408	0.00710227	25	0.6	0.00030789
10	1462	0.00683995	25	0.6	0.00028557
10	1235	0.00809717	25	0.6	0.0004002
10	1323	0.00755858	25	0.6	0.00034873
10	1408	0.00710227	25	0.6	0.00030789
10	1344	0.00744048	25	0.6	0.00033792
10	1240	0.00806452	25	0.6	0.00039697
10	1400	0.00714286	25	0.6	0.00031142
				Máx.	0.0004002

Fuente: Formato de Laboratorio de Suelos de la USS

Se observa la disminución de la permeabilidad con el óptimo porcentaje de PEAD (2.0% ver tabla 68) en comparación con la muestra natural (ver tabla 67)

### 3.2. Discusión de resultados

En la siguiente investigación se analizó el comportamiento de los suelos tanto en la resistencia al corte y permeabilidad, para esto se utilizó suelo base y con adición de polietileno de alta densidad (PEAD). Obteniéndose de tal análisis que el óptimo contenido de polietileno de alta densidad es de 2.0%, con dicho porcentaje se logró mejorar relativamente la resistencia al corte del suelo en comparación a la muestra natural, y se logró una disminución en la permeabilidad; (Hinojosa, 2014) en su tesis estudia la adición de polímeros reciclados en suelos finos, concluye que solo se mejora las propiedades físicas y mecánicas por lo que al adicionar el 1.5% de PR se

logra una mejora porcentual en incremento del CBR de 26%, debido a que el polímero es un material resistente y al adicionar al suelo hace que tenga mayor fricción y por ende presente mayor resistencia al corte. Resultados son contradictorios, con respecto a esta tesis ya que nosotros no podemos precisar que sea progresivo el Angulo de fricción de acuerdo a los valores obtenidos en el análisis.

Con altos porcentaje de polietileno de alta densidad se pierde cohesión ya que este material no presenta la capacidad de absorber agua, y eso hará imposible la compactación. Como afirma (Shafiqu, 2017), en su artículo científico publicado en el año 2017, que la adición de polímero PEHD disminuye el límite de líquido (LL) y el índice de plasticidad (PI), mientras que el límite plástico (PL) aumenta al aumentar la cantidad de polímero PEHD. El aumento máximo del límite plástico y la disminución máxima del índice de plasticidad con la adición de PEHD de hasta un 12% se encuentra en alrededor de 47.4% y 28.6% respectivamente. La adición de 12% de polímero de PEHD reduce la unidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo.

Con suelo base se obtuvo esfuerzo de corte de 0.75 kg/cm<sup>2</sup> y con 2.0 % de PEAD 0.93 kg/cm<sup>2</sup> En cuanto a la permeabilidad se logró una disminución adicionándole 2.0% de polietileno, como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 69: Permeabilidad con suelo natural*

<b>ENS. 1 - MUETRA BASE</b>					
<b>ΔVol (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>tiempo (s)</b>	<b>Q (cm<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Area (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>h</b>	<b>K (cm/s)</b>
<b>10</b>	1505	0.00664452	25	0.6	0.00026948
<b>10</b>	1260	0.00793651	25	0.6	0.00038447
<b>10</b>	1041	0.00960615	25	0.6	0.00056325
<b>10</b>	1682	0.0059453	25	0.6	0.00021575
<b>10</b>	1110	0.00900901	25	0.6	0.0004954
<b>10</b>	1278	0.00782473	25	0.6	0.00037372



<b>10</b>	1209	0.0082713	25	0.6	0.00041759	
<b>10</b>	1315	0.00760456	25	0.6	0.00035298	
<b>10</b>	1336	0.00748503	25	0.6	0.00034197	0.00056325

