

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS GRANULOMETRÍAS POR  
SEDIMENTACIÓN, PARA DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE  
ARCILLAS EN LOS SUELOS FINOS DE LA REGIÓN SAN MARTÍN**

**TESIS**

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

**PRESENTADO POR:**

**Bach. GARAY SOTO MARÍA DEL PILAR**

**Bach. RÍOS GARAY JOSÉ ANTONIO**

**ASESOR: Mg. /Ing. MARCO ANTONIO HERNÁNDEZ AGUILAR**

**LIMA - PERÚ**

**AÑO: 2015**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su amor y  
dedicación.

A mí querido esposo Marco, por su  
paciencia y comprensión.

A mis adorables hijos Patricia y Diego,  
quienes me apoyaron constantemente  
y son la motivación principal de lograr  
esta meta que es la culminación de la  
tesis.

Pilar Garay

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a mi familia por su apoyo emocional y aliento para continuar, durante el desarrollo de la tesis.

Gracias a nuestro asesor Ing. Marco Hernández Aguilar por su guía y valiosa colaboración para sacar adelante la tesis.

Gracias a los amigos por su interés y sus motivadoras palabras.

Pilar Garay

## **DEDICATORIA**

A mi abuelo, Octavio Garay, que en paz  
descanse, quien siempre mantuvo la  
ilusión de verme con el casco blanco.

A mis padres quienes me apoyaron todo  
el tiempo.

A mis maestros quienes nunca desistieron  
al enseñarme, aun sin importar que  
muchas veces no ponía atención en  
clase, a ellos que continuaron  
depositando su esperanza en mí.

José Ríos

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por su apoyo incondicional, a todo su esfuerzo, por acompañarme en todo momento y no dejar de velar por mí en la búsqueda de concretar mis metas.

A nuestro asesor el Ingeniero Marco Hernández, por apoyarnos, no solo resolviendo nuestras dudas sino por toda la información que puso en nuestras manos sin las cuales no habiéramos podido desarrollar esta tesis.

A todos mis compañeros de trabajo que en su momento me aconsejaron, me retaron y me apoyaron para conseguir mis objetivos.

José Ríos

# ÍNDICE

	Página
Resumen	xviii
Abstract	xvix
Introducción	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>4</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática	4
1.2 Formulación del problema	4
1.2.1 Problema Principal	4
1.2.2 Problemas Específicos	4
1.3 Objetivo de la investigación	5
1.3.1 Objetivo Principal	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación de la investigación	5
1.5 Limitaciones de la investigación	6
1.6 Viabilidad de la investigación	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Bases Teóricas	26
2.2.1 Definiciones conceptuales	26
2.2.1.1 Ubicación de la zona de estudio	26
2.2.1.2 Características Geológicas	30
2.2.1.3 Determinación de la Humedad Natural	37
2.2.1.4 Peso específico relativo de sólido (Gs)	37
2.2.1.5 Límites de Consistencia de Atterberg	38
2.2.1.6 Granulometría	43
2.2.1.7 Clasificación de los suelos	46
2.2.1.7.1 Sistema de clasificación AASHTO	46
2.2.1.7.2 Sist. unificado de clasificación de suelos (SUCS)	48
2.2.1.8 Método de Sedimentación	51

2.2.1.9 Actividad de la arcilla (A)	64
2.2.1.10 Arcillas	67
2.2.1.10.1 Estructura y componentes m. de arcillas	67
2.2.1.10.2 Grupos de minerales arcillosos	71
2.2.1.10.2.1 Grupo de caolinita	71
2.2.1.10.2.2 Grupo de la illita	72
2.2.1.10.2.3 Grupo de la montmorillonita	73
2.3 Formulación de la hipótesis	75
2.3.1 Hipótesis Principal	75
2.3.2 Hipótesis Específicas	75
2.3.3 Variables	75
2.3.4 Definición Conceptual de las Variables	75
2.3.5 Operacionalización de las variables e indicadores	76
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>78</b>
3.1 Diseño de la investigación	78
3.2 Población y muestra	78
3.3 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	78
3.3.1 Método de ensayo contenido de Humedad de un suelo	78
3.3.1.1 Objetivo	78
3.3.1.2 Definiciones	79
3.3.1.3 Principio del método	79
3.3.1.4 Equipo	79
3.3.1.5 Procedimiento	80
3.3.1.6 Cálculos	82
3.3.1.7 Observaciones	82
3.3.1.8 Resultados	83
3.3.2 Peso específico relativo de sólidos (Gs)	83
3.3.2.1 objetivo	84
3.3.2.2 Definiciones	84
3.3.2.3 Principios del Método	84
3.3.2.4 Equipo	84
3.3.2.5 Procedimiento	84

3.3.2.6 Cálculo	87
3.3.2.7 Resultados	87
3.3.3 Límites de consistencia	88
3.3.3.1 Determinación del Límite Líquido	88
3.3.3.1.1 Objetivo	89
3.3.3.1.2 Equipo	89
3.3.3.1.3 Ajuste del equipo a utilizar	92
3.3.3.1.4 Procedimiento	92
3.3.3.1.5 Cálculos	96
3.3.3.2 Determinación Límite Plástico e Índice de Plasticidad	97
3.3.3.2.1 Objetivo	98
3.3.3.2.2 Equipo	98
3.3.3.2.3 Preparación de la Muestra	98
3.3.3.2.4 Procedimiento	99
3.3.3.2.5 Cálculo de Resultados	101
3.3.3.2.6 Cálculo del índice de plasticidad	101
3.3.3.2.7 Observaciones	102
3.3.3.2.8 Resultados	102
3.3.4 Granulometría	103
3.3.4.1 Objetivo	103
3.3.4.2 Equipo	103
3.3.4.3 Procedimiento	104
3.3.4.4 Cálculos	109
3.3.4.5 Observaciones	111
3.3.5 Sistemas de clasificación de los suelos	113
3.3.5.1 Sistema AASHTO	115
3.3.5.2 Sistema unificado de clasificación (SUCS)	117
3.3.5.3 Conclusiones	119
3.3.6 Análisis granulométrico por medio del hidrómetro ASTM- D422	120
3.3.6.1 Objetivo	120
3.3.6.2 Equipos	121
3.3.6.3 Reactivos	123



3.3.6.4 Calibración del hidrómetro	123
3.3.6.5 Procedimiento	128
3.3.6.6 Corrección de las lecturas del hidrómetro	135
3.3.6.7 Cálculos	137
3.3.6.8 Observaciones	143
<b>CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>145</b>
4.1 Análisis e interpretación de los resultados	145
4.2 Resultado de la Investigación	146
4.3 Contrastes de Hipótesis	149
4.4 Discusión	150
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>152</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>153</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>154</b>
1. Referencias Bibliográficas	154
2. Referencias Electrónicas	157
<b>ANEXOS</b>	<b>158</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: % de Finos de la Línea de Conducción de Rioja	9
Tabla 2: % de Finos en muestras del Reservorio – Moyobamba	11
Tabla 3: % de Finos en Pase Aéreo Caisson Mar. Der.- Moyobamba	12
Tabla 4: % de Finos en Pase Aéreo Caisson Mar. Izq.- Moyobamba	13
Tabla 5: % de Finos Sist. Agua Potable y Alcantarillado - Moyobamba	14
Tabla 6: % de Finos en terreno cimentación Hospital - Moyobamba	16
Tabla 7: % de Finos en terreno de Clínica La Luz – Tarapoto	17
Tabla 8: % de Finos en el suelo de Puente Sauce - Tarapoto	18
Tabla 9: % de Finos terreno de la Facultad Agroindustrial - Juanjui	19
Tabla 10: % de Finos carretera Chapaja -Tarapoto	21
Tabla 11: % de Finos carretera Paujilzapa, tramo Juanjui-Tarapoto	23
Tabla 12: % de Finos Sist. Agua Potable y Alcantarillado – Saposoa	25
Tabla 13: Grado de Plasticidad del suelo	41
Tabla 14: Límites Atterberg de Minerales Arcillosos	42
Tabla 15: Viscosidad del agua	54
Tabla 16: Valores de L (profundidad medida con Hidrómetro 151H)	55
Tabla 17: Factores de corrección por temperatura	60
Tabla 18: Factores de corrección de gravedad específica	61
Tabla 19: Valores de constante K para hidrómetro 151H	62
Tabla 20: Valores de Actividad de las Arcillas	66
Tabla 21: Operacionalización de las variables e indicadores	77
Tabla 22: Resultados del porcentaje de humedad de los suelos	83
Tabla 23: Resultados de los pesos específicos relativo del suelo	88
Tabla 24: Dimensiones del equipo de límite líquido	91
Tabla 25: Resultados de Límites de Consistencia	102
Tabla 26: Sistema de clasificación AASTHO	114
Tabla 27: Sistema de Clasificación SUCS	118
Tabla 28: Resultados de la Clasificación de suelos	120
Tabla 29: Valores de Profundidad para hidrómetros 151H y 152H	140
Tabla 30: Valores de Ct para hidrómetros 151H y 152H	141

Tabla 31: Valores de K para hidrómetro 151H	142
Tabla 32: Valores de K para hidrómetro 152H	143
Tabla 33: Valores de “a” para diferentes valores de Gs	143
Tabla 34: Mineral predominante en la Arcilla	145
Tabla 35: Resultados de las muestras de la Región San Martín	148

## ÍNDICE DE FOTOS

	Página
Foto 1: Afloramiento rocas metamórficas estratificadas- Tocache	31
Foto 2: Afloramiento areniscas conglomeradas Pushurumbo-Tocache	31
Foto 3: Secuencias areniscas rojizas-El Sauce	32
Foto 4: Afloramiento laminares de limonita Chapaja-Chazuta	33
Foto 5: Secuencia de niveles conglomerados-Saposoa	34
Foto 6: Secuencia arenitas, laminar de limo arcilla-Huinmayoc	34
Foto 7: Planicie fluvio lacustre,fluvio aluviales-Moyobamba	35
Foto 8: Depósito aluviales recientes, conglomerados.-Juanjui	35
Foto 9: Selección de muestras representativas de la Región San Martín	80
Foto 10: Determinación del peso del recipiente y material húmedo	80
Foto 11: Colocación de los recipientes y material al horno	81
Foto 12: Introducción del material al matraz	85
Foto 13: Expulsar el aire atrapado en el matraz	85
Foto 14: Peso de la muestra asentada	86
Foto 15: Secado del interior del cuello del matraz	86
Foto 16: Aparato de Casagrande	89
Foto 17: Tipos de Acanaladores	90
Foto 18: Balanza	90
Foto 19: Estufa u Horno	91
Foto 20: Material que pasa el tamiz N° 40 de Saposoa.	92
Foto 21: Material que pasa el tamiz N° 40 de Moyobamba	92
Foto 22: Material que pasa el tamiz N° 40 de Tarapoto	93
Foto 23: Material que pasa el tamiz N ° 40	93
Foto 24: Colocación del material en la cuchara de Casagrande	94
Foto 25: Hendidura hecha con el Acanalador	94
Foto 26: Cuchara Casagrande	95
Foto 27: Obtención de la muestra para ser llevado al horno	96
Foto 28: Preparación de la Muestra para Límite Plástico	99
Foto 29: Formación de la Muestra cilíndrica de Límite Plástico	99
Foto 30: Peso de la Muestra húmeda	100

Foto 31: Peso de la Muestra seca	101
Foto 32: Tamices desde el tamaño mayor hasta la malla N° 200	103
Foto 33: Envases para manejo y secado de Muestras	104
Foto 34: Lavado del agregado fino	107
Foto 35: Pesos Retenidos en los distintos tamices. (Saposoá)	108
Foto 36: Pesos Retenidos en los distintos tamices. (Moyobamba)	108
Foto 37: Pesos Retenidos en los distintos tamices. (Tarapoto)	109
Foto 38: Corrección por Menisco	128
Foto 39: Mezcla de agua destilada con agente dispersante	129
Foto 40: Vaso de dispersión en aparato agitador	130
Foto 41: Verter la suspensión a un cilindro	131
Foto 42: Agitando la suspensión	132
Foto 43: Medida del Hidrómetro	132
Foto 44: Lectura de la temperatura	133
Foto 45: Muestras Finales del Proyecto	134

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Diagrama Límites de Consistencia de Atterberg	39
Figura 2: Curva Granulométrica de un suelo	44
Figura 3: Carta de Plasticidad de Casagrande	49
Figura 4: Medida del Hidrómetro	56
Figura 5: Datos de cálculo de la profundidad	58
Figura 6: Estructuras atómicas básicas de los minerales de arcilla	68
Figura 7: Láminas formadas por estructuras atómicas básicas	69
Figura 8: Estructuras Laminares	70
Figura 9: Minerales de arcilla	71
Figura 10: Arcilla Caolinita	72
Figura 11: Arcilla Ilita	73
Figura 12: Arcilla Montmorillonita	74

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1: Relación entre índice de plasticidad y fracción arcillosa	65
Gráfico 2: Porcentaje en peso de arcillas y el índice de plasticidad	66
Gráfico 3: Diagrama de Fluidez	97
Gráfico 4: Curva Granulométrica de Saposoa	111
Gráfico 5: Curva Granulométrica de Moyobamba	112
Gráfico 6: Curva Granulométrica de Tarapoto	112
Gráfico 7: Gráfico de plasticidad	119
Gráfico 8: Hidrómetro	126
Gráfico 9: Suspensión sobre el bulbo del hidrómetro	127
Gráfico 10: Curva Granulométrica 5 muestras típicas de los Antecedentes	148

## ÍNDICE DE MAPAS

	Página
Mapa 1: Ubicación Geográfica de la Región San Martín	27
Mapa 2: Ubicación Geográfica de muestras de suelos de Antecedentes	28
Mapa 3: Ubicación Geográfica de muestras de suelo tesis	29
Mapa 4: Mapa Litológico de la Región San Martín	36



## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1 - Matriz de Consistencia	158
ANEXO 2 Antecedentes de la localidad de Rioja	159
ANEXO 3 Antecedentes de la localidad de Moyobamba	172
ANEXO 4 Antecedentes de la localidad de Tarapoto	191
ANEXO 5 Antecedentes de la localidad de Juanjui	202
ANEXO 6 Antecedentes de la localidad de Saposoa	205
ANEXO 7 Ensayos Muestra Saposoa	209
• Ensayos Preliminares – Saposoa	209
• Límites de consistencia – Saposoa	210
• Análisis Granulométrico por Tamizado	212
• Análisis Granulométrico por Sedimentación	213
• Curva Granulométrica Total – Saposoa	216
• Actividad de las arcillas – Saposoa	216
ANEXO 8 Ensayos Muestra Moyobamba	217
• Ensayos Preliminares – Moyobamba	217
• Límites de Consistencia – Moyobamba	218
• Análisis Granulométrico por Tamizado	220
• Análisis Granulométrico por Sedimentación	221
• Curva Granulométrica Total – Moyobamba	224
• Actividad de las arcillas – Moyobamba	224
ANEXO 9 Ensayos Muestra Tarapoto	225
• Ensayos Preliminares – Tarapoto	225
• Límites de consistencia – Tarapoto	226
• Análisis Granulométrico por Tamizado	228
• Análisis Granulométrico por Sedimentación	229
• Curva Granulométrica Total – Tarapoto	232
• Actividad de las arcillas – Tarapoto	232

## RESUMEN

La Región San Martín cuenta, en su mayoría, con suelos correspondientes a la fracción fina. Es decir que están compuestos principalmente de arcillas. Para ello, se analizó muestras de las localidades de Saposo, Moyobamba y Tarapoto. Razón por la cual, el objetivo de la presente tesis es determinar los porcentajes de arcillas en los distintos suelos finos de esta Región, mediante el método de análisis granulométrico por sedimentación.

Generalmente en los ensayos de granulometría, se analizan las muestras de los suelos hasta la malla N°200. Para determinar las características de estos suelos finos, se debe conocer cuánto de este porcentaje corresponde a las arcillas. La relación entre el Índice de Plasticidad y el porcentaje de finos genera la actividad de la arcilla analizada. Asimismo, en el presente estudio: se analizó el contenido de la humedad de la muestra; luego, se halló los índices de plasticidad y se examinó por medio de la granulometría de sedimentación; para dar como resultado, su clasificación de suelos mediante los métodos SUCS y AASTHO. El proyecto estuvo enmarcado en el Diseño de Investigación Cuantitativa, siendo del tipo de Diseño No Experimental Transversal. Fue aplicado a las muestras de Saposo, Moyobamba y Tarapoto. Mediante una serie de técnicas e instrumentos, se realizaron ensayos de laboratorios para obtener el porcentaje de arcilla de los suelos finos de esas localidades y, de esa forma, conocer su respectivo tipo.

Finalmente, los resultados revelan que los porcentajes de arcillas de cada una de las muestras son: Saposo 60%, Moyobamba 58% y Tarapoto 14%. Del mismo modo, se halla la Actividad de las Arcillas: Saposo 0.56, Moyobamba 0.58 y Tarapoto 0.35. Se concluye que las muestras contienen arcilla del tipo caolinitas. Estas generan un bajo nivel de potencial de cambio de volumen las cuales no afectan de manera considerable al diseño.

**Palabras Claves:** Análisis granulométrico por sedimentación, fracción fina, cambio de potencial de volumen, índice de plasticidad, actividad de arcillas

## ABSTRACT

San Martin Region account, mostly, tiled corresponding to the fine fraction. It is said to consist mainly of clay. To do this, samples of the towns of Saposoa, Moyobamba and Tarapoto were analyzed. Because of that, the aim of this thesis is to determine the percentage of clay in different fine soils of this region, by the method of particle size analysis by sedimentation.

Generally, in assays of granulometry, soil samples to the mesh No. 200 are analyzed. To determine the characteristics of these thin soils, one must know how much of this percentage corresponds to clays. The relationship between the plasticity index and the percentage of fines generated clay activity are Banalyzed. Also in this study: the moisture content of the sample was analyzed; then plasticity indices was found and examined by sedimentation particle size; to result, classification of soils by the USCS and AASHTO methods.

The project was framed in the Design of Quantitative Research, being the type of Cross No Experimental Design. It was applied to samples of Saposoa, Moyobamba and Tarapoto. Through series of techniques and instruments, laboratory tests were conducted to obtain the percentage of fine clay soils of these locations and, thus, meet their respective type.

Finally, the results show that the percentages of clays of each of the samples are: 60 % Saposoa, Moyobamba, Tarapoto 58 % and 14 %. Similarly, the activity of the clays is: Saposoa 0.56, Moyobamba 0.58 and Tarapoto 0.35. Se concluded that the samples containing kaolinite clay type. These produce a low level of volume change potential which do not affect significantly the design way.

**Keywords:** size analysis by sedimentation, fine fraction potential change in volume, plasticity index, activity clays.





## INTRODUCCIÓN

Actualmente, los estudios de suelos pertenecientes a la fracción fina, compuestos por arcillas y limos, no son muy reconocidos en el Perú. Esto sucede porque la mayoría de las construcciones estructurales son realizadas en suelos mejor graduados. Sin embargo, este déficit de información genera problemas de seguridad y economía en zonas del Nororiente del país. Este trabajo da la certeza sobre la realidad que se había especulado: los suelos del Nororiente peruano, específicamente en la Región de San Martín, pertenecen a la fracción fina.

La presente investigación analizará los suelos pertenecientes a la fracción fina (compuestos de arcillas y limos) de las localidades de Moyobamba, Saposoa y Tarapoto ubicados en la Región de San Martín. Para conocer las características de estos suelos finos debemos conocer cuánto de este porcentaje corresponde a las arcillas (porcentaje de material cuyo diámetro es menor a 0.002 mm), así como sus características de plasticidad (Índice de Plasticidad). Conociendo estos valores podemos hallar lo que se conoce como Actividad de las Arcillas y definir su potencial de variación de volumen. Por lo tanto, en esta tesis, nos enfocamos en hacer el análisis de la granulometría por sedimentación para así dar a conocer la particularidad en común que tiene los suelos en la región San Martín. Mediante esa información, se llega a conocer el tipo de arcilla que presenta la muestra estudiada.

Para la determinación de la distribución del tamaño de partículas del suelo, se realizó un análisis físico detallado donde se demuestran los principios del método granulométrico por sedimentación llamado también método del hidrómetro. De ese modo, se realiza una comparación granulométrica de las muestras analizadas. El análisis del hidrómetro es un método ampliamente utilizado para obtener un estimado de la distribución granulométrica de los suelos cuyas partículas se encuentran desde el tamiz No. 200 (0.075 mm) hasta el rededor de 0.001 mm. El ensayo granulométrico de sedimentación se basa en la Ley de Stokes donde se utiliza la relación de velocidad de caída de esferas en un fluido,

el diámetro de la esfera, peso específico tanto de la esfera como del fluido, y la viscosidad del fluido de modo que, nos da a conocer el porcentaje de arcilla del suelo y las características de estos suelos de fracción fina.

La elaboración de la tesis, se basa en estudios de obras con estructuras civiles similares realizados en la misma región, en ciudades como Moyobamba, Tarapoto, Rioja, Juanjui y Saposoa. Así también, se ha recopilado información de proyectos de la zona con propiedades similares.

Los cambios de volumen de las arcillas originan deformaciones y asentamientos del suelo que siguen un patrón usualmente irregular. Existe la posibilidad de que sea de tal magnitud que puede causar daños considerables a las estructuras que se encuentran apoyadas sobre él. Es por esta razón que el presente estudio de investigación ha dado énfasis a los suelos finos en este caso al porcentaje de arcillas que contiene el suelo, por ser un factor primordial para la construcción de edificaciones diversas en zonas variadas del Perú.

En base a lo antes mencionado, se espera que esta información sirva de referencia a futuros trabajos de mecánica de suelos y construcción en general a realizarse en la zona y de apoyo en los próximos estudios a realizarse en otras zonas que así lo requieran.

Como objetivo principal tenemos la determinación del porcentaje de arcillas de cada una de las muestras, valor que nos servirá para poder hallar la actividad de las arcillas y así afirmar que potencial de cambio de volumen es característico en cada zona.

Uno de los objetivos de esta tesis es poder demostrar la forma como hallamos este valor, para eso utilizaremos el método de granulometría por sedimentación o también llamado método del hidrómetro.

También se indicara como afecta al comportamiento del suelo las propiedades que nos dan las arcillas, indicándonos si son suelos expansivos, medianamente expansivos, o no expansivos.

Las propiedades que tiene un suelo respecto a su potencial de cambio de volumen, se deben al tipo de arcilla que este contiene, por esta razón uno de los objetivos de la presente tesis es identificar el tipo de arcilla que este contiene,

pudiendo ser Caolinítica, Ilítica o Montmorilonítica dependiendo de su composición química.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, el problema, los objetivos, la justificación, limitaciones y la viabilidad de la investigación.

En el capítulo II se aborda el Marco teórico que consta de los antecedentes de la investigación, bases teóricas y formulación de las hipótesis, así mismo la identificación de las variables. Como también, su definición conceptual y operacional.

En el capítulo III se presenta el diseño de la investigación donde se detallaran los procedimientos y técnicas del con las que se desarrollara el presente estudio.

En el capítulo IV se presentan los resultados de los diversos ensayos realizados.

Finalmente se presentan la conclusión y recomendación del presenta estudio.

Posterior al cual se indican las referencias bibliográficas y los anexos.



## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

La selva peruana cuenta en su mayoría con suelos correspondientes a la fracción fina, esta quiere decir que están compuestos principalmente de arcillas y limos. Para poder realizar cualquier obra de tipo civil necesitamos conocer las características del suelo y para esto se realizan los ensayos de granulometría.

Al realizar el ensayo de granulometría por tamizado encontramos que el mayor porcentaje las partículas de estos suelos pasan la malla N° 200 (esto quiere decir que pertenecen a la fracción fina). En la mayoría de casos resuelven catalogarlo con un suelo fino y no profundizar en su análisis.

Para conocer las características de estos suelos finos debemos conocer cuánto de este porcentaje corresponde a las arcillas y cuanto a los limos, así como sus características de plasticidad (Índice de Plasticidad). Conociendo estos valores podemos hallar lo que se conoce como Actividad de las Arcillas y definir su potencial de variación de volumen.

Por lo tanto en esta tesis nos enfocamos en hacer el análisis de la granulometría por sedimentación para así dar a conocer la característica en común que tiene los suelos en la región San Martín (Actividad de las Arcillas).

### **1.2 Formulación del Problema**

#### **1.2.1 Problema Principal**

- ¿Cuánto porcentaje de arcilla encontramos en los suelos finos en las distintas zonas de la región San Martín?

#### **1.2.2 Problemas Secundarios**

- ¿Con que método se determinara los porcentajes de arcillas en los suelos finos?

- ¿Cómo afectan los porcentajes de arcillas al comportamiento de los suelos finos?
- ¿Se puede determinar el tipo de arcilla conociendo el porcentaje en que se presenta?

### **1.3 Objetivo de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo Principal**

- Determinar los porcentajes de arcilla en los distintos suelos finos de la región San Martín.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Hallar los porcentajes de arcillas mediante un análisis granulométrico por sedimentación.
- Determinar cómo afecta el porcentaje de arcillas al comportamiento del suelo fino.
- Identificar el tipo de arcilla que se encuentra en los suelos finos de la región San Martín.

### **1.4 Justificación de la investigación**

Es conveniente realizar el presente trabajo porque desarrolla el estudio de los contenidos de arcilla de los suelos finos, sus características generales y propiedades intrínsecas. De tal forma que permite reconocer e identificar la presencia de los tipos de arcillas en los suelos en la zona de estudio. Con el análisis también podemos comparar los diferentes tipos de arcilla para determinar las mejores alternativas de solución y control para la estabilización de estos suelos lo que permitirá reducir sus efectos sobre las estructuras.

Con el trabajo se podrá contar con una herramienta para determinar las condiciones del suelo donde se efectuaran edificaciones y con ello mejorar las condiciones de vida de la población a través del acceso a una vivienda adecuada con los servicios básicos; o bien, a obras viales como carreteras,

puentes y lograr el ordenamiento, crecimiento, conservación, mantenimiento y protección de los centros de población y zonas de influencia. Asimismo, fomenta la participación de las organizaciones de la sociedad civil y la iniciativa de la inversión privada.

### **1.5 Limitaciones de la investigación**

La investigación analiza el suelo fino contenido en la muestra de suelo, precisando el tipo de arcilla contenido en los suelos finos, de esa manera se lograra contar con un registro de las características de estos suelos; ello será de ayuda para el planteamiento y ejecución de obras estructurales. Esta aplicación podrá extenderse a los suelos de la selva peruana o en lugares similares, donde existen suelos con cambio de volumen.

### **1.6 Viabilidad de la investigación**

Para desarrollar el presente trabajo se cuenta con los recursos principales siguientes: muestras de suelos de diferentes zonas de la selva peruana, el laboratorio de la Universidad Ricardo Palma, equipos e instrumentos con los que se realizarán los análisis. La ejecución será desarrollada en un tiempo aproximado de 6 meses.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la elaboración de la tesis, se tuvo en cuenta estudios de obras con estructuras civiles realizados en la región San Martín. Se ha considerado los análisis de proyectos con características similares a esta investigación continuación se nombrará y describirá dichos proyectos:

1. Proyecto: Mejoramiento y Ampliación del Sistema Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Rioja.  
Ubicación: Ciudad de Rioja- San Martín  
Realizado: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
Año: Abril del 2012

Se tomaron muestras de las excavaciones donde se instaló el sistema de agua potable y alcantarillado de diversas calles en la ciudad de Rioja. Se tomó muestras representativas de los estratos encontrados, los mismos que han sido enviados al laboratorio para los análisis de mecánica de suelos respectivos. El objetivo primordial era clasificar y caracterizar los tipos de suelos existentes, determinando la calidad del material dentro de las excavaciones.

De los resultados de laboratorio de las muestras evaluadas en las calicatas realizadas, se puede mencionar que los suelos que conforman la línea de conducción están compuestos en un 98 % de suelos de granulación fina clasificados como del tipo CL, con las variantes de suelos limo arcillosos inorgánicos de mediana y alta plasticidad con limite liquido promedio de 33.70% y un índice plástico promedio de 12.40%, características geotécnicas que no satisface las recomendaciones generales para uso como material de relleno, tanto para la cama de apoyo y para uso en el primer relleno.

Debido principalmente a que estos suelos finos con las características mencionadas tienen un valor como terreno de apoyo pobre a mediano, compresibilidad y expansión alta en condiciones húmedas, con

características de drenaje pobre, de capacidad de carga muy baja, con riesgos de asentamientos diferenciales muy alto, con modificación de resistencia por variación en su contenido de humedad, compactibilidad media a mala, con alto riesgo de deslizamiento y desprendimiento ante excavaciones, capilaridad regular a elevada, elasticidad elevada a perjudicial con cambios de volumen grandes, con un comportamiento después de compactado malo en tiempo de lluvias, en épocas de lluvias sufre hinchamiento y contracciones perjudiciales y en algunos casos se puede dar problemas de geodinámica como licuación de suelos en los sectores donde se presentan arenas saturadas, que a estas características se suma los altos contenidos de humedad por la presencia de niveles freáticos superficiales y zonas pantanosas.

Los resultados del resumen de los ensayos de laboratorio, se muestran en la tabla N°1, clasificándose los tipos de suelos de acuerdo a su textura y características principales. (Detalles en Anexo 3 ).

**Tabla 1: % de Finos de la Línea de Conducción de la ciudad de Rioja (anexo 2)**

CALICATA	MUESTRA	Km	DE MATERIAL	Zona	PROFUNDIDAD	CONSISTENCIA				CLASIFICACION					
						L.L.	L.P.	LP.	38"	# 4	# 10	# 40	# 200	AA-SHTO	SUC'S
C-01	M-2	0+945.40	SUELO NATURAL	LC	0.30-0.90	30.20	20.45	9.74	100.00	100.00	99.20	85.25	44.27	A-4(1)	SC
	M-3		SUELO NATURAL			32.12	21.24	10.88	100.00	100.00	98.59	85.04	54.60	A-6(3)	CL
C-02	M-2	1+251	SUELO NATURAL	LC	0.80-1.50	34.41	21.47	12.94	100.00	100.00	98.91	99.67	93.53	A-6(12)	CL
C-05	M-2	2+616	SUELO NATURAL	LC	0.30-1.50	36.76	25.51	11.25	100.00	100.00	99.30	90.44	68.10	A-6(7)	MIL
C-06	M-2	2+879.50	SUELO NATURAL	LC	0.20-0.70	20.52	14.66	5.86	100.00	100.00	100.00	99.60	38.17	A-4(0)	SM-SC
	M-3		SUELO NATURAL			33.15	20.86	12.29	100.00	100.00	99.03	89.39	63.43	A-6(6)	CL
C-08	M-2	4+078	SUELO NATURAL	LC	0.50-1.50	35.56	22.33	13.18	100.00	100.00	99.07	91.08	61.58	A-6(6)	CL
C-09	M-2	4+531.50	SUELO NATURAL	LC	0.30-1.50	22.84	19.10	3.74	91.09	86.12	85.42	78.16	52.08	A-4(0)	MIL
C-10	M-2	5+020	SUELO NATURAL	LC	0.20-1.50	NP	NT	NP	100.00	80.71	73.75	54.86	20.15	A-2-4(0)	SM
C-11	M-2	5+480	SUELO NATURAL	LC	0.30-1.50	NP	NT	NP	100.00	100.00	99.74	80.27	21.94	A-2-4(0)	SM
C-13	M-2	6+485	SUELO NATURAL	LC	0.50-1.00	NP	NT	NP	100.00	99.39	92.23	70.76	36.75	A-2-4(0)	SM
	M-3		SUELO NATURAL			20.85	17.07	3.78	100.00	99.22	97.23	78.05	53.53	A-4(0)	MIL
C-15	M-2	7+750	SUELO NATURAL	LC	0.30-1.50	NP	NT	NP	100.00	100.00	99.82	91.94	47.56	A-4(0)	SM
C-16	M-2	8+250	SUELO NATURAL	LC	0.30-1.50	22.11	18.42	3.69	98.85	99.55	98.18	83.16	54.32	A-4(0)	MIL
C-17	M-2	8+550	SUELO NATURAL	LC	0.80-1.50	20.54	17.10	3.44	100.00	99.86	98.59	93.43	57.41	A-4(0)	MIL
C-18	M-2	8+785	SUELO NATURAL	LC	0.80-1.50	27.18	16.75	10.43	100.00	100.00	100.00	95.91	63.53	A-4(4)	CL
C-19	M-2	9+300	SUELO NATURAL	LC	0.30-1.50	69.58	39.34	30.24	100.00	100.00	100.00	98.76	94.50	A-7-9(20)	CH
C-20	M-2	9+700	SUELO NATURAL	LC	0.80-1.50	NP	NT	NP	100.00	99.96	96.64	85.07	28.19	A-2-4(0)	SM
C-21	M-3	9+701	SUELO NATURAL	LC	0.80-1.50	31.18	18.33	12.85	100.00	100.00	99.92	99.12	60.90	A-6(5)	CL
C-22	M-2	11+375	SUELO NATURAL	LC	0.30-1.50	49.93	25.14	23.79	100.00	100.00	99.88	97.12	67.08	A-6(6)	CL
C-25	M-2	13+065	SUELO NATURAL	LC	0.40-1.50	37.19	18.83	18.36	100.00	100.00	99.75	97.70	60.96	A-6(9)	CL
C-29	M-2	15+653	SUELO NATURAL	LC	0.30-1.50	46.86	24.55	24.31	100.00	100.00	100.00	99.62	81.36	A-7-9(20)	CL

**Fuente: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.**

2. Proyecto: Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable de la localidad de Moyobamba –Reservorio 1000m<sup>3</sup>

Ubicación: Cordillera Juningullo – Moyobamba – San Martín

Realizado: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

Año: Enero 2010

El presente trabajo es la verificación de la capacidad portante para la construcción de un nuevo reservorio apoyado de capacidad de 1000m<sup>3</sup> ubicado en la cordillera de Juningullo, se ha podido definir un perfil estratigráfico típico en toda el área explorada.

Donde se puede definir de forma general al suelo formado de forma superficial de material poco contaminado con raíces vegetales, para luego continuar con un material areno limoso con afloramientos de rocas intemperizadas en proceso de descomposición del tipo areniscas con presencia de finos no plásticos.

Clasificado como un SM, con 23% de finos que no presentan límites de consistencia, su contenido de humedad natural es de 8.51% No se aprecia filtraciones de agua ni nivel freáticos que estén saturando al suelo.

El suelo de apoyo está conformado por Arenas Limosas no contaminadas con alto porcentaje de finos limosos del tipo SM, con finos NO plásticos cuyos parámetros geotécnicos ingenieriles según su clasificación del subsuelo de apoyo fueron obtenidas mediante ensayos de laboratorio normales y correlaciones según sus propiedades físicas-mecánicas y clasificación del suelo.(Más detalles en Anexo 3).

Se llevaron a cabo los ensayos de análisis granulométrico de cada una de las muestras obtenidas en el campo, ver en tabla N° 2, los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 2:** % de Finos de las muestras del Reservorio en Moyobamba

MUESTRA	PROFUNDIDAD	CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO	% FINO
M - 01	suelo de cimentación	SM	A - 2 - 4	23.0

CLASIFICACIÓN SUCS	SM
Agregado Grueso	3.65%
Agregado Fino	96.35%
Fracción Gruesa	77%
Fracción Fina	23%

**Fuente:** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

- 3. Proyecto:** Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable de la localidad de Moyobamba – Pase Aéreo Cimentación de Caisson  
Ubicación: Margen Derecha Río Mayo – Moyobamba – San Martín  
Realizado: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
Año: Marzo 2010

Las características geotécnicas del suelo de cimentación para la construcción de Caisson Margen Derecha, para el pase aéreo de la tubería de Conducción clase 7.5 de 315mm de diámetro en una longitud aproximada de 160m sobre el río Mayo, en la ciudad de Moyobamba.

De acuerdo al perfil estratigráfico observado en el talud de excavación y del suelo de cimentación, se ha podido observar que el material que corresponde a la parte del talud de corte (suelo superficial), es un LIMO ARENOSO de baja a nula plasticidad del tipo SM, contaminada con pequeño porcentaje de raíces vegetales.



Así mismo el suelo a partir de los 5.2m de profundidad que se extiende hasta el suelo de soporte de Caisson es clasificado como una ARENA limpia mal graduada que no presenta límites de consistencia, clasificada como un suelo del tipo SP, con poco porcentaje de finos menos del 3%. Ver en tabla N° 3. (Más detalles en el Anexo 3).

Se llevaron a cabo los ensayos de análisis granulométrico de cada una de las muestras obtenidas en el campo, de acuerdo a la norma ASTM D-422, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 3:** % Finos Pase Aéreo Caisson – Margen Derecha

MARGEN DER.	PROFUNDIDAD	CLASIF.SUCS	CLASIF.AASHTO	% FINO
M - 01	suelo de excavación	SM	A - 2 - 4	15.16%
M - 02	suelo de cimentación	SP	A - 2 - 4	2.86%

CLASIFICACION SUCS	SP
Agregado Grueso	0,0 %
Agregado Fino	100,00 %
Fracción Gruesa	97.14 %
Fracción Fina	2.86 %

**Fuente:** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

4. Proyecto: Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable de la Localidad de Moyobamba – Pase Aéreo Cimentación de Caisson  
 Ubicación: Margen Izquierda Río Mayo – Moyobamba – San Martín  
 Realizado: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
 Año: Enero 2010

De acuerdo al perfil estratigráfico observado en el talud de excavación y del suelo de cimentación, se ha podido observar que el material que

corresponde a la parte del talud de corte (suelo superficial), es una arcilla limosa de baja plasticidad del tipo CL-ML, contaminada con pequeño porcentaje de raíces vegetales.

Así mismo, el suelo a partir de los 6m de profundidad que se extiende hasta el suelo de soporte de Caisson es clasificado como una arcilla de baja plasticidad del tipo CL, con poco porcentaje de arena de granos finos. Ver en tabla N° 4. (Detalles en Anexo 3 )

Se llevaron a cabo los ensayos de análisis granulométrico de cada una de las muestras obtenidas en el campo, de acuerdo a la norma ASTM D-422, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 4:** % de Finos Pase Aéreo Caisson – Margen Izquierda

MARGEN IZQ.	PROFUNDIDAD	CLASIF.SUCS	CLASIF.AASHTO	% FINO
M - 01	suelo de excavación	CL – ML	A - 4	84,53
M - 02	suelo de cimentación	CL	A - 4	93,25

Clasificación SUCS	CL – ML	CL
Agregado Grueso	0,0 %	0 %
Agregado Fino	100,00 %	100 %
Fracción Gruesa	15,47 %	6,75 %
Fracción Fina	84,53 %	93,25%

**Fuente:** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

5. Proyecto: Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable de la Localidad de Moyobamba – Línea de conducción  
Ubicación: Ciudad de Moyobamba – San Martín  
Realizado: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
Año: Enero 2010

Verificado el perfil estratigráfico se tomaron muestras representativas para ser ensayadas en el laboratorio de mecánica de suelos, que nos permiten obtener sus principales propiedades geotécnicas.

Donde en el suelo superficial posee limos orgánicos de baja plasticidad OL, también, una arcilla limosa de baja plasticidad del tipo CL contaminada con pequeño porcentaje de raíces vegetales.

Así mismo el suelo a más profundidad contiene arena de granos finos. El suelo de apoyo está conformado por una arena limpia mal graduada del tipo SP, en condición mediana densa, que por los flujos de aguas subterráneas densifican el suelo granular y suelos areno limosos de baja a nula plasticidad del tipo SM parcialmente saturados y con alto contenido de humedad. Ver en la tabla N° 5. (Detalles Anexo 3)

Se llevaron a cabo los ensayos de análisis granulométrico de cada una de las muestras obtenidas en el campo, de acuerdo a la norma ASTM D-422, de los cuales se obtuvieron los siguientes tipos de suelos:

:

**Tabla 5:** % de Finos en el suelo de la Línea del Sistema de agua Potable y Alcantarillado-Moyobamba

Calicata	Muestra	Km	De material	profundidad	% finos	Clasificación		Descripción del suelo
						AASHTO	SUCS	
C-01	M-01	5+260	Suelo natural	0.30m-1.10m	57.52	A - 4	OL	Limos orgánicos Baja plasticidad

C-01	M-02	5+260	Suelo Natural	1.10m-2.00m	89.62	A - 7	CL	Arcilla limosa baja plasticidad
C-02	M- 01	4+960	Suelo Natural	0.35m-2.00m	69.92	A - 4	CL	Arcilla limosa baja plasticidad
C-03	M-01	4+690	Suelo Natural	0.40m-2.00m	91.77	A- 7	OL	Limos Organicos baja plasticidad
C-04	M-01	4+520	Suelo Natural	0.50m-1.30m	34.52	A – 2 - 4	SM	Arena limosa
C-04	M-02	4+520	Suelo Natural	1.30m-2.00m	15.16	A – 2 - 4	SM	Arena limosa
C-05	M-01	4+200	Suelo Natural	0.40m-2.00m	82.58	A - 6	CL	Arcilla limosa baja plasticidad
C-06	M-01	3+300	Suelo Natural	0.40m-2.00m	89.36	A - 7	OL	Limos orgánicos Baja plasticidad
C-07	M-01	2+240	Suelo Natural	0.40m-1.20m	11.69	A- 2 - 4	SP-SM	Arena limosa con grava
C-07	M-02	2+240	Suelo Natural	1.20m-2.00m	18.02	A - 1 - b	SM	Arena limosa
C-08	M-01	0+900	Suelo Natural	0.60m-2.00m	17.32	A - 2 - 4	SM	Arena limosa
C-09	M-01	0+470	Suelo Natural	0.40m-2.00m	18.29	A- 2 - 4	SM	Arena limosa
C-10	M-01	5+130	Suelo Natural	0.25m-1.15m	84.58	A -6	CL	Arcilla limosa baja plasticidad
C-10	M-02	5+130	Suelo Natural	1.50m-2.00m	60.20	A - 6	CL	Arcilla limosa baja plasticidad
C-11	M-01	4+320	Suelo Natural	0.25m-2.0m	34.10	A – 2 - 4	SM	Arena limosa

**Fuente:** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C

- 6. Proyecto:** Estudio Geotécnico con fines de Cimentación para la Ampliación del Hospital de Moyobamba  
Ubicación: Ciudad de Moyobamba – San Martín  
Realizado: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
Año: Enero 2010

Como resultado de los trabajos de campo se pudo identificar un perfil estratigráfico típico para la zona en estudio, se trata de suelos finos de arcillas limosas CL de color marrón rojizo de mediana a baja compresibilidad, blandas con un alto contenido de humedad, de mediana plasticidad que se apoya en arenas limosas de tipo SM de color beige claro a amarillento, no plásticos de baja compresibilidad y alta humedad. Ver en la tabla N° 6. (Detalles en Anexo 3).

**Tabla 6:** % de Finos en el terreno para la Cimentación del Hospital de Moyobamba

Muestra	Profundidad	% Fino	Clasificación SUCS	Descripción del Suelo
M - 01	0.20m – 0.65m	63.80	CL	Arcilla Limosa
M – 01	0.20m – 1.50m	70.14	CL	Arcilla Limosa
M – 02	0.65m – 1.35m	84.84	CL	Arcilla Limosa
M – 03	1.35m – 3.60m	84.65	CL	Arcilla Limosa
M – 03	4.20m - 5.85m	63.43	CL	Arcilla Limosa
M – 04	3.60m – 5.10m	64.09	CL	Arcilla Limosa
M – 04	5.85m- 9.00m	19.49	SM	Arena Limosa
M – 05	5.10m – 9.00m	19.60	SM	Arena Limosa

**Fuente:** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

## 7. Proyecto: Clínica La Luz

Ubicación: Ciudad de Tarapoto – San Martín

Realizado: Ing. Marco Antonio Hernández Aguilar

Año: Enero 2015

Se trata de un estudio Geotécnico con fines de cimentación para la construcción de edificio de 5 pisos con tres sótanos, ubicado en la cuadra 01 del Jr. Shapaja en Tarapoto, departamento de San Martín.

La zona de estudio corresponde a un terreno sin obras civiles existentes, con vegetación natural. Se realizó ensayos de laboratorio para su clasificación (tabla 6) y definir su perfil estratigráfico. Se encuentran materiales de rellenos no controlados formados de gravas con arenas y finos limo arcillosos en estado suelto, continuando con arenas arcillosas y/o limosas hasta los 4.0m de profundidad, suelos que presentan una clasificación SUCS de forma general del tipo SC a SM, el cual se encuentra en estado blando, de color marrón con mediana plasticidad, subyaciendo a este material se encuentra los depósitos de suelos aluviales, formados por gravas con arenas con bolones y finos arcillosos de mediana plasticidad. Ver en tabla N°7. (Detalles en Anexo 4).

**Tabla 7:** % de Finos en el terreno de Clínica La Luz-Tarapoto

<b>Muestra</b>	<b>Profundidad</b>	<b>% Finos</b>	<b>Clasif.SUCS</b>	<b>Descripción del suelo</b>
M-01	1.30m-1.60m	31.20	SC–SM	Arena arcillosa limosa
M-02	1.60m-4.45m	43.70	SC	Arena arcillosa
M- 01	4.45m-9.00m	13.33	GC–GM	Conglomerado Grava arena limo y arcilla
M-01	3.45m-9.00m	16.30	GC	Conglomerado Grava arena limo y arcilla

**Fuente:** Ing. Marco Hernández Aguilar

**8. Proyecto:** Estudio Geotécnico con fines de Sedimentación para la Construcción del Nuevo Puente Vehicular El Sauce sobre el río Huallaga.

Ubicación: Sauce - Tarapoto – San Martín

Realizado: Ing. Marco Antonio Hernández Aguilar

Año: Enero 2012

La zona destinada para la ejecución del presente proyecto se encuentra ubicada en el poblado denominado Utcuraca, en el distrito de Alberto Leveau, provincia y departamento de San Martín, aproximadamente a 31Km de la ciudad de Tarapoto.

La longitud del puente es de 220m lineales, la zona en estudio para la construcción del nuevo Puente Vehicular El Sauce sobre el Rio Huallaga ha sido en los estribos o accesos al puente, tratando de explorar sobre suelos naturales, hasta la profundidad que involucre el suelo de cimentación.

El suelo encontrado correspondiente a la margen derecha del río Huallaga está constituida por un material limoso con presencia de arena de grano fino con un contenido de humedad medio de coloración marrón oscuro así mismo, presenta una arcilla limosa de mediana plasticidad la cual presenta una mediana a alta compacidad .Finalmente se encuentra un suelo constituido por gravas de caras sub redondeadas y cantos rodados con presencia de arenas de grano medio a grueso.

El perfil estratigráfico del área correspondiente a la margen izquierda del río Huallaga formado por limos de baja plasticidad con poco contenido de humedad de una coloración crema, se encontró también, un suelo limo arcilloso muy fino de mediano contenido de humedad natural de una coloración rojiza, en estado muy denso. Ver en la tabla N° 8, se adjunta análisis granulométrico en el Anexo 4.