Fuente: Formato de elaboración propia

Tabla 70: Permeabilidad con 2.0% PEAD

<b>ENS.1 - MUESTRA MEJORADA</b>						
$\Delta$ Vol (cm <sup>3</sup> )	tiempo (s)	Q (cm <sup>3</sup> /s)	Área (cm <sup>2</sup> )	$\dot{z}$	K (cm/s)	
<b>10</b>	2405	0.004158	25	0.6	0.00010553	
<b>10</b>	1408	0.00710227	25	0.6	0.00030789	
<b>10</b>	1462	0.00683995	25	0.6	0.00028557	
<b>10</b>	1235	0.00809717	25	0.6	0.0004002	
<b>10</b>	1323	0.00755858	25	0.6	0.00034873	
<b>10</b>	1408	0.00710227	25	0.6	0.00030789	
<b>10</b>	1344	0.00744048	25	0.6	0.00033792	
<b>10</b>	1240	0.00806452	25	0.6	0.00039697	
<b>10</b>	1400	0.00714286	25	0.6	0.00031142	0.0004002

Fuente: Formato elaboración propia

### 3.3. Aporte práctico

Esta investigación está concentrada en mejorar las características físicas y mecánicas del suelo usando polietileno de alta densidad, resistencia al corte y permeabilidad, para ello con ensayos prácticos en laboratorio se resolvió recomendar el uso de este material ya que mejora dichas características

Ingeniería civil es una carrera en la cual como profesional se tiene que ver muchos aspectos que no perjudiquen a la sociedad, de manera que se logre innovar en el ámbito de la construcción preservando el medio en el que vivimos, para ello nuestro aporte con esta investigación tiene como fin incentivar el uso del PEAD, ya que implicaría combatir la contaminación ambiental puesto que se puede conseguir de material de plástico reciclado.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

De la extracción de muestras y el análisis de los diferentes estratos encontrados se logró obtener tres diferentes tipos de suelos, arenas mal gradadas, arenas arcillosas, Arenas mal gradadas con presencia de arcillas, por lo que se concluye que tenemos suelos finos, analizándose para este fin los suelos de tipo SC (arenas arcillosas).

Tanto el Óptimo contenido de humedad como la Máxima Densidad Seca disminuyen progresivamente con los % de PEAD, debido a que mientras más polietileno de alta densidad se le adicione este ocupara más volumen con respecto al suelo en estudio.

*Tabla 71: Óptimo contenido de humedad*

<b>PEAD</b>	<b>O.C.H</b>	<b>M.D.S</b>
<b>0.0%</b>	14.28	1.955
<b>1.0%</b>	14.18	1.898
<b>1.5%</b>	13.92	1.886
<b>2.0%</b>	12.57	1.876
<b>4.0%</b>	12.26	1.855
<b>10.0%</b>	12.19	1.708
<b>14.0%</b>	10.09	1.678
<b>18.0%</b>	9.39	1.578

*Fuente: Elaboración Propia*

Con altos porcentaje de polietileno de alta densidad se pierde cohesión ya que este material no presenta la capacidad de absorber agua, y eso hará imposible la compactación. Habiéndose analizado distintos porcentajes de PEAD, 2.0%, 4.0%, 10.0%, 14.0%, 18.0% que fueron planteados inicialmente, en el proceso se descubrió que se deben analizar con porcentajes inferiores encontrándose como optimo 2.0%.

La resistencia al corte del suelo de tipo SC, disminuye si es que se utiliza porcentajes altos de PEAD, por lo que se recomienda utilizar menores porcentajes, en este caso el 2.0% para suelos arenosos arcillosos.

Se logró disminuir la permeabilidad con la adición de 2.0% de polietileno de alta densidad (PEAD)  $K_{natural} = 0.00056325 \text{ cm/s}$ ,  $K_{2.0\% \text{ PEAD}} = 0.0004002 \text{ cm/s}$ .

#### **4.2.RECOMENDACIONES**

El uso del polietileno de alta densidad (PEAD) para fines de mejorar la resistencia al corte y disminuir la permeabilidad de un suelo, debe ser en proporciones relativamente pequeñas por las razones ya sustentadas y comprobadas en laboratorio.

Como profesionales no solo debemos preocuparnos por producir, sino también por el mundo que dejaremos para las generaciones venideras, para ello recomendamos el uso del polietileno de alta densidad (PEAD), hoy en día el plástico genera mucha contaminación en el medio ambiente, si promovemos el reciclaje estamos combatiendo este mal.