**Tabla 8:** % Finos en el suelo de Puente Sauce -Tarapoto

<b>Perforación P-02</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Clasificación SUCS</b>	<b>Clasificación AASHTO</b>	<b>% Fino</b>
SPT 01	3.00m. – 3.30m.	CL	A-6	99.20
SPT 02	4.00m. – 4.45m.	CL	A-4	97.81
SPT 03	5.00m. – 5.26m.	CL	A-6	97.84
SPT 04	10.00m. – 10.26m.	CL	A-4	96.29

SPT 05	17.00m. – 17.45m.	CL	A-4	97.52
--------	-------------------	----	-----	-------

**Fuente:** Ing. Marco Hernández Aguilar

**9. Proyecto:** Estudio Geotécnico para el Mejoramiento de los Servicios de Formación Universitaria de la Facultad de Agroindustriales - Universidad San Martín

Ubicación: Juanjui – San Martín

Realizado: Ing. Marco Antonio Hernández Aguilar

Año: Enero 2012

El presente proyecto se encuentra ubicado en el sector de Villa Prado, en el distrito de Juanjui, Provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín. El área total comprende la construcción de diferentes ambientes, es de aprox. 41000 m<sup>2</sup>.

Para definir el perfil estratigráfico del área se extrajeron muestra alteradas é inalteradas de los estratos más representativos. De forma general de acuerdo a los ensayos de laboratorios, se encontraron suelos finos clasificado como arcilla limosa con poca arenas de mediana plasticidad (CL) con una coloración entre marrón oscuro con pintas grises, el cual se encuentra en estado medianamente compactado, Así mismo, subyacente a este material se encontraron arenas limosas (SM) de color amarillento y a mayores profundidades se encuentran gravas. En el anexo se presenta el registro las curvas granulométricas. Ver en la tabla N°9. (Detalles en Anexo 5).

**Tabla 9:** % de Finos en el terreno de la Facultad Agroindustrias –Juanjui

Calicata	Muestra	Profundidad	Clasif. SUCS	Clasif AASHTO	%Finos
C-1	M-1	1.00m-1.65m	CL	A-4	63-19
C-1	M-2	1.85m-3.00m	CL	A-4	60.05



C-2	M-1	0.80m-1.10m	CL	A-6	88.28
C-2	M-2	1.10m-1.40m	CL	A-6	73.87
C-2	M-3	1.50m-3.00m	CL	A-4	57.60
C-3	M-1	0.35m-0.80m	CL	A-4	54.47
C-3	M-2	0.80m-1.15m	CL	A-6	80.38
C-3	M-3	1.15m-1.65m	SW-SM	A1-b	11.82
C-3	M-4	1.65m-3.00m	CL	A-4	58.02

<b>SPT-01</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Clasif. SUCS</b>	<b>Clasif. AASTHO</b>	<b>%Finos</b>
Muestra 01	1.00m-1.45m	CL	A-4	69.92
Muestra 02	2.00m-2.45m	CL	A-4	56.51
Muestra 03	3.00m-3.45m	SC	A-4	46.06
Muestra 04	4.00m-4.45m	SP-SM	A1-b	11.66
Muestra 05	5.00m-5.45m	CL	A-6	88.58
Muestra 06	6.00m-6.45m	CL-ML	A-4	76.16
Muestra 07	6.50m-6.95m	SC-SM	A-4	48.61
Muestra 08	7.00m-7.45m	SP-SM	A-3	7.52

<b>SPT-02</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Clasif. SUCS</b>	<b>Clasif. AASTHO</b>	<b>%Finos</b>
Muestra 01	1.00m-1.45m	CL	A-4	67.27
Muestra 02	2.00m-2.45m	CL	A-4	58.63
Muestra 03	3.00m-3.45m	CL	A-6	83.54
Muestra 04	4.00m-4.45m	CL	A-6	83.54
Muestra 05	5.00m-5.45m	CL	A-6	90.19
Muestra 06	5.45m-5.90m	CL	A-6	90.61
Muestra 07	5.90m-6.35m	CL	A-6	87.38
Muestra 08	6.35m-6.80m	CL	A-6	87.38
Muestra 09	6.80m-7.25m	SP-SM	A-3	9.97

**Fuente:** Ing. Marco Hernández Aguilar

**10. Proyecto:** Evaluación Geotécnica y Análisis de Estabilidad del Sector Inestable Tramo Chapaja – Chazuta,  
Ubicación: Distrito Chapaja - Juanjui – San Martín

Realizado: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

Año: Enero 2011

Para el presente estudio se realizaron los trabajos necesarios de evaluación IN-SITU del sector que ha presentado fallas geotécnicas por inestabilidad, generándose asentamientos y corrimiento del suelo con superficies de fallas críticas de forma progresiva que han provocado inestabilidad en la zona ubicada a la altura de la progresiva Km 8+000 del sector Chapaja, que comprende el tramo de la carretera en mención.

Este problema en la zona de evaluación viene presentando una situación de inestabilidad progresiva presentándose asentamientos en la plataforma de la vía existente, movimientos de masa de suelos con superficies de fallas progresivas y deslizamientos cuya causa es materia del presente Estudio Geotécnico.

Según los estudios del laboratorio de Mecánica de Suelos se tiene en forma general la siguiente evaluación de las muestras de suelos de la zona: superficialmente presenta suelos con cobertura vegetal, seguidos de suelos finos arcilloso de mediana a alta plasticidad con alto contenido de humedad, clasificados del tipo CL, estos suelos finos en tres puntos evaluados, presentan inicialmente un estrato de arcilla de color marrón, seguidos de arcillas rojas con intercalaciones de suelos finos de color blanco plata donde subyace la arcilla marrón.

Siendo los análisis granulométricos de cada muestra en el Laboratorio según la norma ASTM D-422, ver en la tabla N°10 (más detalle anexo 4) los siguientes resultados:

**Tabla10:** % de Finos de la carretera Chapaja - Tarapoto

SPT N°1	Profundidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	% Fino
Estrato 01	0.00m – 2.05m.	OVER	-	-
Estrato 02	2.05m – 2.80m.	CL	A – 7 – 6 (20)	94.9
Estrato 03	2.80m – 5.50m	CL	A – 7 – 6 (20)	97.8
Estrato 04	5.50m – 8.80m	CL	A – 7 – 6 (20)	98.1

SPT N°2	Profundidad	Clasif. SUCS	Clasif. AASHTO	% Fino
Estrato 01	0.00m – 0.25m.	PT	-	-
Estrato 02	0.25m – 1.30m.	CL	A – 7 – 6 (20)	98.27
Estrato 03	1.30m – 6.55m	CL	A – 7 – 6 (20)	95.45
Estrato 04	6.55m – 9.00m	CL	A – 6 (18)	97.97

SPT N°3	Profundidad	Clasif. SUCS	Clasif. AASHTO	% Fino
Estrato 01	0.00m – 0.40m.	PT	-	-
Estrato 02	0.40m – 2.05m.	CL	A – 7 – 6 (20)	98.28
Estrato 03	2.05m – 6.40m	CL	A – 7 – 6 (20)	97.76
Estrato 04	6.40m – 8.65m	CL	A – 7 – 6 (20)	98.50

**Fuente:** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

## 11. Proyecto: Estudio Geotécnico con Fines de Verificación de la Infraestructura del Puente Pauljilzapa

Ubicación: Tramo Tarapoto – Juanjui. San Martín

Realizado: GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

Año: Enero 2008

Ubicado dentro del Tramo de la carretera Tarapoto – Juanjuí, entre las progresivas Km. 34+000 – Km. 59+000, de la región San Martín, en el puente Paujilzapa. Se realizaron los análisis granulométricos de cada muestra en el Laboratorio según la norma ASTM D-422 donde se pudo encontrar un suelo de matriz fina, formado de arcillas limosas de mediana

plasticidad del tipo CL, sobre suelos areno limoso con finos arcillosos del tipo SM-SC. Se obtuvieron muestras representativas de los diferentes estratos obtenidos por la clasificación por inspección manual visual a lo largo de todo el perfil estratigráfico. (Detalles en Anexo 5)

Siendo realizados los análisis granulométricos de cada muestra en el Laboratorio según la norma ASTM D-422, ver en la tabla N°11 donde se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 11:** % de Finos carretera Paujilzapa, Tramo Juanjui-Tarapoto

SPT N°1	Profundidad	Clasif. SUCS	Clasif. AASHTO	% Fino
Muestra 01	0.00m. - 0.45m.	CL	A - 7 - 6 (18)	89.37
Muestra 02	0.45m. - 0.90m.	CL	A - 6 (9)	70.55
Muestra 03	0.90m. - 2.00m.	CL	A - 7 - 6 (20)	92.35
Muestra 04	2.00m. - 2.45m.	CL	A - 7 - 6 (20)	94.28
Muestra 05	2.45m. - 4.00m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	28.99
Muestra 06	4.00m. - 5.00m.	SM - SC	A - 4 (0)	36.50
Muestra 07	5.00m. - 6.00m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	24.45

SPT N°2	Profundidad	Clasif. SUCS	Clasif. AASHTO	% Fino
Muestra 01	0.00m. - 0.95m.	CL	A - 7 - 6 (20)	97.00
Muestra 02	0.95m. - 1.75m.	CL	A - 7 - 6 (20)	90.64
Muestra 03	1.75m. - 2.85m.	CL	A - 7 - 6 (20)	94.34
Muestra 04	2.85m. - 3.50m.	CL	A - 7 - 6 (20)	95.13
Muestra 05	3.50m. - 4.50m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	27.94
Muestra 06	4.50m. - 6.00m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	21.36

<b>SPT N°3</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Clasif. SUCS</b>	<b>Clasif. AASHTO</b>	<b>% Fino</b>
Muestra 01	0.00m. - 0.75m.	CL	A - 7 - 6 (20)	95.48
Muestra 02	0.75m. - 1.30m.	CL	A - 6 (10)	71.51
Muestra 03	1.30m. - 2.35m.	CL	A - 7 - 6 (20)	92.78
Muestra 04	2.35m. - 2.90m.	CL	A - 7 - 6 (20)	93.57
Muestra 05	2.90m. - 4.00m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	26.97
Muestra 06	4.00m. - 5.10m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	24.99
Muestra 07	5.10m. - 6.00m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	22.61

<b>SPT N°4</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Clasif.SUCS</b>	<b>Clasif. AASHTO</b>	<b>% Fino</b>
Muestra 01	0.00m. - 1.15m.	CL	A - 7 - 6 (20)	96.82
Muestra 02	1.15m. - 1.90m.	CL	A - 7 - 6 (20)	89.18
Muestra 03	1.90m. - 2.80m.	CL	A - 7 - 6 (20)	91.03
Muestra 04	2.90m. - 3.80m.	CL	A - 7 - 6 (20)	91.96
Muestra 05	3.80m. - 4.90m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	28.05
Muestra 06	4.90m. - 6.00m.	SM - SC	A - 2 - 4 (0)	21.96

**Fuente:** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

## **12. Proyecto: Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en Saposoa**

**Ubicación:** Ciudad de Saposoa - San Martín

**Realizado:** Ing. Marco Antonio Hernández Aguilar

**Año:** Enero 2012

Los trabajos del Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Saposoa, se han realizado con visitas técnicas a la zona de trabajo para verificar IN-SITU los procedimientos constructivos desde el punto de vista Geotécnico, de todas las etapas que comprende el proyecto.

Dentro de los aspectos geotécnicos referentes a los rellenos controlados, para la rehabilitación del alcantarillado, redes de aguas, conexiones domiciliarias y línea de Conducción, se puede mencionar que todos los materiales a ser colocados o repuestos dentro de las excavaciones realizados, deben ser controlados y colocados en capas compactadas, a fin de garantizar la estabilidad de los pavimentos repuestos.

Según lo observado en los 04 frentes de trabajo, las excavaciones realizadas para la colocación de las tuberías de la red de agua y desagüe, son sobre dos tipos de suelos con características geotécnicas muy diferentes, clasificadas de la manera siguiente:

En la mayor parte de las calles rehabilitadas el tipo de suelo corresponde a un material fino del tipo Arcilla limosa de mediana a alta plasticidad, de baja resistencia y alta deformación cuando se encuentra con humedad por encima de su valor óptimo, según los ensayos granulométricos la clasificación de estos suelos corresponde a OL y CL.

En algunas calles se ha observado que los suelos existentes corresponden a depósitos aluviales formados de gravas arenosas con poco fino, con presencia de over y bolonerías en alto porcentaje, clasificados como suelos del tipo GP. Ver en la tabla N°12( más detalle anexo 6)

**Tabla 12:** % de Finos de Agua Potable y Alcantarillado de una zona de Saposoa

<b>Calle</b>	<b>% Fino</b>	<b>SUCS</b>	<b>L.L</b>	<b>IP</b>
Bolívar, Colon, Buenos Aires	55.25	CL	27.0	9.3
Jr. Soledad	86.58	OL	43.1	16.6
Alfonso Ugarte y Ramón Castilla	60.5	CL	31.2	12.9

Arica cuadra 04	72.2	CL	31.7	11.1
Arica cuadra 02	72.8	CL	36.6	11.2
Colina y Amazonas	42.2	SM-SC	25.0	6.6
Soledad y Jr. Lima	67.7	CL	29.2	8.7
Bolívar cuadra 03 y 04	53.5	CL	22.8	7.3
Junín cuadra 01 a 04	83.9	OL	44.8	16.1
Bolognesi y Saposo	73.8	OL	36.0	11.2
Alfonso Ugarte y Loreto	83.4	CL	42.4	18.6
Calle Lima cuadra 07	75.0	CL	38.9	14.4
Loreto cuadra 02	70.5	CL	39.4	17.1
Comercio cuadra 02 y 03	79.1	CL	33.0	11.3
Jr. Peña Herrera cuadra 02	73.3	CL	34.9	11.2
Jr. Huallaga cuadra 02	73.5	CL	30.9	12.0
Jr. Junín cuadra 05	76.1	CL	32.9	11.1
Jr. Tacna cuadra 04	63.2	CL	28.7	8.2
Jr. Leonardo Soto	67.7	CL	31.7	14.3

Fuente: Ing. Marco Hernández Aguilar

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Definiciones conceptuales

#### 2.2.1.1 Ubicación de la zona de estudio

Geográficamente, la zona destinada para la ejecución del presente proyecto se encuentra ubicada al Noreste del territorio Peruano. En el flanco oriental del relieve andino, en el sector septentrional y central, ocupando zona de selva alta y baja; entre los paralelos 5°15'0"y 8°25'15"de latitud sur a partir de la Línea del Ecuador y entre las coordenadas 75°45'0"y 77°24'22"de longitud Oeste a partir del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 140 a 4760 msnm y con un área de 51,645 Km<sup>2</sup>. Representa el 4% del territorio nacional.

Se encuentra limitado: por el Norte con los Departamentos de Amazonas y Loreto, por el Sur con el Departamento de Huánuco, por el Este con el Departamento de Loreto y Oeste con los Departamentos de La Libertad y Amazonas. Ver mapa N°1. MINCETUR (2010)

El Departamento de San Martín presenta una fisiografía bastante heterogénea por la zona occidental con numerosos contrafuertes andinos y numerosas quebradas. También, se presencia valles amplios y terrazas escalonadas formadas por el río Huallaga y sus afluentes. Por la zona sureste, se encuentra la continuación de la llamada "Cordillera Azul" y, por la zona Noreste, se ubica una pequeña parte de selva baja con áreas inundables y poco accidentadas. BCRP (2012)

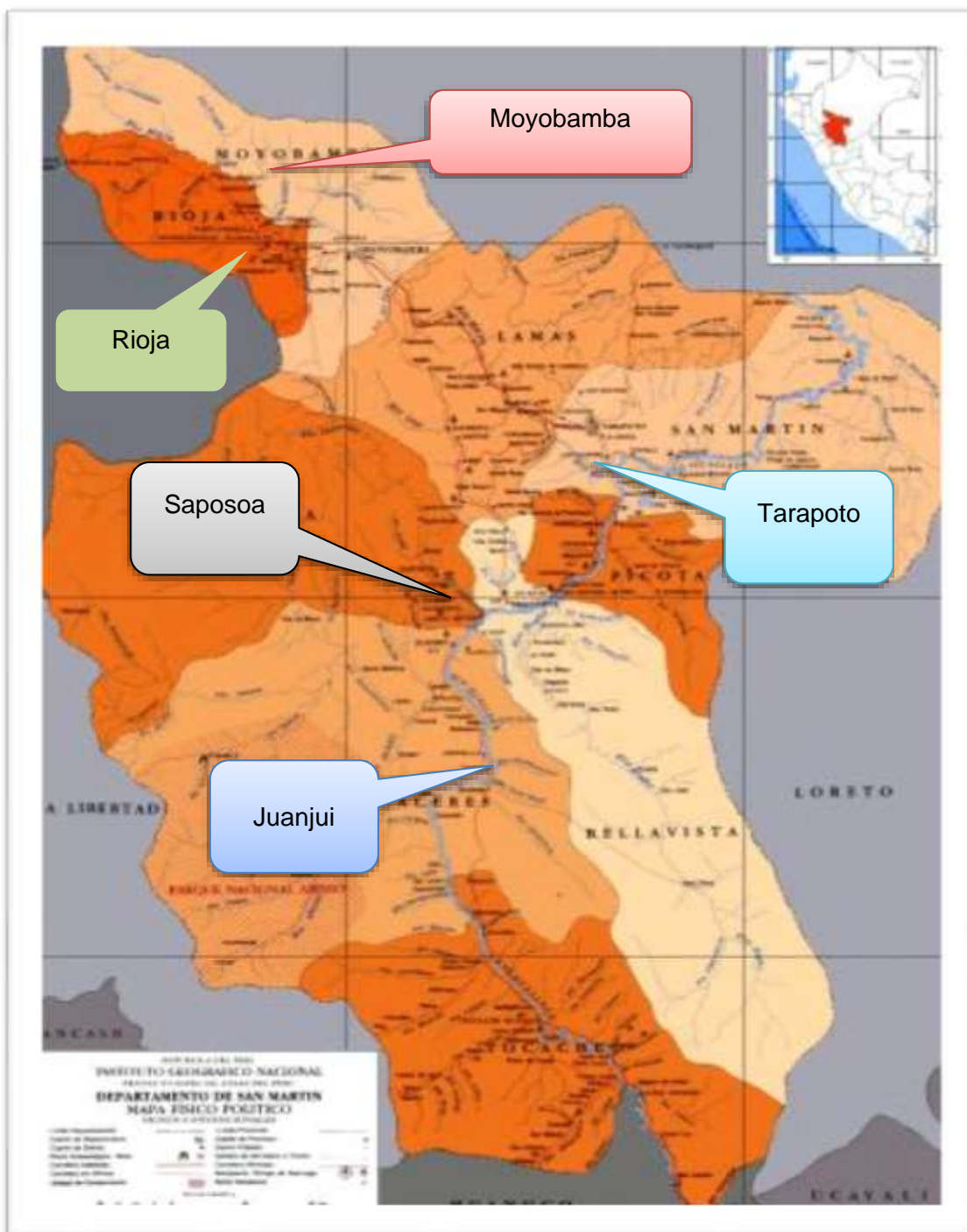
La zona de los antecedentes de la tesis, ver Mapa N° 2 y la zona de las muestras de estudio se encuentra en el departamento de San Martín, ver Mapa N° 3.





**Mapa 1:** Ubicación geográfica de la Región San Martín

**Fuente:** Instituto Geográfico Nacional



**Mapa 2:** Ubicación Geográfica de las muestras de suelo de los Antecedentes

**Fuente:** Instituto Geográfico Nacional



**Mapa 3:** Ubicación Geográficas de las muestras de suelo para la tesis

**Fuente:** Instituto Geográfico Nacional

### **2.2.1.2 Características Geológicas**

Los acontecimientos geológicos de la Región San Martín, que se han producido en las diferentes eras geológicas traían consigo una serie de cambios en los ambientes de sedimentación, comportamientos geo estructurales (eventos tectónicos), que en ocasiones marcaban el fin de una era geológica.

Las diferentes y complejas unidades lito estratigráficas que afloran en la región han sido originadas desde el Pre cámbrico (600-2000 m. a.) hasta nuestros tiempos (Cuaternario). Cabe observar que la estratigráfica de la Región San Martín está conformada por los depósitos aluviales, los depósitos fluviales y residuales, compuestos por sedimentos semi consolidados e inconsolidados de arenas, limos, arcillas, limo arcillitas y limo arenitas. INGEMET (2005)

Debido a su complejidad, éstas han sido separadas en bloques y caracterizadas de acuerdo a su ambiente de sedimentación, edad de formación, presencia de fósiles y estructuras tectónicas; los cuales han definido la exposición del relieve actual.(Ver Mapa 4)

#### **a. Bloque Precámbrico -Paleozoico**

Se encuentra localizado en el sector occidental de la región, converge en su totalidad en la Cordillera Oriental. Conforman las rocas más antiguas del área de estudio. Están representadas por rocas metamórficas correspondientes al complejo Marañón. El Paleozoico muestra presencia de rocas pizarrosas y afloramiento de material samítico (arenisca). También, aparecen rocas y areniscas de grano grueso. INGEMET (2005).Ver fotos1 y 2.



**Foto 1:** Afloramiento de rocas Metamórficas estratificadas visiblemente fracturadas y foliadas. Proximidades provincia de Tocache



**Foto 2:** Afloramiento masivo de areniscas conglomeradas en Cerro La Chuncha; tramo Pushurumbo-Tocache

## b. Bloque Mesozoico

Se ubica principalmente en el sector central de la región, correspondiendo mayormente a la cordillera Sub-andina. Se extiende de Nor-Oeste a Sur-Este, como una franja alargada y continua. Está conformado por secuencias litológicas, representado por afloramientos calcáreos. Luego aparece en forma discontinua con secuencias continentales rojizas principalmente areniscas. Se marca el fin del bloque Mesozoico con las secuencias sedimentarias, cuyos aspectos litológicos más resaltantes son las areniscas cuarzosas denominadas “pan de azúcar”. INGEMET (2005). Ver fotos 3 y 4.



**Foto 3:** Secuencias de areniscas rojizas, en capas horizontales. También se observan los cuerpos salinos que se mezclan con las secuencias litológicas.

Proximidades de la localidad de El Sauce



**Foto 4:** Afloramiento masivo de grano grueso milimétrica gris amarillento a crema, contiene capas laminares de limonita - Localidad Chapaja-Chazuta

### **c. Bloque Cenozoico**

La intensidad de la actividad tectónica disminuye y se origina la sedimentación de las capas rojas continentales; ver foto 5. Los cambios bioclimáticos se acentúan y los procesos geodinámicos se acrecientan originando los depósitos sedimentarios de tipo aluvionicos conglomerados Así también, la erosión fluvial se acrecienta trayendo consigo sedimentos de limos, arenas, arcillas, limo arcillitas limo arenitas; que luego son depositados en las márgenes de los ríos. Este proceso aún continúa con menor intensidad. Castro,W (2005).Ver fotos 6, 7 y 8.



**Foto 5:** Secuencia de niveles conglomerados, que se exponen en forma masiva. Tramo Saposoa-Sacanche



**Foto 6:** Secuencias de arenitas de grano fino, medio y grueso, niveles laminar de limo arcillita Proximidades de localidades de Huinmayoc

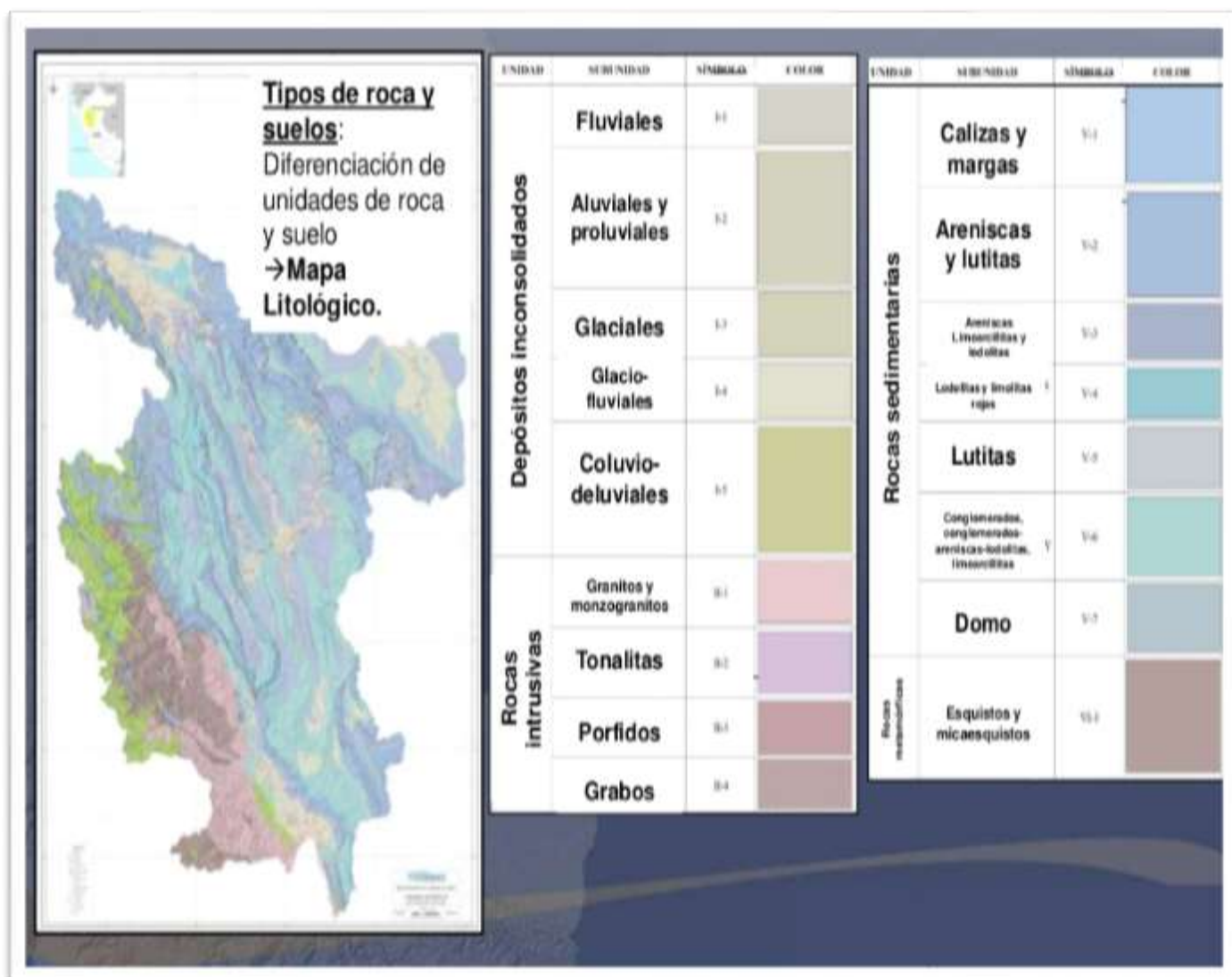




**Foto7:** Planicie fluvio lacustre conformado por depósitos fluvio aluviales subrecientes, los cuales se encuentran configurando sistemas de lomadas y terrazas. Valle del Alto Mayo. Localidad Moyobamba



**Foto 8:** Depósitos aluviales recientes conformando las terrazas bajas inundables, estas contienen generalmente conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Sector localizado al sur de Juanjuí, Cuenca del río Huallaga.



**Mapa 4:** Mapa litológico, tipos de rocas y suelos de la Región San Martín

**Fuente:** Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

### 2.2.1.3 Determinación de la Humedad Natural (w %)

El contenido de agua de un suelo o contenido de humedad es la relación entre el peso de agua contenida en el mismo suelo y el peso de su fase sólida, y se expresa en forma de porcentaje. Este puede variar entre 0 e  $\infty$  dependiendo de las condiciones de humedad del sitio donde se localice el suelo. Juárez, E & Rico, R (2004).

La relación que expresa la humedad de un suelo es la siguiente:

$$w \% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

- Dónde:  $W_w$  = peso del agua

$W_s$  = peso del suelo seco al horno

La cantidad de agua en el laboratorio se obtiene mediante la diferencia de peso entre el suelo en estado natural y el suelo secado en horno. Para tener  $W_w = W_m - W_s$ , con lo cual la humedad queda determinada.

### 2.2.1.4 Peso específico relativo de sólido (Gs)

El peso específico relativo, se define como el peso específico del suelo con respecto al peso específico del agua a 4°C, destilada y sujeta a presión atmosférica. Juárez, E & Rico, R (2004).

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o} = \frac{W_s}{V_s \gamma_o}$$

- Dónde:

$W_s$  = peso de los sólidos

$V_s$  = volumen de los sólidos

$\gamma_o$  = peso específico del agua destilada

$\gamma_s$  = peso específico del suelo

Para determinar este parámetro se utilizó un procedimiento donde prácticamente se igualan los volúmenes de agua y de suelo, mediante:

un matraz de volumen definido, quedando la ecuación expresada en función de los pesos, de la siguiente forma:

$$G_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}}$$

• Dónde:

$W_s$  = peso seco del suelo

$W_{fw}$  = peso de matraz + agua

$W_{fsw}$  = peso de matraz con agua y suelo.

El procedimiento de prueba consiste en llenar un matraz cuyo volumen está bien definido mediante una marca de enrase, con agua destilada ( $W_{fw}$ ), posteriormente llenar el mismo matraz con agua, suelo y agua destilada ( $W_{fsw}$ ). A este matraz se le debe absorber el aire atrapado entre las partículas de suelo por ebullición. La diferencia de peso entre las dos matrices es el peso en el agua por el suelo, siempre y cuando no haya variación en la temperatura del agua, lo que afectaría su densidad.

Para mantener una temperatura constante y ayudar a la expulsión del aire, se requiere una agitación constante de la muestra durante el periodo de ebullición. Taylor, D. (1981)

#### **2.2.1.5 Límites de Consistencia de Atterberg**

Se define Límites de Atterberg o Límites de Consistencia como las diferentes fronteras convencionales entre cualquiera de los estados o fases que un suelo pueda estar, según su contenido de agua en orden decreciente. Juárez, E & Rico, R (2004).

Los estados de consistencia definidos por Atterberg son:

Según Lambe, W (1973) su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, ver figura 1:

- Estado Líquido, con las propiedades y apariencia de una Suspensión.
- Estado Semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
- Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
- Estado Semisólido, en que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- Estado Sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado



**Figura 1** : Diagrama Límites de Consistencia de Atterberg.

Fuente: Lambe, W (1973)

De acuerdo a la norma ASTM 423, los límites de consistencia son valores de humedad para los cuales una muestra de suelo al aumentar o disminuir estos cambia de estado:

- El Límite Líquido, representa la humedad para la cual por encima de esta el suelo se comporta como líquido y por debajo de la misma el suelo está en estado plástico. Sowers, G (1979)
- El Límite Plástico, representa la humedad para la cual por encima de esta el suelo está en estado plástico y por debajo de la misma el suelo está en estado semisólido. Sowers, G (1979)

- El Límite de Retracción representa la humedad para la cual por encima de esta el suelo está en estado semisólido y por debajo de la misma el suelo está en estado sólido. Sowers, G (1979). Según las normas, los límites de Atterberg se determinan de la siguiente manera:
  
- El Límite Líquido de un suelo, esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la Cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que el surco que previamente se ha recortado, se cierre en una longitud de 12 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre el surco es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/peso de suelo seco). Juárez, E & Rico, R (2004).
- El Límite Plástico, esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado pero sencillo consistente en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm. Para esto, se realiza una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre los dedos o entre el dedo índice y una superficie inerte (vidrio), hasta conseguir un cilindro de 3 mm de diámetro. Al llegar a este diámetro, se desarma el cilindro, y vuelve a amasarse hasta lograr nuevamente unos bastoncillos de 3 mm. diámetro. Esto se realiza consecutivamente hasta que no es posible obtener el cilindro o bastoncillo de la dimensión deseada. Con ese contenido de humedad, el suelo se vuelve quebradizo (por pérdida de humedad) o se vuelve pulverulento. Se mide el contenido de humedad, el cual corresponde al límite plástico. Fratel, M. (1993)
  
- Límite de Contracción, esta propiedad se manifiesta cuando una pérdida de humedad no trae consigo un cambio de volumen. Es el contenido de humedad entre los estados de consistencia semisólido y sólido. Para su obtención en laboratorio se seca una porción de suelo

(humedad inicial y volumen inicial conocidos) a 105°C/110°C y se calcula la humedad perdida.

Los Límites de Atterberg significan poco por sí mismos, pero como índices de las propiedades características del suelo son muy útiles. Se ha encontrado que el Límite líquido es proporcional a la compresibilidad del suelo; la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, que se llama índice de plasticidad (IP) representa la variación en humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico, 1:8. Sowers, G. (1972).

Se calcula de la siguiente forma:

$$IP = LL - LP$$

Dónde: LL es el valor de límite líquido y LP el valor de límite plástico  
Con el Índice de Plasticidad puede evaluarse el grado de amasado que permite el suelo mostrar si se encuentra en su consistencia plástica.  
En la tabla 13 se presentan valores del Índice de Plasticidad para evaluar la plasticidad del suelo:

**Tabla 13: Grado de Plasticidad del Suelo**

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 -15	Ligeramente plástico
15 – 30	Baja Plasticidad
> 30	Alta Plasticidad

Fuente: Sowers, G (1979)

A continuación se tiene la tabla 17 donde se da los valores de los Límites Líquidos, Plástico y de Retracción para los minerales arcillosos, así como el índice de plasticidad. Los límites de Atterberg resultan muy útiles en la identificación de los suelos arcillosos, a los fines de usarlos como

relleno de compactado, o en los métodos semiempíricos de estabilidad de taludes. Estos límites sin embargo no dan información acerca de la textura de las partículas o del grado de alteración que hayan sufrido las uniones de los granos en relación al suelo natural, las cuales pueden destruirse al manipular las muestras para la determinación de los diferentes límites. Por ello los resultados que se obtienen según los límites de Attenberg son siempre aproximados. Fratel, M. (1993).

En la tabla 17 se puede observar los límites de consistencia de tres tipos de minerales arcillosos.

**Tabla 17:** Límites de Atterberg de Minerales Arcillosos

Mineral	Catión de cambio	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	Límite de retracción (%)
Montmorilonita	Na	710	54	656	9.9
	K	660	98	562	9.3
	Ca	510	81	429	10.5
	Mg	410	60	350	14.7
	Fe	290	75	215	10.3
Illita	Na	120	53	67	15.4
	K	120	60	60	17.5
	Ca	100	45	55	16.8
	Mg	95	46	49	14.7
	Fe	110	49	61	15.3
Caolinita	Na	53	32	21	26.8
	K	49	29	20	----
	Ca	38	27	11	24.5
	Mg	54	31	23	28.7
	Fe	59	37	22	29.2

**Fuente:** Hough, B (1951)



### 2.2.1.6 Granulometría

La granulometría es muy importante en el proceso de clasificación de suelos, para usos de ingeniería es universalmente acostumbrado el análisis granulométrico. Una parte importante de los criterios de aceptabilidad de los suelos para carreteras, aeropistas, presas de tierra, diques, y otros tipos de terraplenes es el análisis granulométrico.

La granulometría permite en primera instancia separar la fracción gruesa de la fina. Además las características del tamaño de las partículas de un suelo, tienen gran importancia en su comportamiento mecánico, e influyen considerablemente en la compactación adecuada de suelos. La estabilidad de un suelo depende de su cantidad de vacíos, mientras sea menor mejor será el comportamiento del mismo. Para lograr que los vacíos de un suelo sean reducidos al mínimo es necesario que el material tenga una gama de tamaños que permita que los huecos resultantes del acomodo de las partículas mayores, sean ocupados por partículas más pequeñas. Crespo, C (2004)

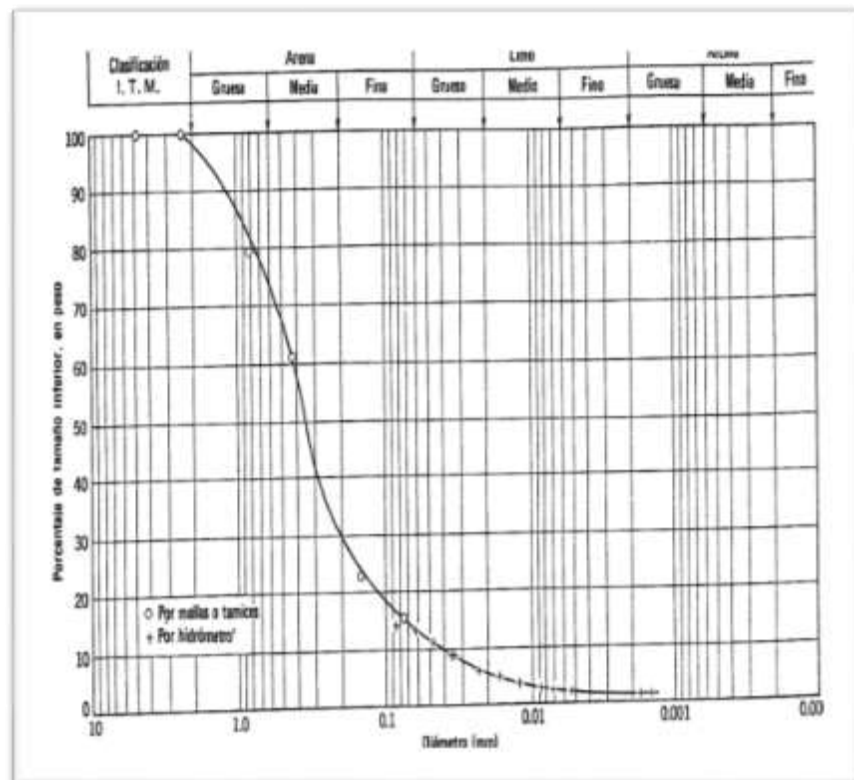
La distribución de tamaños de las partículas en una masa de suelo se representa usualmente con la curva de distribución de tamaños de las partículas, en la cual el porcentaje de partículas inferiores a un tamaño en particular se representa en función de ese tamaño en escala logarítmica. La curva de gradación se obtiene midiendo la distribución de tamaño de las partículas de una muestra de suelo representativa; en arenas y gravas esto puede hacerse con un análisis por tamizado y con un análisis por sedimentación para la fracción limosa. Berry, P. & Raid, D. (1993)

La forma para medir el tamaño de las partículas del suelo grueso es mediante el cribado, consiste en pasar el material a través de una sucesión de mallas de aberturas distintas, y pesar el material retenido en cada malla, expresándolo en forma de porcentaje respecto al peso total de la muestra.

Realizamos el análisis granulométrico simplificado, el cual nos permite eliminar una serie de mallas, cuyo tamaño es apreciablemente mayor al tamaño máximo del suelo. De esta forma utilizamos las mallas números 8, 10, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, y 200.

El procedimiento de cribado es aplicable solamente a las partículas gruesas del suelo, es decir a las mayores a 0.075mm, representada por la malla N°200. Debido a esta condición, primeramente separamos las partículas gruesas de las finas a través de un lavado, el cual consiste en mezclar el suelo con agua, permitiendo que las partículas finas queden suspendidas en el líquido y se filtren a través de la malla N°200 que suele requerir agua para el paso de la muestra. Juárez, E. (2011).

En la figura 2 podemos observar la curva granulométrica de una muestra de suelo por tamizado y por hidrómetro.



**Figura 2:** Curva Granulométrica de un suelo

**Fuente:** Lambe, W (1973)

El análisis granulométrico para las partículas finas se determinó por medio de la prueba del hidrómetro, el cual se describirá más adelante. A partir de la curva de distribución granulométrica, se pueden obtener diámetros característicos tales como el D10, D30 y D60. El D se refiere al tamaño del grano, o diámetro aparente, de la partícula del suelo y el subíndice (10, 30, 60) denota el porcentaje de material más fino. Berry, P. (1993)

Una indicación de la variación del tamaño de los granos presentes en la muestra se obtiene el coeficiente de uniformidad Cu, definido como:

$$Cu = D60/D10$$

Un valor grande de este parámetro Cu indica que los diámetros D60 y D10 difieren un tamaño apreciable.

No asegura sin embargo, que no exista un vacío de gradación, como el que se presenta cuando falta por completo o solo existe una cantidad muy pequeña de diámetros de determinado tamaño.

El coeficiente de concavidad Cc o de curvatura es una medida de la forma de la curva entre el D60 y el D10, y se define

$$Cc = \frac{D39^2}{(D10 \times D60)}$$

Valores de Cc muy diferentes de 1.0 indican que faltan una serie de diámetros entre los tamaños correspondientes al D10 y D60. Juárez, E. (2011).

Por otro lado, los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos que son infinitamente variados sin una descripción detallada. Se usan dos sistemas de clasificación por tamaño de grano y plasticidad de los suelos

que son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Estos son el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCSC). El sistema AASHTO lo usan principalmente para diseñar vías terrestres, mientras que los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el sistema unificado (SUCS).

### **2.2.1.7 Clasificación de los suelos**

#### **2.2.1.7.1 Sistema de clasificación AASHTO**

El Sistema de Clasificación AASHTO actualmente en uso se muestra en la Tabla 27 de acuerdo con este, el suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares donde el 35% o menos de las partículas pasan por la malla N°200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la malla N°200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

1. Tamaño de grano

- Grava: fracción que pasa la malla de 75 mm y es retenida en la malla N°10 (2 mm).
- Arena: fracción que pasa la malla N°10 (2mm) y es retenida en la malla N°200 (0.075 mm).
- Limo y arcilla: fracción que pasa la malla N°200

2. Plasticidad: el término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

3. Si cantos rodados y boleos (tamaños mayores de 75 mm) están presentes, éstos se excluyen de la porción de la muestra de suelos que se están clasificando. Sin embargo el porcentaje de tal material se registra.

Para clasificar un suelo de acuerdo con la tabla 5 los datos de prueba se aplican de izquierda a derecha. Por un proceso de eliminación el primer grupo desde la izquierda en el que los datos se ajusten es la clasificación correcta. Braja, M. D. (2001).

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de una carretera, se incorpora también un número llamado índice de grupo (GI) junto con los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o de subgrupo. El índice de grupo está dado por la ecuación

$$GI = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01 (F - 15)(PI - 10)$$

- Dónde: F= porcentaje que pasa la malla N° 200
- LL= límite líquido
- PI= límite de plasticidad

El primer término de la ecuación, es decir,  $(F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)]$ , es el índice de grupo parcial determinado a partir del límite líquido. El segundo término, es decir,  $0.01 (F - 15)(PI - 10)$ , es el índice del grupo parcial determinado a partir del índice de plasticidad. A continuación se dan algunas reglas para determinar el índice de grupo:

1. Si la ecuación de GI da un valor negativo. Éste se toma igual a 0.
2. El índice de grupo se redondea al número entero más cercano.
3. No hay límite superior para el índice del grupo.
4. El índice de grupo de suelos que pertenecen a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-3 siempre es 0.
5. Al calcular el IG para suelos que pertenecen a los grupos A-2-6 y A-2-7, use el índice de grupo para PI. Braja, M. (2001).

### **2.2.1.7.2 Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS)**

El sistema que utilizamos para la clasificación de los distintas muestras de suelo fue el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual deriva directamente del Sistema de Clasificación de Aeropuertos, propuesto en 1942 por el Dr. Aturo Casagrande, en la universidad de Harvard, y orientado hacia obras aeroportuarias. Juárez, E & Rico, R (2004).

Hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros (prueba D-2487 de la ASTM). Se clasifica el suelo en 2 amplias categorías:

1. Suelo de grano grueso que son de naturaleza de tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla número 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

2. Los suelos de grupo fino con 50% o más pasando por la malla número 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico. C para arcillas inorgánicas u O para limos y arcillas orgánicas. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos. Otros símbolos son también usados para la clasificación:

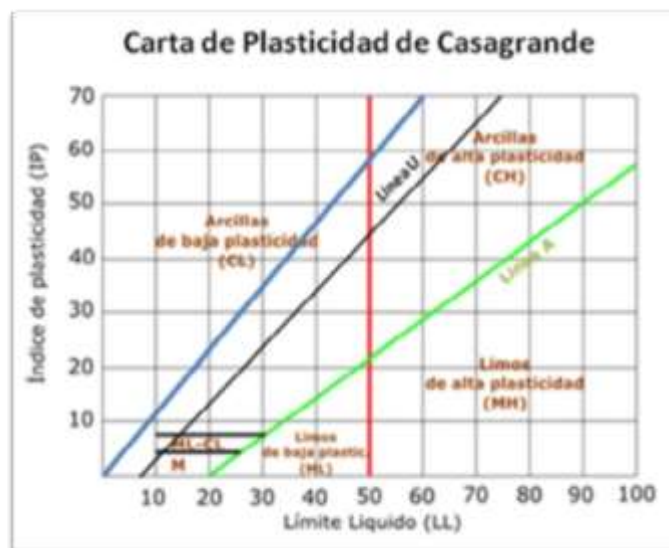
- W: bien graduado
- P: mal graduado
- L: baja plasticidad (límite líquido menos que 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50)

Para una clasificación apropiada con este sistema, debe conocerse algo o todo de la información siguiente:

1. Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenida en la malla No.4 (abertura de 4.75 mm).

2. Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla No.4 (abertura de 4.75mm) y es retenida en la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm)
3. Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla N°.200 (abertura de 0.075 mm).
4. Coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc).
5. Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N°40. Braja, M. (2001).

Las divisiones entre grupos de suelos finos son claramente definidas en la carta de plasticidad. (fig.3)

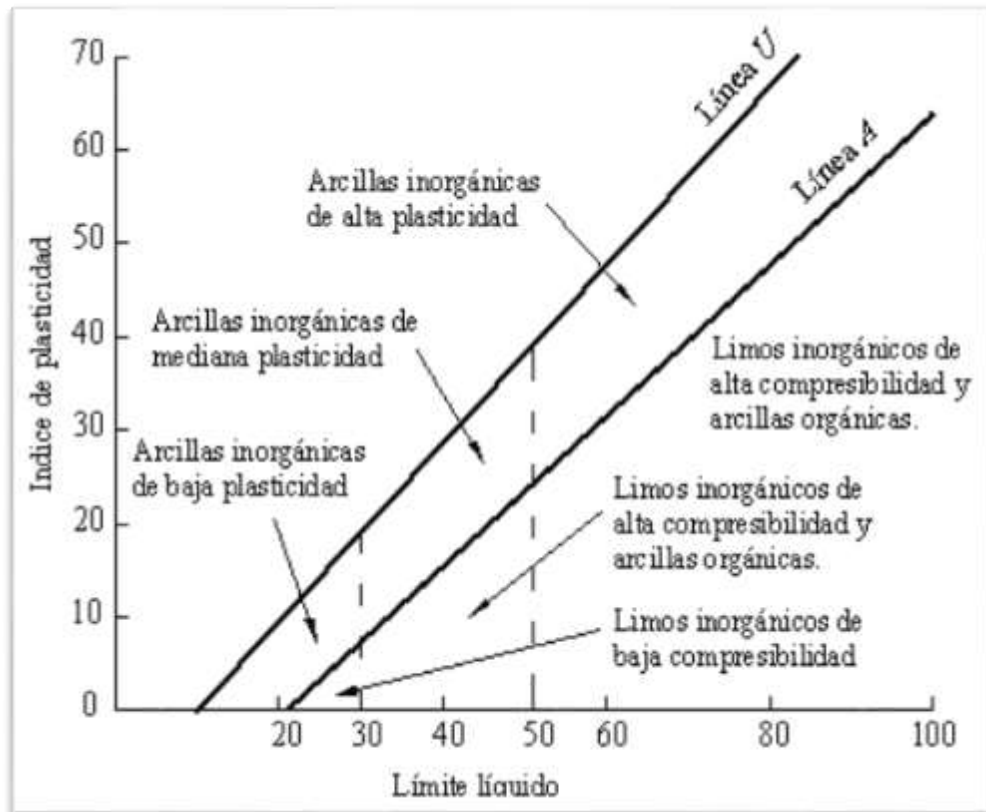


**Figura 3:** Carta de Plasticidad de Casagrande

**Fuente:** Braja, M. (2001)

Por otro lado, Casagrande (1932) estudió la relación que existe entre el índice de plasticidad y el límite líquido para una gran variedad de suelos y construyó el gráfico de plasticidad que se ve en el Gráfico 3, en este observó que las distintas variedades de suelos se agrupan ordenadamente en diversos sectores del gráfico. Empíricamente

obtuvo las ecuaciones de las líneas que dividen el gráfico en las regiones donde se agrupan los tipos de suelo.