Es importante al momento de construir una edificación o cualquier obra civil seguir las normas y realizar los ensayos necesarios para el correcto funcionamiento de la construcción.

## REFERENCIAS

- Alarcon Alarcon Jose Stalin, V. P. (2017). *Influencia de la inclusión de PVC reciclado sobre el CBR de un material granular tipo subbase de las canetas de lambayeque*. Chiclayo: Chiclayo.
- ANCADE. (2002). ANCADE. LIMA.
- Association, L. N. ((2006 Noviembre).). *Manual de estabilización de*. (Boletín 326).
- Barrera, M. G. ((2002).). *Introducción a la mecánica de suelos no*. Instituto.
- Beltran, M. &. (2011). *Estabilizacion de suelo arcilloso con cal hidratada, para ser uzada como capa subrasante de pavimentos en la colonia San Juan*. . Obregon .
- Choque, H. (2012). *Evolucion de aditivos quimicos en la eficiencia de la conservacion de superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas*. . Universidad Nacional de Ingenieria. Lima. .
- Das, B. M. ((2001).). *Fundamentos de ingeniería geotecnia (58 Ed.)*. México, D.F.: Interracial Thomson editores.
- Ernesto, R. G. (2005). *Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del polietileno de alta densidad (PEAD)*. GUATEMALA .
- Gamica, P. P. ((2002)). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en las vías terrestres*. Instituto Mexicano del transporte. México.

- Gutierrez, T. (2013). *Estabilizacion quimica de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio frente al cloruro calcio*. Universidad Ricardo Palma. Lima. (tesis de Ingenieria Civil).
- INDECI. (2003). *Zerga Ocaña Alfredo* . Lambayeque .
- J.E., B. ((1981).). *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil (28 Ed.)*. México 8, D.F., México: McGraw HillInteramericana.
- Kommerling. ((2010).). *Obtenido de Kommerling*:.  
<http://www.kommerling.es/profesionales/arquitectura-sostenible/materia-prima/pvc>.
- Liliana, M. P. (2012). *Estudio del uso del polietileno tereftalato como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga* . mexico.
- López T., H. J. ((2010, Mayo).). *Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas*. (Vol.11 (3)) Revista Iberoamericana de Polímeros.
- López-Lara, T. (2010). *POLÍMEROS PARA LA ESTABILIZACIÓN VOLUMÉTRICA DE ARCILLAS EXPANSIVAS*. mexico.
- Mamani D., H. A. ((2013).). *Estabilización de suelos con ñes de pavimentación, mediante el uso de polímeros reciclados*. Universidad Peruana Unión, Juliaca Puno, Perú.
- Martinez Nicolas, D. ((2008).). *macromol. Obtenido de macromol*:.  
<http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pvc/pvc.html>.
- Martinez, N. ((2008).). *Universidad de Valladolid ( macromol ) PVC. Obtenido de Universidad de Valladolid ( macromol ) PVC*:. <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pvc/tiposdepvc.html>.

- Menéndez Acurio, J. ((2013 a.)). *Ingeniería de pavimentos: diseño y gestión de pavimentos (1 8 Ed.)*. Lima, Perú: imprenta ICG.
- Merino, R. ((2010.)). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras*. Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad de Piura, Piura, Perú.
- MTC E 132, A. ((2016.)). *CBR DE SUELOS (LABORATORIO)*. En A. D. MTC E 132, *Manual de ensayos de materiales (Mayo 2016 ed., págs. 248-256)*. Lima, Lima, Lima.
- Paúl, R. H. (2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, paucara huancavelica*. Huancayo.
- Quiminet. ((2010.)). *quiminet.com*. Obtenido de *quiminet.com*.:  
<https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-del-policloruro-de-vinilo-pvc-42725.htm>.
- Raymond, B. ((2012.)). *Tecnología de los plásticos*. Obtenido de  
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2012/10/reciclado-de-pvc.html>.
- SNC. (196). Anuncio.
- Toro, G. ((2007.)). *Estabilización electroquímica de suelos para caminos agrícolas en la comunidad el chaquito provincia de Oropeza , departamento de Chuquisaca*.  
Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavir de Chuquisaca, Chaquito ,  
Bolivia.
- Valderrama, A. ((2011.)). *El Libro del Reciclaje*. Obtenido de <http://www.ecohabitar.org/el-pvc-en-la-construccion/>.