**Gráfico 3:** Relación entre índice de plasticidad y límite líquido

**Fuente:** Lambe, W (1973)

La línea A separa las arcillas inorgánicas de los limos inorgánicos, las arcillas inorgánicas se encuentran por encima de esta línea y los limos inorgánicos por debajo de esta. Los limos orgánicos están situados por debajo de esta línea en el intervalo de 30 a 50 del límite líquido, las arcillas orgánicas se ubican por debajo de esta línea con un límite líquido mayor a 50. La ecuación de la línea A es:

$$IP = 0.73 (LL - 20)$$



La línea U se ubica por encima de la línea A, esta línea es aproximadamente el límite superior de la relación del índice de plasticidad y el límite líquido para cualquier tipo de suelo conocido, aunque rara vez se ubica un suelo por encima de la línea U, que tiene la ecuación:

$$IP = 0.9 (LL-8)$$

La información que provee el gráfico de plasticidad es de gran valor para clasificar los suelos finos y poder identificarlos con facilidad. Lambe, W. (1973)

#### **2.2.1.8 Método de Sedimentación**

Se define como análisis de Sedimentación a la distribución granulométrica que es demasiado fina para ser ensayada por medio de tamices. La fracción de suelos finos que pasan el tamiz N°200 (0.074 mm) se realiza por el método de sedimentación, para ello se usa la prueba hidrométrica, que consiste en la observación de la velocidad de asentamiento de las partículas del suelo. Fratelli, M. (1993).

Los procedimientos que se van a seguir para la determinación de los tamaños de partículas menores a 0.074 mm están basados en la ley de Stokes, que da las velocidades de sedimentación de partículas sólidas esféricas en un líquido.

El análisis granulométrico se basa en el principio de la sedimentación de granos de suelos usualmente en agua con un pequeño contenido de un agente dispersante para formar una solución. Cuando un espécimen de suelo se dispersa en agua, las partículas se asientan a diferentes velocidades, dependiendo de sus formas, tamaños y pesos. Por simplicidad, se supone que todas las partículas de suelo son esferas y que la velocidad de partícula se expresan por la ley de Stokes. Braja, M. (2001).

El objetivo principal del análisis del hidrómetro es obtener el porcentaje de la arcilla (porcentaje más fino que 0.002mm.) ya que la curva de distribución granulométrica cuando más del 12% del material pasa a través del tamiz N°200 (0.074mm) no es utilizado como criterio dentro de ningún sistema de clasificación de suelos y no existe ningún tipo de conducta particular del material que dependa intrínsecamente de la forma de dicha curva. La conducta de la fracción del suelo cohesivo dado depende principalmente del tipo y porcentaje de arcilla del suelo, historia geológica y del contenido de humedad más que de la distribución misma de los tamaños de la partícula. Bowles, J (1981).

Al comienzo de la prueba en el método del hidrómetro la suspensión es uniforme y de concentración suficientemente baja para que las partículas no se interfieran al sedimentarse; todas estas partículas se sedimentan a la misma velocidad  $v$ . Al pasar el tiempo  $t$ , todas las partículas del mismo diámetro habrán recorrido la distancia  $L$ . Arriba de esa altura, no habrá partículas de diámetro correspondiente a esa velocidad, mientras que de ese nivel hacia abajo, las partículas habrán conservado sus posiciones relativas de mayor tamaño que  $D$ , correspondientes a la velocidad antes mencionada, habrán sedimentado primero.

El análisis de hidrómetro utiliza la relación entre la velocidad de caída de esferas en un fluido, el radio de la esfera, el peso específico tanto de la esfera como del fluido, y la viscosidad del fluido, en la forma expresada por el físico Inglés G. Stokes en la ecuación conocida como la ley de Stokes:

$$v = \frac{2\gamma_s - \gamma_{fw}}{9\eta} (D/2)^2 \quad (1.1)$$

- Donde:

$v$  = Velocidad caída de la esfera.

$\gamma_s$  = Peso específico de la esfera.

Peso específico de la esfera= densidad  $\times g =$

(masa/volumen)  $\times g = g/cm^3$  en el Sistema C.G.S

$\gamma_f =$  Peso específico del fluido (usualmente agua (Tabla 17)).

$\eta =$  Viscosidad absoluta o dinámica del fluido (g/cm x seg).

D= Diámetro de la esfera (cm)

$g = 980.7 \text{ cm/seg.}^2$

$1 \text{ g} = 980.7 \text{ dinas}$

Para resolver la ecuación (1.1) para D utilizando el peso específico del agua se obtiene:

$$D = \sqrt{\frac{1.800 \eta v}{\gamma_s - \gamma_f}} \quad (1.2)$$

La Ley de Stokes aplicadas a partículas de suelo real, que se sedimentan en agua, es válida para: El rango de los diámetros D de partículas de suelo para los cuales esta ecuación es válida, es aprox.  $0.0002 \text{ mm} \leq D \leq 0.2 \text{ mm}$ . Pues, los granos mayores causan excesiva turbulencias en el fluido y los granos muy pequeños están sujetos a movimientos de tipo Browniano (sujetos a fuerza de atracción y repulsión entre partículas) y no sedimentan. Nótese que por el análisis de tamices puede llegarse a tamaños de 0.074 mm, que caen dentro del campo de aplicabilidad de la ley de Stokes; este hecho afortunado permite obtener datos ininterrumpidamente. Juárez, E. & Rico, A. (2011).

Para resolver la ecuación 1.1 es necesario la velocidad, el peso específico del suelo, el peso específico del agua y la viscosidad del agua.

Tabla 15

**Tabla 15:** Viscosidad del agua

T °C	Peso Unitario del agua (gr/cm)	Viscosidad del agua (poises)
4	1.00000	0.01567
16	0.99897	0.01111
17	0.99880	0.01083
18	0.99862	0.01056
19	0.99844	0.01030
20	0.99823	0.01005
21	0.99802	0.00981
22	0.99780	0.00958
23	0.99757	0.00936
24	0.99733	0.00914
25	0.99708	0.00894
26	0.99682	0.00874
27	0.99655	0.00855
28	0.99598	0.00818
29	0.99589	0.00818
30	0.99568	0.00801

**Fuente:** Foundations Analysis and Design (Bowles, J.)

**Tabla 16:** Valores de L (profundidad efectiva para usar la fórmula de Stokes en la determinación de diámetros de partículas con el hidrómetro)

Hidrómetro 151H							
Lectura real del Hidrómetro	Profundidad efectiva, L, mm	Lectura real del Hidrómetro	Profundidad efectiva, L, mm	Lectura real del Hidrómetro	Profundidad efectiva, L, mm	Lectura real del Hidrómetro	Profundidad efectiva, L, mm
1	163.0	1.010	137.0	1.020	110.0	1.030	84.0
1.001	160.0	1.011	134.0	1.021	107.0	1.031	81.0
1.002	158.0	1.012	131.0	1.022	105.0	1.032	78.0
1.003	155.0	1.013	129.0	1.023	102.0	1.033	76.0
1.004	152.0	1.014	126.0	1.024	100.0	1.034	73.0
1.005	150.0	1.015	123.0	1.025	97.0	1.035	70.0
1.006	147.0	1.016	121.0	1.026	94.0	1.036	68.0
1.007	144.0	1.017	118.0	1.027	92.0	1.037	65.0
1.008	142.0	1.018	115.0	1.028	89.0	1.038	62.0
1.009	139.0	1.019	113.0	1.029	86.0		

Fuente: ftp.unicauca.edu. (2007)

Para obtener la velocidad de caída de las partículas se utiliza el hidrómetro, Este aparato se utiliza para determinar la gravedad específica de una solución; alterando su escala se utiliza para leer los valores. El hidrómetro usado en esta tesis es el tipo 151H (designado por la norma ASTM E100), graduado para leer, la gravedad específica de la suspensión. La escala tiene valores de gravedad específica que van de 0.995 a 1.038 y estará calibrado  $gr/cm^3$  para leer 1.00 en agua destilada a 20°C (68°F). Bowles, J (1982)

El hidrómetro determina la gravedad específica de la suspensión agua-suelo en el centro del bulbo. Las partículas de mayor tamaño que se encuentran en suspensión entre el centro del volumen del bulbo y la superficie de agua (distancia L ver tabla 16) habrán caído por debajo de la profundidad del centro de volumen del hidrómetro. Haciendo decrecer

la gravedad específica de la suspensión, el hidrómetro se hundirá más adentro de la suspensión (aumentando así la distancia L). (Fig. 4)

La gravedad específica del agua o densidad decrece a medida que la temperatura aumenta o disminuye a 4°C, ocasionando un hundimiento mayor del hidrómetro dentro de la suspensión. Bowles, J (1982)

La velocidad de caída de las partículas es:

$$V = \frac{L}{t} \quad (1.3)$$

- Dónde:

V= Velocidad de la caída de la partícula

L = Distancia de caída de las partículas

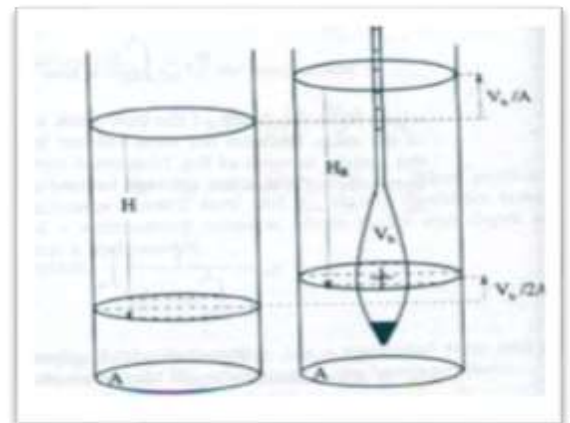
T = Tiempo

Otro punto es que sucede cuando se coloca el hidrómetro en una probeta o cilindro de vidrio .Cuando se realiza este procedimiento crece el nivel de agua, lo cual hace cambiar la distancia de caída de las partículas con respecto al nivel de agua original.

- Dónde :

H: Es la altura de caída original (correcta)

$H_R$  : Es la altura de caída modificada por el hidrómetro



**Fig.4:** Medida del Hidrómetro

**Fuente:** Bowles, J. (1982)

La distancia de caída referida al centro del hidrómetro crece en un valor ( $H_R - H$ ), que será:

$$H_R - H = \frac{V_b}{2A} \quad (1.4)$$

- Dónde:

$V_b$ : Es el volumen del bulbo del hidrómetro

A: Es el área transversal de la probeta

En efecto, el volumen del bulbo es el del agua desplazada que, entre el área de la probeta, da sobreelevación del nivel de la suspensión; la mitad de la sobreelevación es el incremento de la distancia H producido por la introducción del hidrómetro. El valor de H así obtenido es el que ha de usarse en la ley de Stokes. ftp.unicauca.edu. (2007)

Luego, despejando la ecuación anterior

$$H = H_R - \frac{V_b}{2A} \quad (1.5)$$

El valor de H que debe ser utilizado en la ecuación (1.6). Así pues, se debe tener en cuenta la calibración de un hidrómetro, para tener una verdadera altura de caída (H) en función de las lecturas realizadas.

Para encontrar L es necesario medir la distancia h y varios valores de la distancia variable  $H_R$  refiriéndose a las dimensiones y términos del hidrómetro utilizando una escala. Usando un cilindro de sedimentación graduado de sección transversal A conocida, sumergir dentro del bulbo y determinar el cambio en las mediciones del cilindro. Esto permitirá determinar el volumen del bulbo del hidrómetro  $V_b$  (el bulbo del hidrómetro se encuentra en  $\text{cm}^3$ ) de la siguiente forma:

$$L = H_R + \frac{1}{2}(h - V_b/A) \quad (1.6)$$

El término  $- V_b/A$  de la ecuación (1.6) considera que la suspensión de suelo – agua se eleva a una cantidad  $V_b/A$  cuando el hidrómetro se coloca en el cilindro de sedimentación. El centro de volumen desliza hacia arriba  $\frac{1}{2}(V_b/A)$  de la ecuación (1.1) al dibujar una curva del

hidrómetro se relaciona con los valores correspondientes de  $h$  contra  $H_R$  se obtiene el valor  $L$  para cualquier lectura del hidrómetro. (Fig. 5)

Como esta curva es lineal, solamente se necesitan tres puntos para establecer la curva  $R$  contra  $L$ . ftp.unicauca.edu.(2007)

El hidrómetro 151H tiene dimensiones razonables dentro de los patrones establecidos anteriormente, los valores de  $L$  puede obtenerse una sola vez con proyección adecuada, como se mostró en la tabla 16.

Dónde:

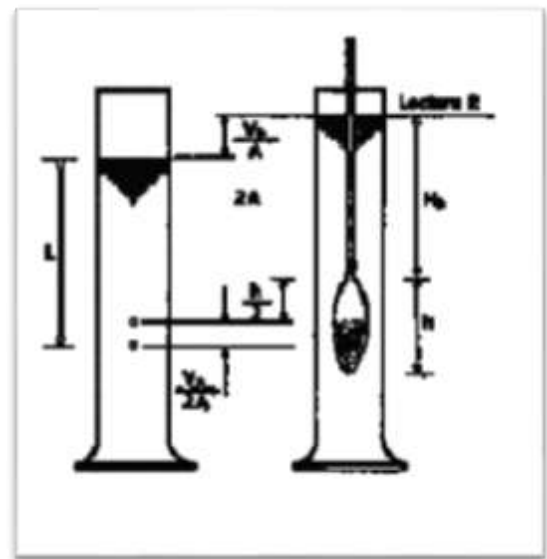
$L$ : Profundidad efectiva en mm.

$h$ : Distancia desde el cuello hasta la parte inferior del bulbo.

$H_R$ : Distancia desde el cuello del bulbo hasta la marca en el hidrómetro correspondiente a la lectura  $R$ .

$V_b$ : Volumen del bulbo.

$A$ : Área de la probeta.



**Figura 5:** Medida de la Profundidad Efectiva

**Fuente:** Bowles, J (1982)

El porcentaje más fino se relaciona directamente a la lectura del hidrómetro de 151H ya que la lectura proporciona los granos del suelo que todavía se encuentran en suspensión, directamente si la gravedad específica de suelo es de  $2,65 \text{ g/cm}^3$  y el agua se encuentra a una densidad  $1,00 \text{ g/cm}^3$ . ftp.unicauca.edu. (2007)

Los granos de suelo muy finos en suspensión tienden normalmente a flocular y se adhieren de tal forma que tienden precipitarse juntos. Por lo



tanto, es necesario añadir a la muestra un agente de disgregación para evitar la floculación durante el ensayo.

La adición de un agente de floculante produce aumento en la densidad del líquido y obliga a realizar una corrección a la lectura observada. Así mismo como la escala de cada hidrómetro ha sido graduada para registrar una lectura cero o lectura inicial a una temperatura base que generalmente es 20°C (68°F) existirá un desplazamiento del punto cero y las lecturas de hidrómetro observadas también deberán corregirse por este factor. ftp.unicauca.edu. (2007)

El efecto de las impurezas en el agua y del agente dispersor sobre las lecturas de hidrómetro se obtiene utilizando un cilindro de sedimentación de agua de la misma fuente y con la misma cantidad de agua dispersiva que utilizó al hacer la suspensión agua-suelo para obtener la “corrección cero”. Este cilindro de agua debe tenerse a la misma temperatura a la cual se encuentra la solución de suelo. Una lectura de menos de cero en el cilindro patrón de agua se registra con un valor negativo.

Una lectura de 0.995 a 1.038 registra como un valor positivo. Todas las lecturas se deben tomar desde la parte superior del menisco en ambos cilindros, tanto el patrón (agua clara) como el que contiene a la suspensión de suelo- agua (agua turbia).

Si la temperatura es demasiado alta en ambos cilindros, el que contiene el suelo y el patrón, la densidad del agua será igualmente menor y el hundimiento del hidrómetro será el mismo por ese concepto. Si ambos cilindros tiene la misma temperatura, el efecto será igual, por consiguiente se debe obtener en la tabla 3 una corrección única de temperatura para utilizar en la suspensión agua-suelo. Como la corrección es cero se considera más o menos y la corrección de la temperatura es también más o menos, con el signo que indique la **tabla 17**. La lectura corregida del hidrómetro para gramos del suelo en suspensión se calcula como:

$$R_c = R_{Real} - C_d \pm C_t \quad (1.7)$$

La gravedad específica de los sólidos puede deferir de 2,65; el % del material más fino puede calcularse por simple proporción ( $G_s = 2,65$ ) como:

$$\% \text{de material más fino} = R_c / W_s \cdot 100 \quad (1.8)$$

- Dónde:

$R_c$  = gramos de suelo en suspensión en un tiempo  $t$  dado (lectura corregida del hidrómetro utilizando la ecuación 1.3) Bowles, J (1982)

**Tabla 17:** Factores de corrección por temperatura  $C_t$

Temp. °C	$C_t$ ( $g/cm^3$ ) $\times 10^3$	Temp. °C	$C_t$ ( $g/cm^3$ ) $\times 10^3$
10	-1.3	21	0.2
11	-1.2	22	0.4
12	-1.1	23	0.6
13	-1.0	24	0.8
14	-0.9	25	1.0
15	-0.8	26	1.3
16	-0.6	27	1.5
17	-0.5	28	1.8
18	-0.3	29	2.0
19	-0.2	30	2.3
20	0.0		

**Fuente:** Foundations Analysis and Design (Bowles, J.) (1982)

Quando se trata de realizar cálculos, la ecuación (9) se describe utilizando  $L$  en milímetros y  $t$  en minutos para obtener  $D$  en milímetros como sigue:

$$D = \sqrt{\frac{30\eta}{981(G_s - 1)\gamma_w}} \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (1.9)$$

Puede ser simplificada de la siguiente forma:

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (1.10)$$

• Donde:

L = profundidad efectiva en mm

T = tiempo transcurrido en minutos, y

D = diámetro de las partículas de suelo en suspensión en el momento de realizar cada lectura de hidrómetro

K = constante para facilitar el cálculo, la cual depende del valor de la gravedad específica del suelo en la **Tabla 18** y la temperatura de la suspensión. Los valores de K se encuentran tabulados en la **Tabla 19**, en función de la gravedad específica y la temperatura. Bowles, J (1982)

**Tabla18:** Factores de corrección Gravedad específica(a) para peso unitario de sólidos

Gravedad específica Gs ( <i>gr/cm</i> <sup>3</sup> )	Constante a
2.95	0.94
2.85	0.96
2.75	0.98
2.65	1.00
2.55	1.02
2.45	1.05
2.35	1.08

**Fuente:** Foundations Analysis and Design (Bowles, J.) (1982)

Como todas las variables, menos L/t, son independientes del problema (excepto para la temperatura de la suspensión) es posible evaluar K=f(t, Gs, a) de una vez.

**Tabla 19:** Valores de K para el cálculo de las partículas

Para  $\eta$  en (Pas);  $\gamma_w$  en ( $gr/cm^3$ ); L en (mm); T en (min)

Temp. °C	Gs								
	2.45	2.5	2.55	2.6	2.65	2.7	2.75	2.8	2.85
16	0.0049	0.0048	0.0047	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043
17	0.0048	0.0047	0.0046	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042
18	0.0047	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042
19	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041
20	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041
21	0.0046	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040
22	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040
23	0.0045	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039
24	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039
25	0.0044	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039
26	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038
27	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038
28	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037
29	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0037	0.0037
30	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037	0.0037

**Fuente:** Foundations Analysis and Design (Bowles, J.) (1982)

El porcentaje de suelo en dispersión determinado a partir de la lectura del hidrómetro corregida está afectado por la gravedad específica del suelo, las escalas de los hidrómetros están elaboradas para un valor de  $G_s$  de 2.65. Para calcular el porcentaje para el porcentaje de partículas de diámetro más fino que el correspondiente a una lectura de hidrómetro dad 151H utilice la siguiente fórmula:

$$\% \text{ más fino} = \frac{1606(R_c * a * 100)}{W_s} \quad (1.11)$$

- Dónde:

$R_c$  = Lectura del hidrómetro corregido

$a$  = Corrección por gravedad específica (tabla 13)

$W_s$  = Peso seco de la muestra

$G_s$  = Peso específico de sólidos

$$a = \frac{G_s(1.65)}{(G_s - 1)2.65} \quad (1.12)$$

Los resultados, deben expresarse mediante una curva granulométrica donde deben leerse el porcentaje de arcillas y el porcentaje de limos más arcillas.

Sí el suelo cuya fracción gruesa es apreciable, se debe realizar mediante un análisis granulométrico combinado (método del tamizado o cribado y el método hidrométrico o suspensión). En realidad puede utilizarse para cualquier suelo. Bowles, J (1982)

Se debe determinar el porcentaje total de la muestra, mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{Total} = \frac{X * Y}{100} \quad (1.13)$$

- Dónde:

$X$ : % material pasa malla N° 200 determinado en análisis granulométrico por lavado

$Y$ : % averiguado en el ensayo de sedimentación

Los resultados del análisis combinado se presentan generalmente en gráficas semi logarítmicas como curvas de distribución granulométrica (o de tamaño del grano). Los diámetros de las partículas se grafican en escala logarítmica y el porcentaje correspondiente de finos en escala aritmética. Cuando los resultados del análisis por cribado y del análisis

hidrométrico se combinan generalmente ocurre una discontinuidad en el rango en que éstos se traslapan. La razón para la discontinuidad es que las partículas del suelo son generalmente irregulares en su forma. El análisis por cribado da la dimensión intermedia de una partícula; el análisis hidrométrico da el diámetro de una esfera que se asentaría a la misma razón que la partícula de suelo .Braja, M, (1994)

Los porcentajes de grava, arena, limo y partículas tamaño arcilla presentes en un suelo se obtienen de la curva de Distribución granulométrico. , clasificando mediante SUCS y AASTHO.

#### **2.2.1.9 Actividad de la arcilla (A)**

Los Límites de Atterberg de un suelo están relacionados con la cantidad de agua absorbida sobre la superficie de las partículas de suelo. Debido al gran aumento de la superficie por unidad de peso al disminuir el tamaño de las partículas, puede esperarse que la cantidad de agua absorbida venga muy influenciada por la cantidad de arcilla presente en el suelo. Lambe, W (1973).

Por lo general los suelos arcillosos están constituidos por un 40 a 70% de partículas que contienen minerales de arcilla que dan la plasticidad al suelo.

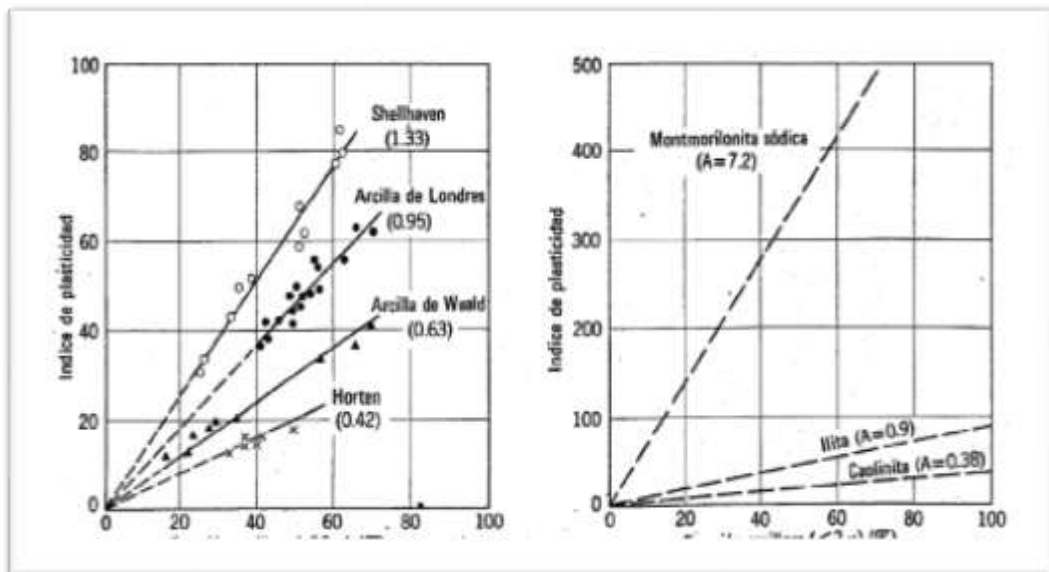
Si aumenta la cantidad de minerales de arcilla proporcionalmente también serán afectados el límite líquido y plástico del suelo.

Según este razonamiento, Skempton (1953) observó que el índice de plasticidad del suelo aumenta linealmente con el incremento en porcentaje de las partículas de arcilla (de tamaño menor a  $2\mu\text{m}$ ), esta proporción lineal variará de acuerdo al tipo de minerales de arcilla que contenga el suelo. Skempton definió una cantidad llamada Actividad (A) como la pendiente de la línea que correlaciona el índice de plasticidad (IP) y la fracción en peso de las partículas compuestas de minerales de arcilla expresada en porcentaje:

$$\text{Actividad de una Arcilla (A)} = \frac{\text{índice de Plasticidad (IP)}}{\text{Fracción de arcilla(\%)}}$$

Donde el porcentaje de arcilla se toma como el porcentaje en masa de las partículas inferiores a 0.002 mm. Los valores de actividad más bajos son los correspondientes a la caolinita, la ilita son superiores y los más altos corresponde a la montmorilonita. Berry, P. & Reid, D (1993)

**El gráfico 1** muestra unos resultados obtenidos en muestras preparadas con distintos porcentajes de partículas inferiores o superiores a 2µm. En La parte (a) varios suelos naturales se dividieron en dos fracciones por el tamaño de por el tamaño de 2 µm y a continuación ambas fracciones se volvieron a combinar a voluntad .Los resultados de (b) se obtuvieron con minerales arcillosos mezclados con arena de cuarzo.



**Gráfico 1:** Relación entre índice de plasticidad y fracción arcillosa

**Fuente:** Skempton, (1953)

Seed, Woodward y Lundgren (1964) realizaron diversos estudios de la influencia del porcentaje de partículas de arcilla en la plasticidad del suelo y concluyeron que la correlación entre estas está descrita por dos líneas, similares a las que se muestran en el **gráfico 2**.



**Gráfico 2:** Relación entre el índice de plasticidad y el porcentaje en peso de las arcillas

**Fuente:** Seed, Woodward y Lundgren (1964)

Estos investigadores observaron que los suelos que contienen más del 10% de su peso en partículas de arcilla presentan plasticidad. La plasticidad esta correlacionada linealmente con la cantidad de partículas de arcilla del suelo hasta un contenido del 40% en peso, donde la relación cambia a una línea que parte del origen de coordenadas. La Actividad resulta ser la pendiente de la línea de correlación. Taylor, D (1981)  
La Actividad de la arcilla se tiene en la tabla 20.

**Tabla 20:** Valores de la Actividad de la arcilla

Actividad (A)	Tipo de Arcilla	Características	
		A < 0.75	Caolinítica
$0.75 \leq A \leq 1.25$	ilítica	Arcilla con actividad normal	Actividad superior
A > 1.25	Montmorillonítica	Arcilla progresivamente más activas	Actividad muy alta

**Fuente:** Mitchel, J. (1993)



### **2.2.1.10 Arcillas**

Son partículas sólidas con diámetro menor de 0.005mm. y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua.

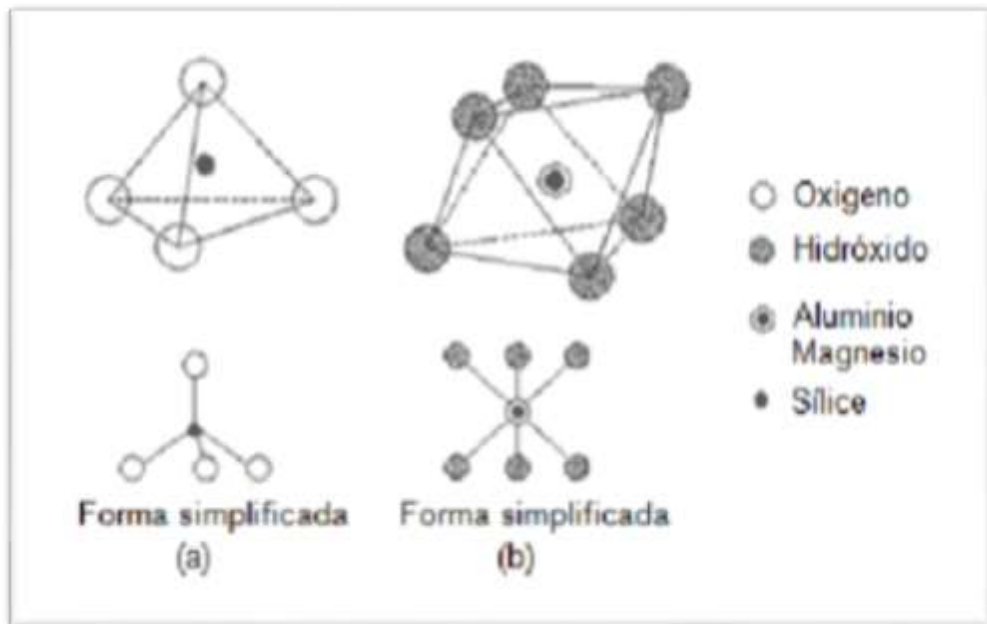
Algunos componentes de la arcilla tienen la característica de hidratarse. Al hidratarse genera que su nueva composición aumente considerablemente de volumen.

Este cambio de volumen depende de tres condiciones, estas son: la estructura de los cristales, la composición mineralógica y la capacidad de cambio de cationes. Además, su comportamiento se caracteriza principalmente por: el efecto de contracción de las arcillas debido al secado de la masa del suelo, la expansión de las arcillas al humedecerse, y el desarrollo de presiones de expansión cuando se encuentran confinadas y no pueden expandirse. Crespo, C (2004)

#### **2.2.1.10.1 Estructura y Componentes mineralógicos de las arcillas:**

Los minerales arcillosos son formados principalmente por la meteorización química de las rocas, es decir, que son producto de la alteración de minerales preexistentes en la roca. Estos minerales son tan diminutos que sólo pueden ser vistos utilizando un microscopio electrónico.

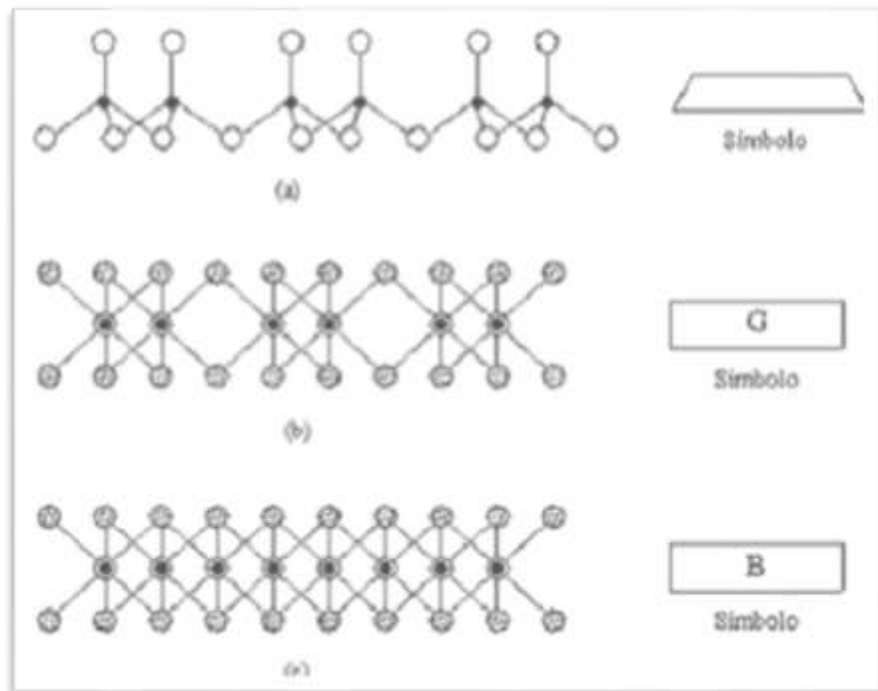
Los principales elementos químicos constituyentes de estos minerales son átomos de silicio, aluminio, hierro, magnesio, hidrógeno y oxígeno. Estos elementos atómicos se combinan formando estructuras atómicas básicas, que combinándose entre sí forman láminas, las que al agruparse dan lugar a estructuras laminares que, al unirse por medio de un enlace, forman un mineral de arcilla. Lambe, W (1973).



**Figura 6:** Estructuras atómicas básicas de los minerales de arcilla

**Fuente:** Whitlow, R. (1994)

La Figura 6 muestra las dos unidades estructurales básicas de los minerales de arcilla, que son: la unidad tetraédrica constituida por un ión de silicio rodeado por cuatro átomos de oxígeno (Figura 6a), y la unidad octaédrica formada por un ión central de aluminio o magnesio rodeado por seis iones oxidrilo (Figura 6.b). En ambos casos, el metal con valencia positiva está situado en el interior, mientras que los iones no metálicos con valencia negativa forman el exterior. Las estructuras laminares, se forman cuando varias unidades atómicas básicas se enlazan covalentemente mediante los iones de oxígeno u oxidrilo. Entre las estructuras laminares, se tiene la lámina tetraédrica y la octaédrica. Terzagui, K & Peck, R (1963)

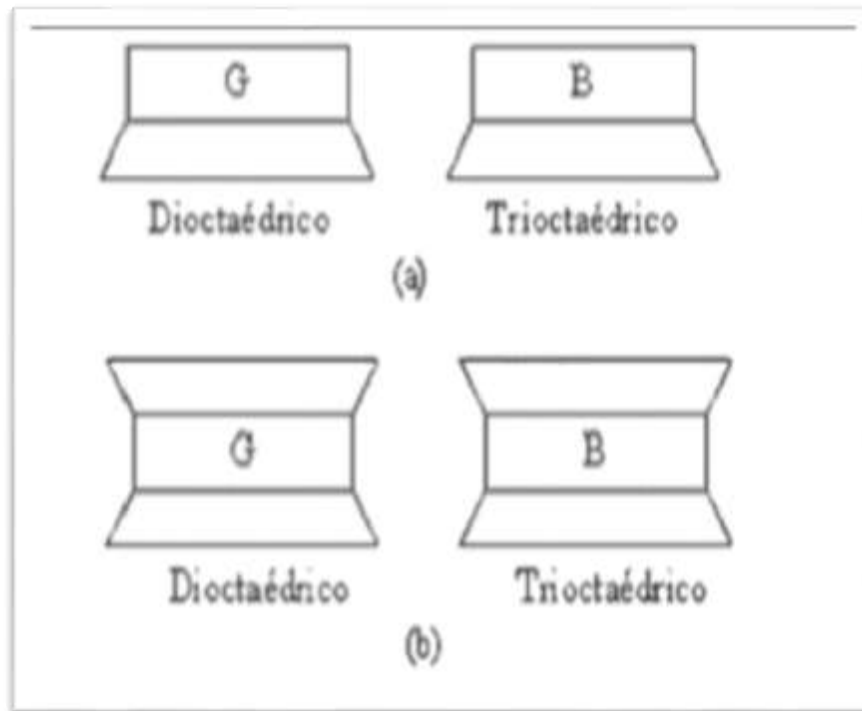


**Figura 7 :** Láminas formadas por estructuras atómicas básicas

**Fuente:** Whitlow, R. (1994).

En la Figura 7, se muestra una lámina tetraédrica llamada sílice, que está formada por tetraedros enlazados que comparten dos átomos de oxígeno. La forma simbólica de representar esta lámina es por medio de un trapecio. La Figura 7.b, muestra una lámina octaédrica formada por octaedros de aluminio enlazados que forman una estructura di octaédrica llamada alúmina o gibsite. Simbólicamente está representada por un rectángulo con letra G. La lámina de la Figura 7.c, corresponde a una lámina formada por octaedros de magnesio que forman una estructura tri octaédrica llamada brucita. Simbólicamente está representado por un rectángulo con letra B. La separación entre los iones externos de las láminas de tetraédricas y octaédricas, es suficiente para que ambas láminas puedan unirse por medio de iones oxígeno u oxidrilo mutuamente. Esto hace posible la formación de estructuras laminares de dos o de tres láminas. En la Figura 8, se muestra estas estructuras.

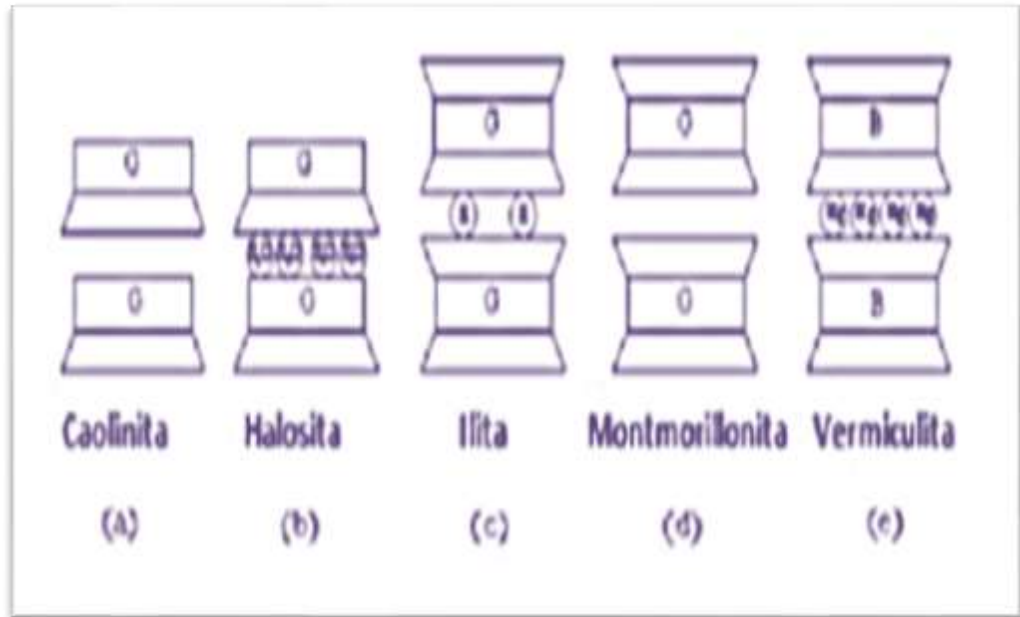
En la estructura de dos láminas mostrada en la Figura 8.a, las láminas tetraédricas y octaédricas están alternadas, mientras que la de tres láminas mostrada en la Figura 8.b consiste de una lámina octaédrica emparejada entre dos láminas tetraédricas. Estas dos formas de estructuras laminares, son generales para formar las distintas variedades de minerales de arcilla. Berry, P (1993)



**Figura 8** :Estructuras laminares

**Fuente:** Whitlow, R. (1994).

La variedad de los minerales de arcilla, depende de la distribución de estas estructuras laminares, así como del tipo de iones que proveen el enlace de las mismas. **La Figura 9**, muestra los minerales de arcilla más comunes. Crespo, C (2004)



**Figura 9:** Minerales de arcilla

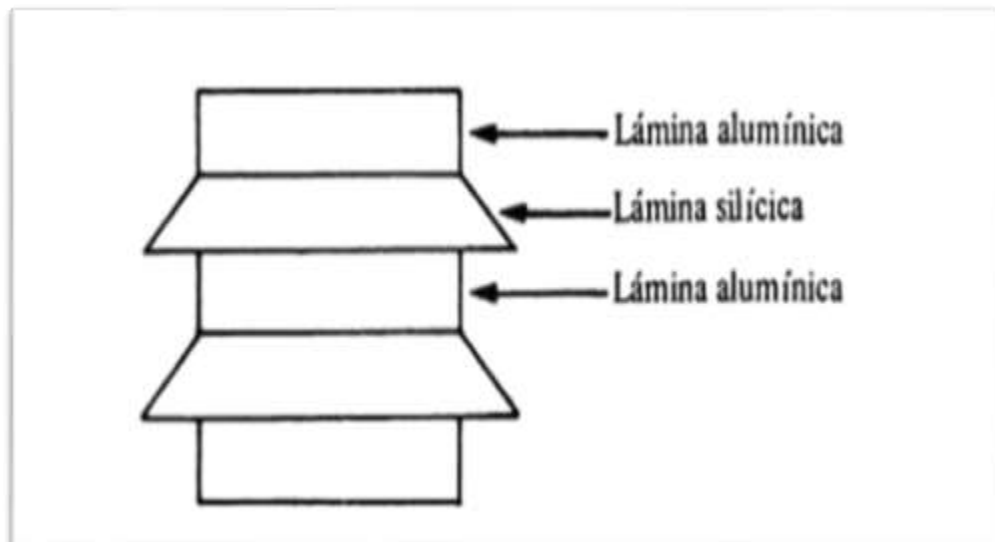
**Fuente:** Whitlow, R. (1994.)

Se identifican como suelos arcillosos, propiamente tales, aquellos que tienen entre sus componentes, minerales como la caolinita, ilita, montmorillonita y vermiculita. Estos minerales arcillosos tienen la capacidad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la absorben. La abundante variedad de estos minerales de arcilla, está bastante relacionada a las estructuras que se muestran en la Figura 9, por lo que se pueden identificar estos cuatro grupos de minerales arcillosos. Lambe, W (1973).

## 2.2.1.10.2. Grupos de minerales arcillosos

### 2.2.1.10.2.1. Grupo de la caolinita:

Las caolinitas son producto de la meteorización del feldespato ortoclasa proveniente del granito, y comúnmente se encuentran en suelos compuestos de sedimento. La caolinita se presenta en hojuelas hexagonales de tamaño pequeño. Su estructura consiste en una distribución de dos láminas de sílice y gibsita fuertemente enlazadas (Figura 10). Algunos minerales de arcilla que pertenecen a este grupo son: la dickita que tiene la misma composición de la caolinita pero con un orden diferente en sus láminas, y la halosita que generalmente aparece en algunos suelos tropicales, cuyas láminas en forma tubular están enlazadas por moléculas de agua (Figura 8. B).



**Fig.10:** Arcilla Caolinita

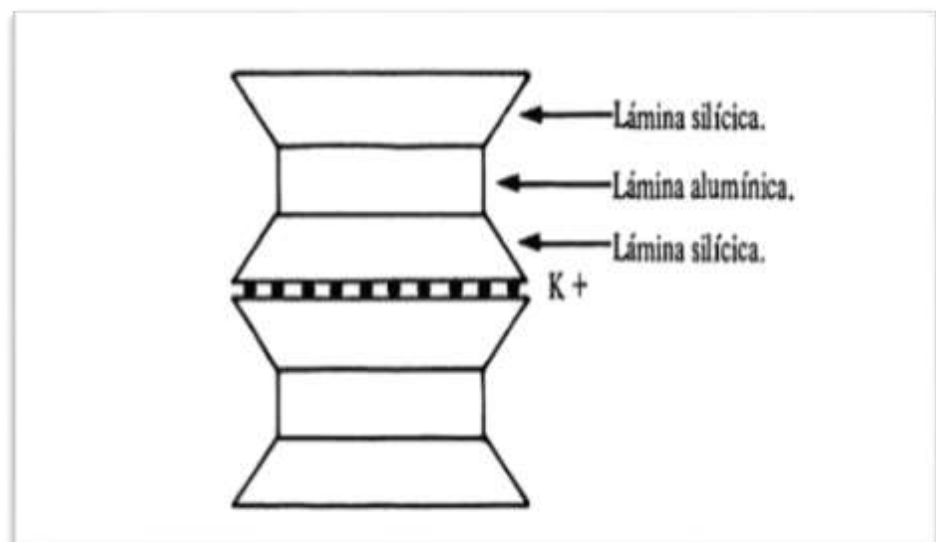
**Fuente:**Crespo, C. (2004)

#### **2.2.1.10.2.2 Grupo de la illita:**

La illita es el resultado de la meteorización de las micas. Es similar en muchos aspectos a la mica blanca, pero tiene menos potasio y más agua en su composición. Se presenta en forma de hojuelas, y su estructura consiste superposiciones indefinidas de una lámina

alumínica entre dos silícicas. Debido a que el enlace es más débil que el de la caolinita, sus partículas son más pequeñas y delgadas. Terzagui, K & Peck, R (1963)

En su constitución interna se forman grumos de material que ocasionan una reducción del área expuesta al agua, lo que limita su propiedad de expandirse. Tampoco son recomendables como materiales para la elaboración de lodos de perforación.



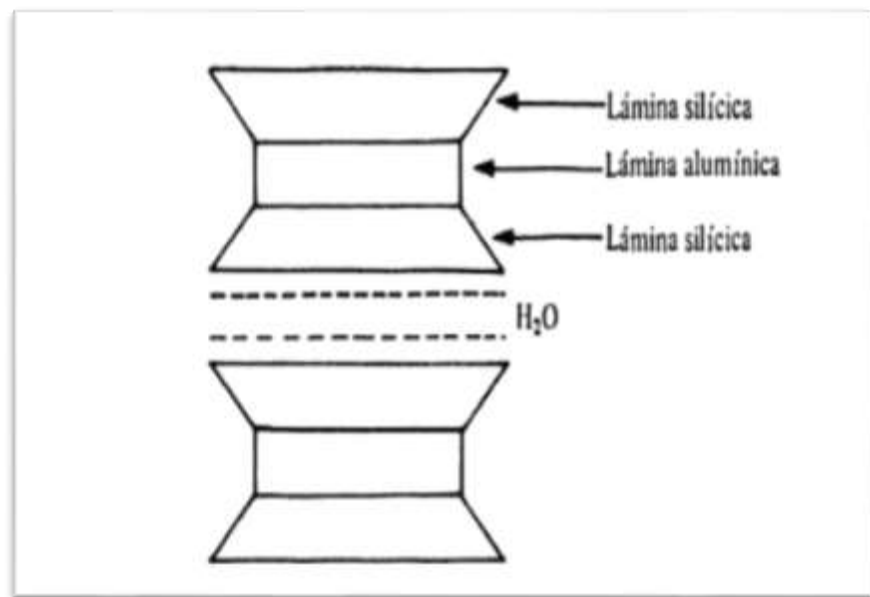
**Fig.11:** Arcilla illita

**Fuente:**Crespo,C. (2004).

#### **2.2.1.10.2.3 Grupo de la montmorillonita:**

La montmorillonita es el constituyente principal de la bentonita y otras variedades similares de arcilla. Las montmorillonitas suelen ser el resultado de la meteorización del feldespato plagioclasa, en los depósitos de ceniza volcánica. Su estructura es análoga a la de las illitas, pero su unión es más débil de modo

que se permite la introducción de agua en su estructura, lo que ocasiona un aumento en el volumen de los cristales que se traduce en una expansión del suelo. Las montmorillonitas poseen una gran actividad superficial en sus partículas coloidales, lo que puede variar sus propiedades físicas de un tipo a otro, como en el caso de la montmorillonita cálcica y sódica.