Valle, W. ((2010).). *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*. Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

VALLE, W. (2010).

## ANEXOS

Excavación de calicatas a una profundidad de 2.50 m.



Imagen N° 1: calicata 1



Imagen N° 3: calicata 3



Imagen N° 2: calicata 2



Imagen N° 4: calicata 4





Imagen N° 5: calicata 5



Imagen N° 8: calicata 8



Imagen N° 6: calicata 6



Imagen N° 9: calicata 9

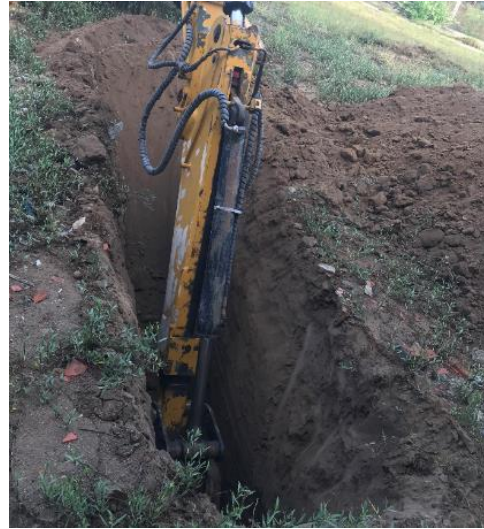


Imagen N° 7: calicata 7





*Imagen N° 10: calicata 10*



*Imagen N° 12: calicata 12*



*Imagen N° 11: calicata 11*



*Imagen N° 13: Muestras extraídas de los diferentes estratos.*



*Imagen N° 14: PEAD*

### Ensayos de laboratorio, granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg



*Imagen N° 15: Muestra para ensayo de granulometría*



*Imagen N° 16: saturación de muestra para granulometría*





*Imagen N° 17: secado de material*



*Imagen N° 19: límites de Aterberg*



*Imagen N° 18: tamizado de material*



*Imagen N° 20: limite plástico*

Ensayo de próctor modificado para obtener el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca con diferentes porcentajes de PEAD.



*Imagen N° 21: Muestra con adición de PEAD*



*Imagen N° 22: preparación de muestra para compactad*



*Imagen N° 23: compactación de muestra*



*Imagen N°24: muestra compactada*



Ensayo de corte directo para diferentes porcentajes de PEAD.



*Imagen N° 25: equipo de corte directo*



*Imagen N° 26: muestra tallada*



*Imagen N° 27: caja del equipo de corte directo*



*Imagen N° 28: pre consolidación de muestra*



*Imagen N° 29: extracción de muestra cortada*



*Imagen N° 30: muestra corta*

Ensayo de permeabilidad de los suelos (permeámetro de cabeza variable) de la muestra base y con adición del óptimo contenido de PEAD.



*Imagen N° 31: Permeámetro de cabeza variable con gradiente de 0.6*





*Imagen N° 32: muestra a ensayar*



*Imagen N° 33: muestra con gradiente 0.6*



*Imagen N° 34: Permeámetro con gradiente de 1.0*

# ANEXO 1



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 PRACTICA DE LABORATORIO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO N.T.P. 330.128 ASTM D - 422

Asignatura	
Docente	
Alumno (a)	Fecha

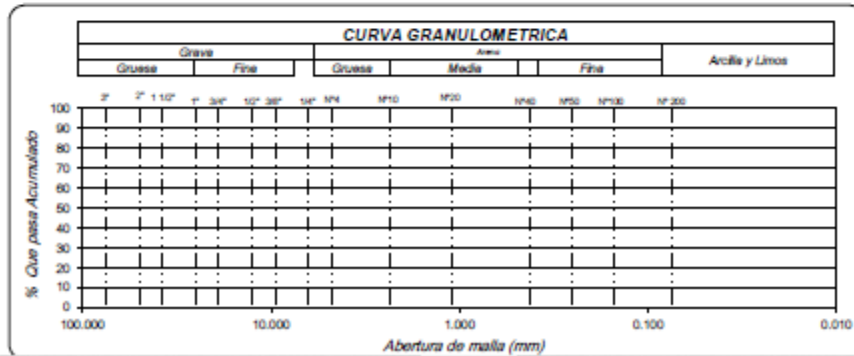
Identificación :