**Fig.12:** Arcilla Montmorillonita

**Fuente:**Crespo,C. ( 2004).

En general las arcillas, ya sean caoliníticas, ilíticas o montmoriloníticas, son plásticas, se contraen al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son compresibles y al aplicárseles una carga en su superficie se comprimen lentamente. Otra característica interesante, desde el punto de vista de la construcción es que la resistencia perdida por el remoldeo se recupera parcialmente con el tiempo. Este fenómeno se conoce con el nombre de trixotopíaes de naturaleza físico- químico. Se puede decir que un contenido mínimo del 15% de arcilla en un suelo le dará a éste las propiedades de la arcilla. Crespo, C (2004)



## 2.3 Formulación de Hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis Principal

- Existen diferencias significativas entre los porcentajes de arcillas, en las distintas zonas de la región San Martín.

### 2.3.2 Hipótesis Secundaria

- Los porcentajes de arcillas se hallarán mediante el ensayo de sedimentación.
- Los porcentajes de arcillas afectan al comportamiento de los suelos finos.
- Conociendo el porcentaje de arcillas podemos reconocer a que tipo pertenecen.

### 2.3.3 Variables

- **Variable independiente:** Estudio comparativo de la granulometría por sedimentación.
- **Variable dependiente:** Distintos porcentajes de las Arcillas en los suelos finos.

### 2.3.4 Definición Conceptual de las Variables

**Granulometría** -Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica

**Arcillas.-** Son agregados de partículas microscópicas y sub microscópicas derivadas de la descomposición química que sufren los constituyentes de las rocas. Son suelos plásticos dentro de límites extensos en contenido de humedad y cuando están secos son duros. Además, tienen una permeabilidad extremadamente baja.

**Suelo Fino.-** Llamadas también fracción fina. Están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla, con textura granular y en hojuelas. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tiene un tamaño inferior a 0,074 mm que corresponden a la categoría del limo y arcilla, por lo que toda la fracción del suelo que pasa el tamiz N° 200 es considerado como suelo fino.

**Granulometría por sedimentación.-** El objetivo es estudiar y visualizar el fenómeno natural denominado sedimentación, por el que las partículas más densas que el fluido que las contiene y en el que están dispersas, caen por acción de la gravedad depositándose en el fondo.

### **2.3.5 Operacionalización de las variables e indicadores:**

Referencia Tabla 21. (Anexo 1)

<b>Tabla 21. - Operacionalización de las Variables e indicadores</b>			
	<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de Medición</b>
PRINCIPAL	Los distintos porcentajes de arcillas en los suelos finos	Curva Granulométrica	0 -100%
SECUNDARIAS	Porcentaje de Arcilla	Curva Granulométrica	0 - 100 %
	Ensayo de sedimentación	Existencia de Ensayo	SI o No
	Porcentajes de Arcillas	Curva Granulométrica	0 - 100 %
	Comportamiento de los suelos finos	Potencial de Cambio de Volumen	Bajo Medio Alto
	Porcentaje de Arcilla	Curva Granulométrica	0 - 100 %
	Tipo de arcillas	Actividad de la arcilla	Ilítica Caolínica Monmorilítica

**Fuente: Elaboración propia.**

## **CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1 Diseño de la Investigación**

- El diseño de la investigación contiene un enfoque cuantitativo, debido al manejo de datos pesables y medibles.
- El tipo de la Investigación es diseño no experimental de forma transversal. Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una Investigación Aplicada, en razón que se utilizaron los resultados de ensayos de laboratorio a fin de aplicarlos en el proceso de evaluación de los suelos de la Región San Martín. De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio correlacional y explicativo.

### **3.2 Población y Muestra**

La población está definida por los suelos que se encuentran en la Región San Martín, los cuales en su mayoría son suelos pertenecientes a la fracción fina (arcillas y limos), y de esta manera, la muestra estaría conformada por distintas muestras tomadas de las localidades de Moyobamba, Saposoa, Tarapoto.

### **3.3 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos**

#### **3.3.1.- Método de ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo ASTM D 2216.**

##### **3.3.1.1.- Objetivo.**

La presente Norma establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

### **3.3.1.2.- Definiciones.**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

### **3.3.1.3.- Principio del Método.**

Determinamos el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 °C más menos 5 °C\*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

### **3.3.1.4.-Equipo.**

I.- Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

II.- Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0.1 g para muestras de más de 2000 g.

III.- Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

IV.- Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después que se hayan secado.

V.- Otros utensilios.- Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

### 3.3.1.5.- Procedimiento.

- a) Determinamos y registramos el peso de un recipiente limpio y seco.
- b) Seleccionamos muestras de ensayo representativas.(Foto 9)



**Foto 9:** Selección de muestras representativas de la Región San Martín.

- c) Colocamos la muestra de ensayo húmedo en el recipiente y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinamos el peso del recipiente y material húmedo usando una balanza.(Ver Foto10).



**Foto 10:** Determinación del peso del recipiente y del material húmedo.

Nota 1. Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los recipientes, y tapas si se usan, deben ser enumerados y debemos registrar los números de los recipientes en los formatos de laboratorio. Los números de las tapas deberían ser consistentes con los de los recipientes para evitar confusiones.

Colocamos el recipiente con material húmedo en el horno (foto 11). Secamos el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a  $110 \pm 5$  °C. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores.



**Foto 11:** Colocación de los recipientes y del material húmedo al horno.

Cuando el material este seco lo retiramos del horno (24 horas aproximadamente) Determinamos el peso del recipiente y el material secado al horno, registramos este valor.

### 3.3.1.6.- Cálculos.

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

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

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

En donde:

w = es el contenido de humedad, en porcentaje

M<sub>cws</sub>= es el peso del recipiente más el suelo húmedo, en gramos

M<sub>cs</sub> = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos:

M<sub>c</sub> = es el peso del recipiente, en gramos

M<sub>w</sub> = es el peso del agua, en gramos

M<sub>s</sub> = es el peso del suelo seco, en gramos.

### 3.3.1.7. - Observaciones.

Para cada una de las zonas estudiadas (Saposa, Moyobamba y Tarapoto), se tomaron 2 muestras, a las que se les adiciono una muestra más extraída de la fracción que serviría para realizar el ensayo de granulometría, obteniendo 3 muestras por cada zona.



### 3.3.1.8.- Resultados.

De los ensayos correspondientes se obtienen los siguientes resultados, las que se encuentran en la tabla 22:

**Tabla 22:** Resultados de los Porcentajes de Humedad de los suelos ( referencia anexos 7, 8, 9)

SAPOSOA	
RECIPIENTE	HUMEDAD %
R -3	41.38%
R -A	41.56%
N° 83	40.95%
PROMEDIO	41.30%

MOYOBAMABA	
RECIPIENTE	HUMEDAD %
R -4	31.14%
R -B	30.67%
N° 85	30.00%
PROMEDIO	30.60%

TARAPOTO	
RECIPIENTE	HUMEDAD %
R -5	11.64%
R -C	11.52%
N° 84	10.81%
PROMEDIO	11.32%

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3.2 Método de ensayo para determinar el Peso específico relativo (Gs) de ASTM D 854

### **3.3.2.1 Objetivo**

La presente norma establece el método de ensayo para determinar el peso específico relativo de la muestra de un suelo, empleando para ello un matraz de fondo plano.

### **3.3.2.2 Definiciones**

Peso específico de los sólidos se define como la relación que existe entre el peso de los sólidos y el peso del volumen del agua desalojada por los mismos.

### **3.3.2.3. Principio del Método**

Determinamos el peso específico de un suelo para obtener en el laboratorio el volumen del suelo, midiéndose el volumen del agua que este desplaza en y poder hallar el valor de la gravedad específica que es necesaria para hallar la relación de vacíos de un suelo.

### **3.3.2.4 Equipo**

- Un matraz aforado de cuello largo, de 250 cm<sup>3</sup> de capacidad.  
Un mechero o un dispositivo para hervir el contenido del picnómetro.
- Horno o Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  (230 F).
- Balanza de un céntimo de gramo de aproximación
- Pipeta, embudo.
- Agua destilada
- Termómetro graduado, con una de 0 a 50 °C (32 a 122 °F) y con precisión de 0.1°C (0.18°F).
- Cápsula de evaporación.

### **3.3.2.5 Procedimiento**

- a) Inmediatamente después de preparar las muestras, se utiliza el embudo, se introduce el material en el matraz, como se muestra

en la Foto 12. Posteriormente se llena el matraz con agua destilada hasta aproximadamente la mitad de su capacidad.



**Foto 12:** Introducción del material al matraz

- b) Se utiliza la parrilla eléctrica o fuente de calor hasta que el agua del matraz entre en ebullición durante 10 min aproximadamente, moviendo al mismo tiempo el material mientras hierve, hasta expulsar el aire atrapado. (Ver foto 13).



**Foto 13:** Expulsar el aire atrapado en el matraz

- c) Se deja enfriar el matraz hasta alcanzar la temperatura ambiente y se adiciona el volumen de agua destilada necesaria para alcanzar la marca de aforo, como se muestra en la Foto14, si es

necesario, se quita o agrega agua destilada utilizando el cuentagotas, de tal forma que el nivel inferior del menisco coincida con la marca de aforo. Finalmente la muestra de suelo se asienta totalmente y el agua adquiere una tonalidad clara, casi cristalina.



**Foto 14:** Peso de la muestra asentada

- d) Se seca en forma cuidadosa la superficie exterior del matraz y el interior del cuello del mismo. Para esta última operación se emplea un lienzo absorbente enrollado, evitando tocar el menisco. (Ver foto 15).



**Foto 15:** Secado del interior del cuello del matraz

- e) Se obtiene la masa del matraz con el material y el agua, registrándolo como,  $W_{fsw}$ , en gr.
- f) Hecho lo anterior, se vierte toda la suspensión a una capsula de porcelana, empleando el agua necesaria para arrastrar todas las partículas de suelo. Se elimina el agua sobrante mediante una cuidadosa decantación y se lleva la muestra al horno para su secado total a masa constante, a una temperatura de  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ; se determina y se anota la masa seca de la muestra,  $W_s$ , en gr.
- g) Finalmente, utilizando la tabla de valores de calibración del matraz, se obtiene el peso del matraz con el agua, en gr, correspondiente a la temperatura de prueba  $t_p$  y se registra como  $W_{fw}$ .

### 3.3.2.6 Cálculo

Se calcula el peso específico de la muestra mediante esta fórmula:

$$G_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}}$$

Donde:

$G_s$  = Peso específico

$W_s$  = Peso de la muestra del suelo

$W_{fw}$  = Peso de la matraz más peso del agua

$W_{fsw}$  = Peso de la muestra más la matraz más agua.

### 3.3.2.7 Resultados.

De los ensayos correspondientes se obtienen los siguientes resultados que se encuentran en la tabla 23 (mayor detalle anexos 7, 8,9)

**Tabla 23:** Resultados de Pesos específicos relativos de suelos

<b>Saposa</b>	
Frasco	3
Ws	40.54
Wfw	343.15
Wfsw	368.82
<b>Gs</b>	<b>2.73</b>

<b>Moyobamba</b>	
Frasco	2
Ws	47.44
Wfw	337.36
Wfsw	367.80
<b>Gs</b>	<b>2.79</b>

<b>Tarapoto</b>	
Frasco	1
Ws	64.74
Wfw	341.11
Wfsw	381.61
<b>Gs</b>	<b>2.67</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3.3 LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 423.

#### 3.3.3.1 Determinación del Límite Líquido ASTM 423-66.

### 3.3.3.1.1 Objetivo.

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

### 3.3.3.1.2 Equipo.

- a) Cápsula de evaporación.
- b) Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.
- c) Espátula. Hoja flexible de 3" de longitud y ¾" de ancho aproximadamente.
- d) Equipo de límite líquido (o de Casagrande). Cuyas dimensiones se aprecian en la tabla 24.
  - De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos. (Ver la Foto 16).
  - De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes



**Foto 16:** Aparato de Casagrande

e) Acanalador. Que sirve para hacer una hendidura en el material, existen dos tipos (Ver la foto 17):

- Bronce: para material arcilloso
- Laminar: para material no plástico.



**Foto 17:** Tipos de Acanaladores

f) Recipientes. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos.

g) Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr. (Ver Foto 18).



**Foto 18:** Balanza



- h) Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$ ) para secar la muestra. Como se muestra en foto 19.



**Foto 19:** Estufa u Horno

**Tabla 24:** Dimensiones del Equipo de Límite Líquido.

### Tablas de medidas

Aparato de Límite Líquido								Ranurador		
	Conjunto de la cazuela			Base				Extremo curvado		
Dimensiones	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
Descripción	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho	Espesor	Borde cortante	Ancho
Métrico, mm	54	2.0	27	47	50	150	125	10.0	2.0	13.5
Tolerancia, mm	2	0.1	1	1.5	5	5	5	0.1	0.1	0.1
Inglés, pulg	2.13	.079	1.063	1.850	1.97	5.90	4.92	.394	.079	.531
Tolerancia, pulg	.08	.004	.04	.06	.2	.2	.2	.004	.004	.004

**Fuente:** Lambe, W. (1973).

### 3.3.3.1.3 Ajuste del Equipo a Utilizar.

Deberá inspeccionarse el aparato de límite líquido para verificar que se halle en buenas condiciones del trabajo. El pin que conecta la taza no debe estar tan gastado que tenga juego lateral, ni el tornillo que la conecta, hallarse tan gastado por el largo uso.

### 3.3.3.1.4 Procedimiento.

1. Tomamos una muestra que pese aproximadamente 100 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N ° 40), como se muestran en las fotos: 20,21, 22, 23.



**Foto 20:** Material que pasa el tamiz N° 40 de Saposoa.



**Foto 21:** Material que pasa el tamiz N° 40 de Moyobamba.



**Foto 22:** Material que pasa el tamiz N° 40 de Tarapoto



**Foto 23:** Material que pasa el tamiz N° 40.

6. Depositamos el material en un tazón y le añadimos agua, envolviendo hasta que la humedad sea uniforme y le dé a la mezcla una consistencia moldeable.

7. Trasladamos una porción de la muestra a la cuchara de bronce del Casagrande, llenándola aproximadamente un tercio del total, con la espátula emparejamos el material dándole la forma de un círculo que tiene una profundidad máxima de 1 cm.



**Foto 24:** Colocación del material en la cuchara de Casagrande

8. Con el acanalador hicimos una hendidura en el centro del círculo formado, de un extremo a otro, y limpiamos la hendidura con la espátula de modo que esa perfectamente visible, como se muestra en la foto 25



**Foto 25:** Hendidura hecha con el Acanalador.

9. Giramos la manija de la tasa de bronce, a una velocidad de dos (2) revoluciones por segundo aproximadamente, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 0.5" o 1.27 cm. Anotamos el número de golpes requeridos para cerrar la ranura, como se muestra en la foto 26.



**Foto 26:** Unión de las dos mitades de la pasta de suelo en la cuchara de Casagrande

10. Sacamos una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, Pesamos y anotamos, foto 27. Colocamos el suelo dentro del envase en el horno a  $110 \pm 5$  °C hasta obtener un peso constante y volvemos a pesar tan pronto como se haya enfriado pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anotamos el peso de la muestra seca.



**Foto 27:** Obtención de la muestra para ser llevado al horno.

11. Repetimos la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le hemos agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. Nuestro objetivo es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; o valores comprendidos entre 10 y 40.

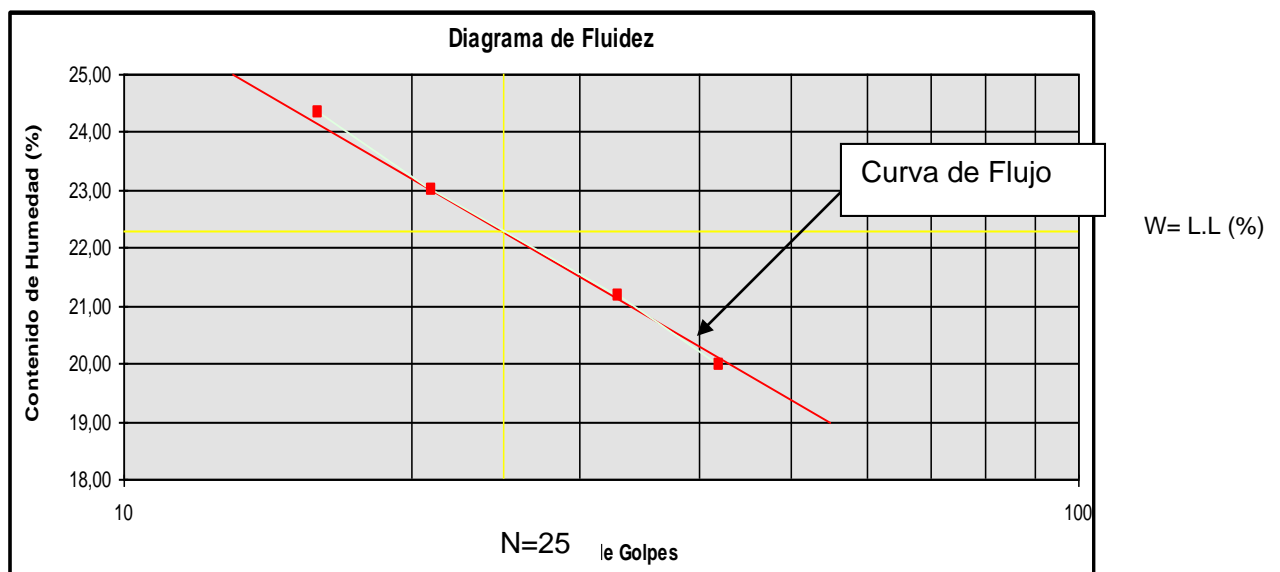
### 3.3.3.1.5 Cálculos.

1. Calculamos el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en el horno, como sigue:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

2. Preparación de la curva de fluidez. Trazamos una, "curva de fluidez" que represente la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la taza de bronce, en un gráfico de papel semilogarítmico. Con el contenido de humedad como abscisa sobre la escala aritmética, y el número de golpes como ordenada sobre la escala logarítmica. La curva de flujo es una línea recta promedio, que pasa tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos dibujados.

3. Tomamos el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como límite líquido del suelo (Véase gráfico 3).



**Gráfico 3:** Diagrama de Fluidez

**Fuente:** <http://uningenierocivil.blogspot.pe> (2011)

### 3.3.3.2 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad ASTM D 424-54.

### **3.3.3.2.1 Objetivo.**

- Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo, y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.
- Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen.

### **3.3.3.2.2 Equipo.**

- a) Espátula, de hoja flexible, de unos 3" de longitud por 3/4" de ancho.
- b) Cápsula para evaporación, de porcelana o similar.
- c) Balanza, con aproximación a 0.01 g.
- d) Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F).
- e) Tamiz, de 425 mm (N° 40).
- f) Tazón para depositar y mezclar el material a ensayar.
- g) Recipientes para determinar el contenido de humedad.
- h) Espátula de acero inoxidable, con hoja de aproximadamente 80 x 20 mm, para mezclar el material con el agua.
- i) Superficie lisa. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

### **3.3.3.2.3.- Preparación de la Muestra.**

Tomamos aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz N ° 40, amasamos con agua hasta que podamos formar con facilidad una esfera con la masa de suelo. Tomamos una porción de unos 6 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.(Ver foto 28).





**Foto 28:** Preparación de la Muestra para Límite Plástico

#### **3.3.3.2.4.- Procedimiento.**

1. Moldeamos la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros, como en la foto 29.



**Foto 29:** Formación de la Muestra cilíndrica de Límite Plástico

2. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, volvemos a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

3. Colocamos la porción obtenida en recipientes y pesamos, nosotros como mínimo usamos tres muestras por ensayo, llevamos las muestras al horno. (Ver foto 30).



**Foto 30:** Peso de la Muestra húmeda

4. Una vez que las muestras estén secas registramos y anotamos el peso. Con las tres muestras sacamos un valor promedio de Límite plástico. (Ver foto 31).



**Foto 31:** Peso de la Muestra seca

### **3.3.3.2.5 Cálculo de Resultados.**

El límite plástico es el promedio de las humedades. Se expresa como porcentaje de humedad, con una cifra decimal y se calcula así:

$$\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

### **3.3.3.2.6 Cálculo del índice de plasticidad.**

Podemos definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

Si el Limite Plástico es mayor al Limite Liquido, es que realmente ese suelo no presenta Limite Plástico.

El Limite Liquido siempre es mayor al Limite Plástico

### 3.3.3.2.7 Observaciones.

Para cada una de las tres zonas, se realizaron como mínimo tres ensayos de tres muestras distintas, salvo en el caso de Tarapoto en cuyo caso sus límites líquidos y plástico son bajos, y dándonos el valor más bajo de Índice de Plasticidad de las tres muestras.

### 3.3.3.2.8 Resultados

Los promedios de los resultados obtenidos de los ensayos los presentamos en la siguiente tabla 25 (Anexos 7, 8, 9)

**Tabla 25:** Resultados Límites de Consistencia

<b>SAPOSOA</b>		
Límite Líquido	(L.L.)	76.40%
Límite Plástico	(L.P.)	42.54%
Índice de Plasticidad	(I.P.)	33.86%

<b>MOYOBAMBA</b>		
Límite Líquido	(L.L.)	61.00%
Límite Plástico	(L.P.)	27.30%
Índice de Plasticidad	(I.P.)	33.70%

<b>TARAPOTO</b>		
Límite Líquido	(L.L.)	25.20%
Límite Plástico	(L.P.)	16.92%
Índice de Plasticidad	(I.P.)	8.28%

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3.4 Granulometría

#### 3.3.4.1 Objetivo.

- Este es un ensayo que nos permite cuantificar la distribución tamaños de las partículas del suelo.
- Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75µm (N ° 200).

#### 3.3.4.2 Equipo.

a) Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material retenido hasta el tamiz N° 4. Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos desde el tamiz N° 8 hasta el tamiz N° 200 (incluyendo el material que pasa el tamiz N° 200).

b) Tamices de malla cuadrada. (Ver foto 32)

- Serie Gruesa: 76.2 mm (3"), 50.8 mm (2"), 38.1 mm (1-1/2"), 25.4mm (1"), 19.0 mm (¾"), 9.5 mm (3/8"), 4.76 mm (N ° 4) (Para nuestras mezclas no se utilizaron estas mayas debido a que todas pertenecen a la fracción fina).

- Serie Fina: 2.3mm (N° 8), 2.00 mm (N ° 10), 0.84 mm (N ° 20), 0.59mm (N° 30), 0.42 mm (N ° 40), 0.297mm (N° 50), 0.25mm (N° 60), 0.177mm (N° 80), 0.149mm (N° 100) ,0.074mm (N° 200).



**Foto 32:** Tamices desde el tamaño mayor hasta la malla N° 200

- c) Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).
- d) Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras. (Ver foto 33)



**Foto 33:** Envases para manejo y secado de Muestras

- e) Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.

### 3.3.4.3 Procedimiento.

Para realizar el análisis granulométrico por tamizado se procede de dos formas: Por cuarteo y usando todo el Agregado Grueso, pudiéndose combinar ambos métodos. Al final de cualquiera de los dos métodos llegamos a determinar la distribución del agregado de acuerdo al tamaño de sus partículas.

- a) Por Cuarteo:

El cuarteo es el proceso de reducir una muestra representativa a un tamaño conveniente, o de dividirla en dos o más partes para efectuar ensayos con ellas.