Calicata	Muestra	Profundidad
----------	---------	-------------

PESO INICIAL 01

PESO INICIAL 02

MALLAS		Peso Retenido	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
FULGADAS	MILIMETROS				
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.300				
Nº4	4.750				
Nº10	2.360				
Nº20	1.100				
Nº40	0.425				
Nº50	0.250				
Nº100	0.150				
Nº200	0.075				
FONDO					



ANEXO 2



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 PRACTICA DE LABORATORIO

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE PLÁSTICO  
 N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

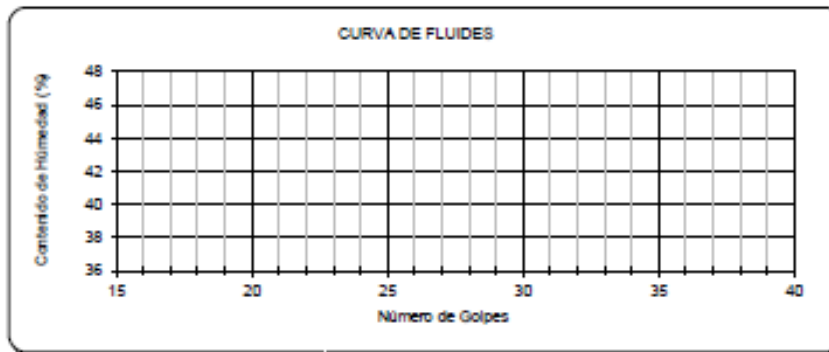
Asignatura			
Docente			
Alumno (a)		Fecha	

Identificación :

Calicata	Muestra	Profundidad
----------	---------	-------------

Datos de Ensayo		Limite Líquido				Limite Plástico		
1.- Nº de Tara		1	2	3	4	4	5	6
2.- Nº de Golpes	q.					X	X	X
3.- Peso de muestra humedad + tara	q.							
4.- Peso de muestra seca + tara	q.							
5.- Peso del agua	q.							
6.- Peso de tara	q.							
7.- Peso de muestra seca	q.							
8.- Contenido de humedad	%							

F O R M U L A S	M E T O D O	U N P U N T O	$LL = \% \text{ Humedad} \times \left[ \frac{\text{N}^\circ \text{ Golpe}}{25} \right]^{0.121}$
		M U L T I P U N T O	$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$



Límite Líquido	%	
Límite Plástico	%	
Índice de Plasticidad	%	

## ANEXO 3



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PRACTICA DE LABORATORIO

DENSIDAD NATURAL ó IN - SITU

N.T.P. 339.143 ASTM D - 1550

Asignatura	
Docente	
Alumno (a)	

### I.- IDENTIFICACIÓN

N° de Prueba					
Progresiva					
Lado					
Base con orificio N°					

### II.- DATOS:

1.-Peso de frasco + arena calibrada	g				
2.-Peso de frasco + arena que queda	g				
3.-Peso de la arena en el cono	g				
4.-Densidad de la arena	(g/cm <sup>3</sup> )				
5.-Volumen del material extraído	$((1-2)-3)/4$	cm <sup>3</sup>			
6.-Peso del material + recipiente	g				
7.-Peso del recipiente	g				
8.-Peso del material retenido .....	g				
9.-Peso específico de la grava	(g/cm <sup>3</sup> )				
10.-Volumen de la grava	(8/9)	cm <sup>3</sup>			
11.-Peso de finos	$((5-7)-8)$	g			
12.-Volumen de finos	(5-10)	cm <sup>3</sup>			
13.-Densidad natural húmeda	(11/12)	(g/cm <sup>3</sup> )			

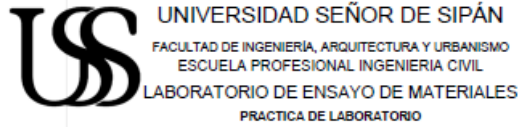
### III.- CONTENIDO DE HUMEDAD SPEEDY

14.-Contenido de humedad natural	(%)				
15.-Densidad natural seca	$(13/(100+14))x100$	(g/cm <sup>3</sup> )			

### IV.- DATOS DEL PROCTOR (laboratorio)

16.-MÁXIMA DENSIDAD SECA	(g/cm <sup>3</sup> )				
17.-ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)				
18.-GRADO DE COMPACTACIÓN	$(15/16)x100$	(%)			

# ANEXO 4



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080

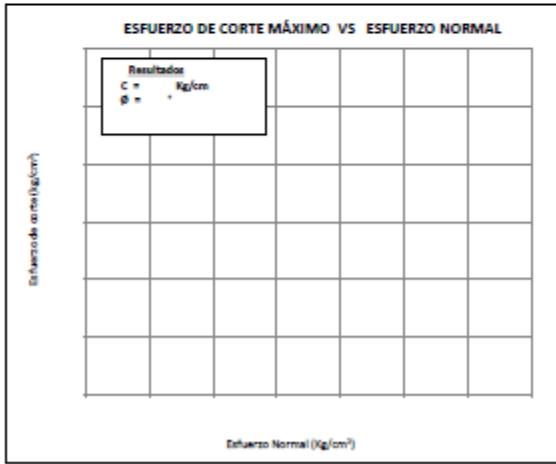
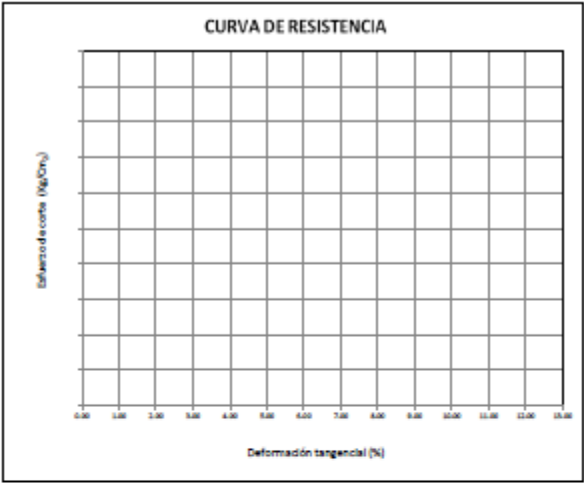
Asignatura :			
Docente :			
Alumno (a) :		Fecha	

Calicata:                      Muestra:                      Profundidad:                      Estado:                      Velocidad:                      mm/min

NUMERO DE ENSAYO	ENSAYO Nº 01	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03
1 Esfuerzo Normal	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
2 Número del tallador			
3 Peso del tallador	g.	g.	g.
4 Lado o Diámetro del tallador	cm	cm	cm
5 Altura del tallador (muestra de ensayo)	cm	cm	cm
6 Area del tallador (muestra de ensayo)			
7 Volumen del tallador	cm3	cm3	cm3
8 Peso del tallador + muestra hum. Natural	g.	g.	g.
9 Número de Tara			
10 Peso de tara + muestra humedad	g.	g.	g.
11 Peso de tara + muestra seca	g.	g.	g.
12 Peso de la tara	g.	g.	g.
13 Contenido de humedad Natural	%	%	%
14 Peso del tallador + muestra hum. Saturada	g.	g.	g.
15 Número de Tara			
16 Peso de tara + muestra Saturada	g.	g.	g.
17 Peso de tara + muestra seca	g.	g.	g.
18 Peso de la tara	g.	g.	g.
19 Contenido de humedad Natural	%	%	%
Ao #####	A1 1.40000	Fuerza Cortante = (Dial de corte x A <sub>0</sub> ) + A <sub>1</sub>	

ENSAYO Nº 01					ENSAYO Nº 02					ENSAYO Nº 03				
Dial Deforma.	Dial Corte	Fuerza cortante	% Deforma.	Esfuerzo cortante	Dial Deforma.	Dial Corte	Fuerza cortante	% Deforma.	Esfuerzo cortante	Dial Horiz.	Dial Corte	Fuerza cortante	% Deforma.	Esfuerzo cortante
mm.	mm.	Kg.	mm.	Kg/cm2	mm.	mm.	Kg.	mm.	Kg/cm2	mm.	mm.	Kg.	mm.	Kg/cm2
0.00			0.00		0.00			0.00		0.00			0.00	
0.08			0.10		0.08			0.10		0.08			0.10	
0.12			0.20		0.12			0.20		0.12			0.20	
0.21			0.35		0.21			0.35		0.21			0.35	
0.30			0.50		0.30			0.50		0.30			0.50	
0.45			0.75		0.45			0.75		0.45			0.75	
0.60			1.00		0.60			1.00		0.60			1.00	
0.75			1.25		0.75			1.25		0.75			1.25	
0.90			1.50		0.90			1.50		0.90			1.50	
1.05			1.75		1.05			1.75		1.05			1.75	
1.20			2.00		1.20			2.00		1.20			2.00	
1.50			2.50		1.50			2.50		1.50			2.50	
1.80			3.00		1.80			3.00		1.80			3.00	
2.10			3.50		2.10			3.50		2.10			3.50	
2.40			4.00		2.40			4.00		2.40			4.00	
2.70			4.50		2.70			4.50		2.70			4.50	
3.00			5.00		3.00			5.00		3.00			5.00	
3.30			5.50		3.30			5.50		3.30			5.50	
3.60			6.00		3.60			6.00		3.60			6.00	
3.90			6.50		3.90			6.50		3.90			6.50	
4.20			7.00		4.20			7.00		4.20			7.00	
4.50			7.50		4.50			7.50		4.50			7.50	
4.80			8.00		4.80			8.00		4.80			8.00	
5.10			8.50		5.10			8.50		5.10			8.50	
5.40			9.00		5.40			9.00		5.40			9.00	
5.70			9.50		5.70			9.50		5.70			9.50	
6.00			10.00		6.00			10.00		6.00			10.00	
6.60			11.00		6.60			11.00		6.60			11.00	
7.20			12.00		7.20			12.00		7.20			12.00	
Esfuerzo de Corte Máximo: _____					Esfuerzo de Corte Máximo: _____					Esfuerzo de Corte Máximo: _____				





ANEXO 5



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 PRACTICA DE LABORATORIO  
 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD  
 N.T.P. 330.127 ASTM D - 2216

Asignatura	:		
Docente	:		
Alumno (a)	:		Fecha
Lugar	:		

DATOS DE LA MUESTRA	Calicata:		C1			C1		C1
	Muestra:							
	Profundidad:							

			M-1	M-2	M-3
1	Numero de tara	Nº A-1			
2	Peso muestra húmeda + peso de tara	gr.	5659	9653	5658
3	Peso muestra seca (horno) + peso de tara	gr.	5392	9140	5365
4	Peso del Agua (2-3)	gr.	267	513	293
5	Peso de tara	gr.	496	717	692.0
6	Peso muestra seca (horno) (3-5)	gr.	4896	8423	4673
7	Contenido de humedad (Ww/Wms)* 1%	%	5.45	6.09	6.27
8	Contenido de humedad (Promedio)	%	5.45	6.09	6.27

ESPECIMEN DE ENSAYO		
TAMANO MAXIM DE PARTICULA	TAMANO MALLAS ESTANDAR	MASA MINIMA ESPECIMEN
2 mm.	Nº 10	20 g *
4.75 mm.	Nº 4	100 g
9.5 mm.	3/8"	500 g
19.0 mm.	3/4"	2.5 Kg
37.5 mm.	1/2"	10 Kg
75.0 mm.	3"	50 Kg

\* Se usará no menos de 20 gramos para que sea representativa

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$

$$w = \frac{M_{\text{cas}} - M_{\text{ca}}}{M_{\text{ca}} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$