Se realiza sobre todo en muestras cuya grava no es limpia, sino que contiene mucho material arcilloso que rodea al agregado grueso. Esto

ocurre generalmente en afirmado o en muestras que contienen alto material de diámetro menor al del tamiz N° 200 (material arcilloso). Para ello se procede de la siguiente manera:

- Se extiende la muestra en una superficie limpia y llana o sobre una lona, y se mezcla con una pala. Se hace de modo que el material se deposite en forma cónica, y luego se aplasta el cono con la pala formando una capa circular de espesor uniforme.
- Con una escuadra o tablón rectangular de madera, se divide en 4 partes aproximadamente iguales, se escogen dos partes opuestas y se unen, desechándose las otras dos.
- Se repite esta operación hasta tener la cantidad de material necesario para el análisis, más o menos 2 a 3 Kg.
- Se seca en horno durante 16 horas a una temperatura de 110 grados centígrados o a la intemperie si el clima lo permite, hasta que tenga peso constante.
- Se disgregan los terrones arcillosos del material. Se pesa la muestra seca sin lavar y se anota como P1 (Peso de la muestra secada al horno).
- Si se pesa la muestra en una bandeja, se descuenta el Peso de la misma:

$$P1 = \text{Peso (bandeja + muestra)} - \text{Peso bandeja.}$$

- Se lava, vertiendo el agua con material suspendido en el tamiz N° 200, y se elimina el material que pasa por dicho tamiz, que vendría a ser la parte de arcilla del agregado.
- Cuando el agregado contiene un material arcilloso, es preferible antes de lavarlo dejarlo en remojo por unas horas para que se disuelva la arcilla.
- Con la finalidad de no maltratar el tamiz N° 200, se puede lavar la grava separada del fino, para verter sobre esta malla solo material fino que no la deteriora.

- Se seca la muestra lavada en horno a 110 grados por 16 horas, hasta que tenga peso constante. Una manera práctica de observar si el material está completamente seco, es colocar un vidrio sobre la muestra, si se empaña es que todavía contiene humedad, si no se empaña, la muestra está seca.
- Se colocan los tamices ordenados en forma descendente en cuanto a su diámetro para que los diámetros mayores queden arriba, siendo la última en colocar la malla N° 200, debajo de la cual se coloca una base.
- Se pasa el agregado por los tamices y se agita el tiempo necesario hasta que no pase muestra al siguiente tamiz o a la base. Para lograr esto en el agregado fino el tiempo de agitación debe ser aproximadamente 15'. Es preferible realizar por separado el tamizado del agregado fino y grueso, para lo cual se hace pasar primero el material por la malla N° 4.
- Se debe contar con otra base o fondo para tamizar por separado cada malla debajo de la cual se coloca la misma y se tamiza hasta que no pase material a ésta, lo que pasa se coloca en el tamiz siguiente. El material que queda retenido en el tamiz se coloca en la base y luego se pesa. En el caso del agregado grueso es fácil colocarlo en la base, en el agregado fino es necesario usar una escobilla para limpiar la malla y de este modo no perder material.
- Se procede de la misma manera con cada uno de los tamices, anotándose en cada uno el peso que retiene. También se anota el material que queda en la base de bajo de la malla N° 200. Esto nos permite verificar si no hay error: Se puede anotar el peso seco lavado antes de pasarlo por los tamices, entonces la suma de los pesos retenidos en los distintos tamices hasta la malla N° 200 más el peso que queda en la base debe coincidir con éste. Sin embargo en la práctica siempre hay una pequeña diferencia pero debe ser mínima.



b) Considerando Todo el Agregado Grueso:

- Cuando la grava está limpia es decir sin mucho material fino impregnado, se puede trabajar con toda ésta.
- Extendemos todo el material y lo dejamos secar por lo menos 24 horas exponiéndola al sol o en ambiente cerrado seco. Este tiempo puede prolongarse si la muestra está muy húmeda.
- Pesamos todo el material (PT).
- Tamizamos el material por la malla N° 4.
- Tamizamos la grava por los distintos tamices desde el tamaño mayor hasta la malla N° 4, anotando el peso retenido en cada tamiz.
- Tomamos un peso determinado del agregado Fino (que en nuestro caso fue de 1000 gr. a 1500 gr.) lo que se conoce como fracción.
- Lavamos la muestra eliminando lo que pasa la malla N° 200, de manera similar al explicado en el método del cuarteo, secamos después la muestra en el horno a 110°C hasta que tenga peso constante.(Ver foto 34)



**Foto 34:** Lavado del agregado fino.

- Tamizamos la porción de agregado fino por los distintos tamices menores a la malla N° 4 hasta la N° 200 (N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°60, N°80, N°100, N°200) y anotamos el peso retenido en cada uno de los tamices, fotos 35, 36 y 37.



**Foto 35:** Pesos Retenidos en los distintos tamices. (Saposa)



**Foto 36:** Pesos Retenidos en los distintos tamices. (Moyobamba)



**Foto 37:** Pesos Retenidos en los distintos tamices. (Tarapoto)

#### 3.3.4.4 Cálculos.

a) Para Método del Cuarteo.

La suma de los pesos retenidos en los distintos tamices hasta el tamiz N° 200 es  $P_2$  (Peso de la muestra lavada y secada al horno).

La diferencia entre el peso inicial ( $P_1$ ) y el peso de la muestra lavada y secada al horno es el material que pasa la malla N° 200

$$\text{Material que pasa la malla N° 200} = P_1 - P_2$$

Porcentajes retenidos y que pasan cada malla:

$$\% \text{parcial retenido en un tamiz} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz} \times 100}{P_1}$$

$$\% \text{que pasa la malla N° 200} = \frac{(P_1 - P_2) \times 100}{P_1}$$

% Acumulado retenido en un tamiz = Suma de % parciales retenidos  
hasta dicho tamiz.

% Acumulado que pasa cada malla = 100 - % acumulado retenido en  
dicha malla.

b) Considerando Todo el agregado.

- Peso de la grava: Suma de los pesos retenidos en los distintos tamices hasta el tamiz N° 4 (Pg).
- Peso de Agregado fino : Diferencia entre el peso total y el peso de grava

$$P_f = P_t - P_g$$

$$\% \text{ Agregado Grueso} = P_g \times 100/P_t$$

$$\% \text{ Agregado Fino} = P_f \times 100/P_t$$

Porcentajes retenidos en cada malla:

- Agregado Grueso:

Desde el tamiz de mayor tamaño hasta el N° 4:

$$\% \text{parcial retenido en un tamiz} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz} \times 100}{P_1}$$

- Agregado Fino:

Para tamices menores de la malla N° 4:

$P_2$  entre la suma de los pesos retenidos en los distintos tamices hasta el tamiz N° 200.

$$\text{Material que pasa la malla N° 200} = P_1 - P_2$$

$$\text{Peso parcial retenido en un tamiz} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz} \times \% \text{ A.F.} \times 100}{P_1}$$

Porcentajes acumulados retenidos en cada malla:

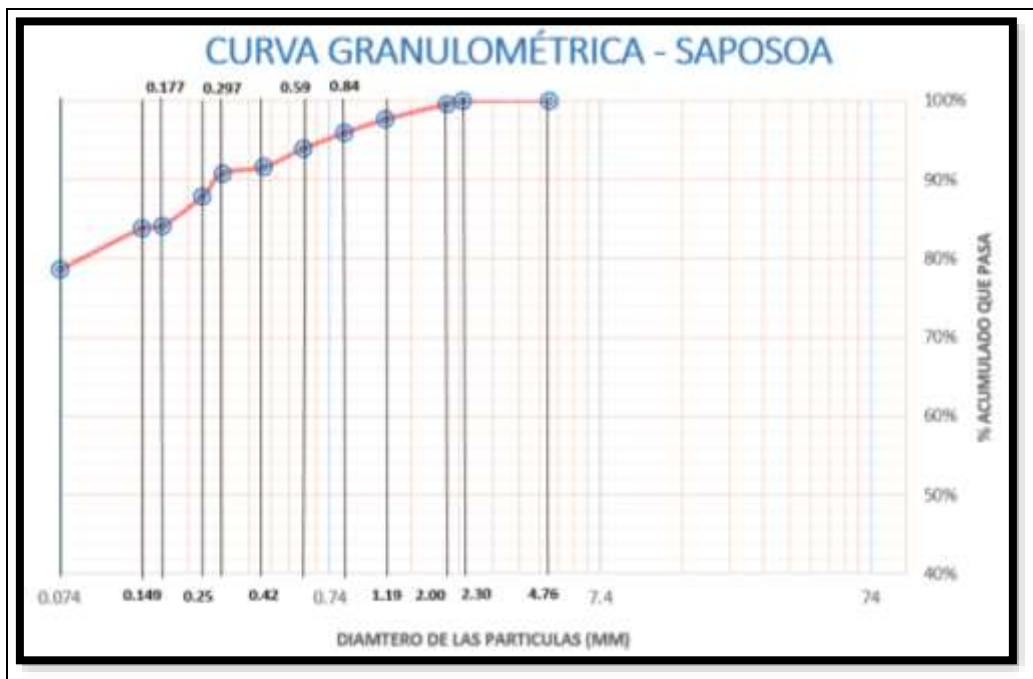
% Acumulado retenido en un tamiz = Suma de % parciales retenidos hasta dicho tamiz.

% Acumulado que pasa cada malla = 100 - % acumulado retenido en dicha malla.

### 3.3.4.5 Observaciones.

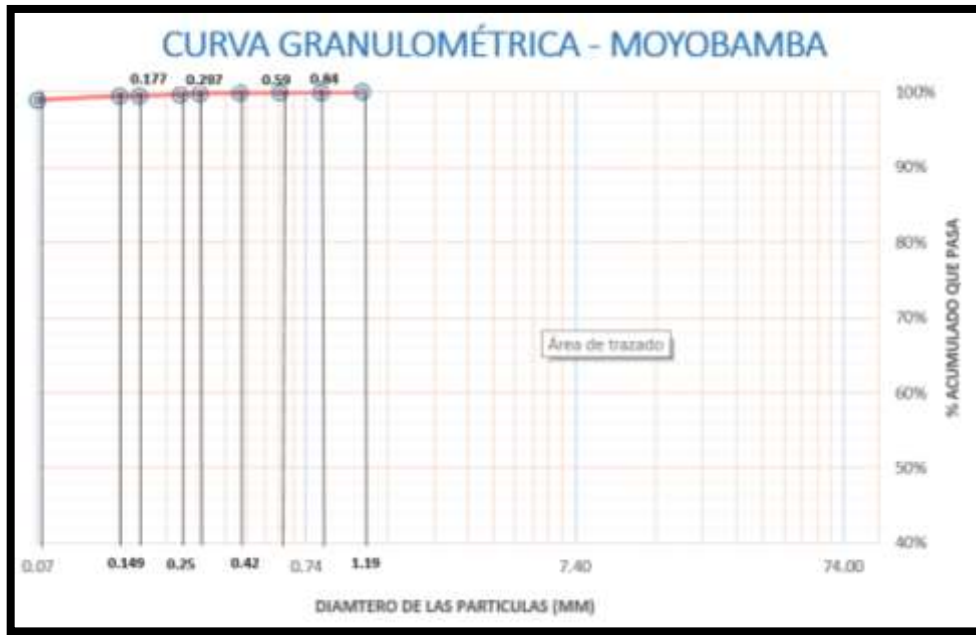
En nuestro caso las tres muestras pertenecen a la fracción fina, debido a esto los tamices utilizados son del N° 8 al tamiz N°200.

Al contener un alto porcentaje de partículas que pasan la malla 200, a las tres muestras adicionalmente se le realizará el ensayo de granulometría por sedimentación. (Porcentaje que pasa la malla 200, SAPOSOA: 78.57%, MOYOBAMBA: 98.93%, TARAPOTO: 28.43%). De este ensayo podemos obtener como resultado las curvas granulométricas gráficos 4, 5 y 6, darle la clasificación a los suelos. (Anexos 7, 8, 9)



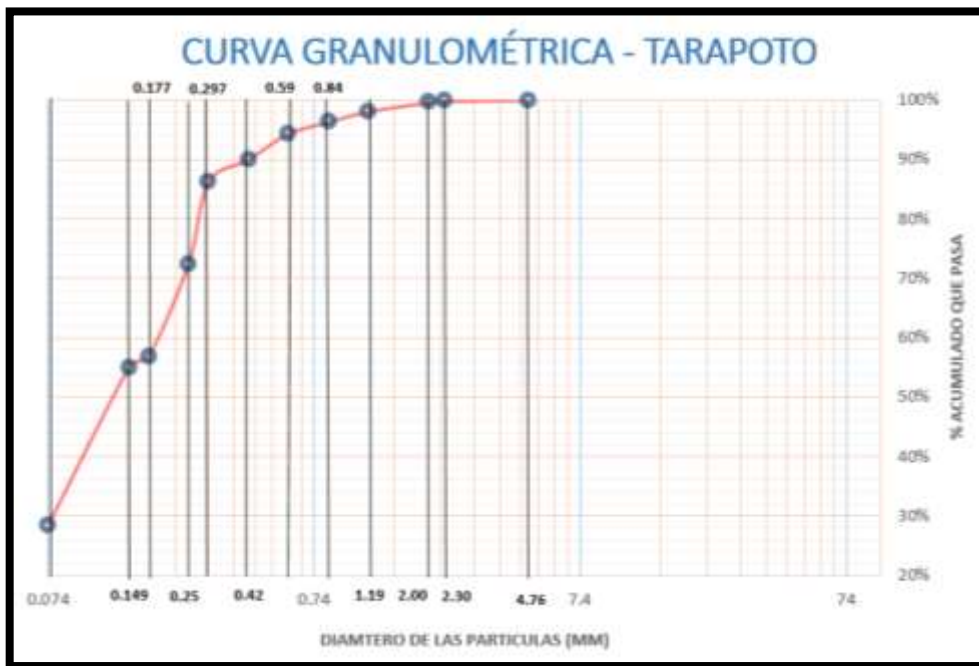
**Gráfico 4:** Curva Granulométrica de Saposoa

**Fuente:** Elaboración Propia



**Gráfico 5:** Curva Granulométrica de Moyobamba

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 6:** Curva Granulométrica de Tarapoto

Fuente: Elaboración Propia

### **3.3.5 Sistemas de Clasificación de los Suelos.**

Un sistema de clasificación de los suelos, es una agrupación de estos con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen.

Son tantas las propiedades y combinaciones en los suelos y múltiples los intereses ingenieriles, que las clasificaciones están orientadas al campo de ingeniería para la cual se desarrollaron. Para estos fines se desarrollaron varios tipos de clasificación de suelos entre los cuales destacan más y son los más usados el del Sistema AASHTO el cual clasifica a los suelos por su calidad para obras de ingeniería como también el de la Clasificación SUCS que determina el tipo de suelo de acuerdo a sus características.

#### **3.3.5.1 Sistema AASHTO**

El Departamento de Caminos Públicos de USA (*Bureau of Public Roads*) introdujo uno de los primeros sistemas de clasificación, para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras Posteriormente en 1945 fue modificado y desde entonces se le conoce como Sistema AASHTO y recientemente AASHTO.

El sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en grupos, basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un "índice de grupo".(Ver tabla 26)

Se informa en números enteros y si es negativo se informa igual a 0.

**Tabla 26** Sistema de clasificación AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% ó MENOS PASA EL TAMIZ N ° 200)						MATERIALES LIMO ARCILLOSOS (MÁS DEL 35% PASA EL TAMIZ N ° 200)				SUELOS MUY ORGANICOS A-8		
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6		A-7	
	A-1-a	A-1-b										A-7-5	A-7-6
CLASIFICACIÓN DE GRUPO													
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ Nº 10 TAMIZ Nº 40 TAMIZ Nº 200	50 MAX. 30 MAX. 15 MAX	- 50 MAX 25 MAX	- 51 MIN. 10 MAX	- - 35 MAX	- - 35 MAX	- - 35 MAX	- - 35 MAX	36 MIN. 36 MIN. 36 MIN.	36 MIN. 36 MIN. 36 MIN.	36 MIN. 36 MIN. 36 MIN.	36 MIN. 36 MIN. 36 MIN.		
CARACTERÍSTICAS DE LA FRACCIÓN QUE PASA EL TAMIZ Nº 40 LÍMITE LÍQUIDO LÍMITE PLÁSTICO	- 6 MAX	6 MAX	N.P. 0	40 MAX 10 MAX	41 MIN 10 MAX	40 MAX 11 MIN.	41 MIN 11 MIN	40 MAX 10 MAX	41 MIN 10 MAX	40 MAX 11 MIN	41 MIN 11 MIN	41 MIN 11 MIN	
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	4 MAX	4 MAX	8 MAX	12 MAX	16 MAX	20 MAX	20 MAX	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUB-RASANTE	EXCELENTE A BUENO						REGULAR A POBRE						NO SATISFACTORIO
EL ÍNDICE PLÁSTICO DEL SUB-GRUPO A-7-5 ES IGUAL O MENOR QUE EL LL MENOS 30 EL ÍNDICE PLÁSTICO DEL SUB-GRUPO A-7-6 ES IGUAL O MAYOR QUE EL LL MENOS 30 SI EL SUELO ES N.P. EL ÍNDICE DE GRUPO SERÁ: I.G. = 0; SI I.G. < 0 EL ÍNDICE DE GRUPO SERÁ: I.G. = 0.													

Fuente: Taylor, D. (1981)



El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo, se usa para determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, material de Subrasante, sub bases y bases.

El valor del índice de grupo debe ir siempre en paréntesis después del símbolo del grupo, como: A-2-6 (3); A-7-5 (17), etc.

Cuando el suelo es NP o cuando el límite no puede ser determinado, el índices de grupo debe considerarse (0).

Si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 sólo con una verificación visual, sin considerar el porcentaje bajo 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto y fuerte.

### **3.3.5.2 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN (SUCS):**

El sistema desarrollado por el Dr. Arturo Casagrande utiliza la textura para dar términos descriptivos tales como:

“GW”, grava bien graduada; “GC”, grava arcillosa; “GP”, Grava mal graduada, etc.

Este sistema de clasificación se ha extendido en cooperación con la Oficina de mejoramiento de terrenos de los Estados Unidos, y se denomina actualmente Sistema de clasificación unificado. (Tabla 27)

Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, y su agrupación con relación a su comportamiento como materiales de construcción en ingeniería. La base de la clasificación de suelos está en las siguientes propiedades:

1. Porcentaje de grava, arena y finos (fracción que pasa por el tamiz N° 200)
2. Forma de la curva de distribución granulométrica.

### 3. Características de plasticidad y compresibilidad.

Se establecen fracciones de suelos: Cantos rodados, gravas, arena y finos (limo o arcilla). Los límites de demarcación entre las diversas fracciones y aspectos descriptivos, simbología, descripciones y criterios de clasificación de laboratorio, se dan en la siguiente Tabla de: Sistema Unificado de Clasificación de suelos, que se incluye.

Los suelos se separan en tres divisiones:

1. Suelos de grano grueso.
2. Suelos de grano fino.
3. Suelos altamente orgánicos.

Los suelos de grano grueso son aquellos que contienen 50 por ciento o menos de material más pequeño que la malla del tamiz N° 200, y suelos de grano fino son aquellos que contienen más del 50 por ciento de material más pequeño que el tamiz N° 200.

Los suelos altamente orgánicos pueden identificarse generalmente por inspección visual.

Los suelos de grano se dividen en gravas (G) y arenas (S).

Las gravas son aquellos suelos de grano grueso que tienen un porcentaje mayor de la fracción gruesa (la que no pasa por el tamiz N° 200) retenida en el tamiz N° 4.

Las arenas son aquellos que su porción mayor para por el tamiz N° 4. Tanto las gravas (G), como las arenas (S), se dividen en cuatro grupos secundarios, GW, GP, GM y GC y SW, SP, SM y SC, respectivamente, según la cantidad y tipo de los finos y la forma de la curva granulométrica.

En la indicada tabla se muestran los tipos representativos de suelos encontrados en cada uno de estos grupos secundarios, bajo el encabezamiento de “Nombres Típicos”.

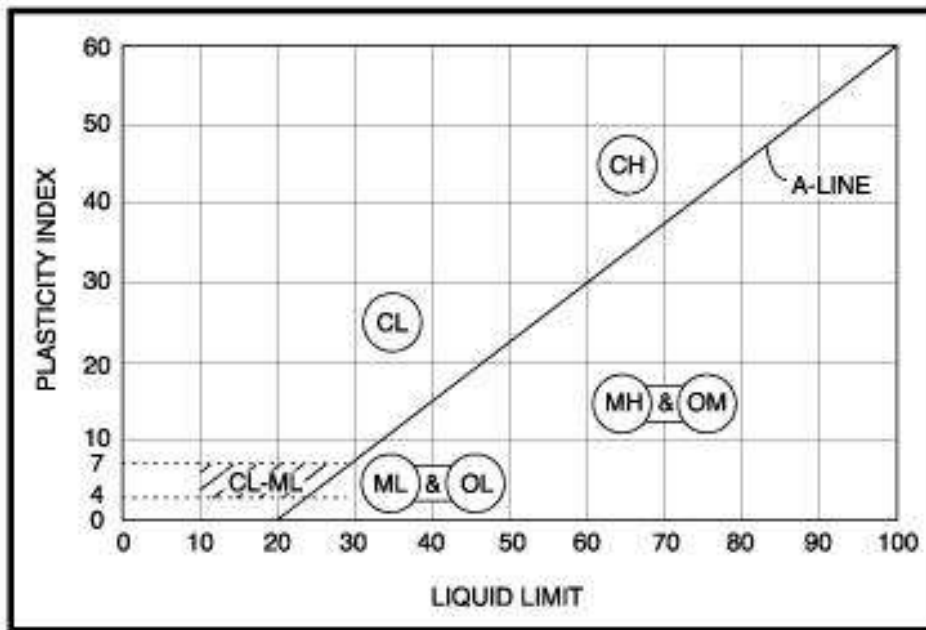
Los suelos de grano fino se subdividen en limos (M) y arcillas (C), según su límite líquido y su índice de plasticidad. Los limos son suelos de grano fino con un límite líquido y un índice de plasticidad, de los cuales grama de la tabla II-3y arcillas aquellos que dan puntos por encima de la línea “A”. Esta definición no es válida para las arcillas orgánicas puesto que el límite líquido y el índice de plasticidad de estos suelos dan puntos por debajo de la línea “A”, El limo (M) y la arcilla (C) se dividen a su vez en dos grupos secundarios basados en el hecho de que el suelo tenga un límite líquido relativamente bajo (L – low), o alto (H – high). Los tipos de suelos representativos encontrados en cada uno de los grupos resultante se dan en la tabla II-3 bajo “Nombres Típicos”. (Ver Gráfico7).

Los suelos altamente orgánicos son usualmente muy comprensibles y tienen características inadecuadas para la construcción. Se clasifican dentro del grupo designado por el símbolo Pt. Turba (Peat). El humus y los suelos de pantano son ejemplos típicos de este grupo de suelos.

**Tabla 27: Sistema de Clasificación SUCS**

Divisiones mayores		Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$		
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW		
		GM $\frac{d}{u}$	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas gravo-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$		
	Arenas (Más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM $\frac{d}{s}$	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	Si el material está en la zona sombreada con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz No. 200)	Limos y arcillas (límite líquido $U_L < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% – GW, GP, SW, SP Más del 12% – GM, GC, SM, SC de 5 a 12% – Casos de frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	Limo y arcillas (límite líquido $> 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Fuente: Badillo, J. & Rodríguez, R. (2011)



**Gráfico 7:** Gráfico de plasticidad

Fuente: Berry, P. (1993)

Las divisiones de los grupos GM y SM en las subdivisiones “d” y “u” es solamente para caminos y aeródromos. Las subdivisiones están basadas en los límites de Atterberg.

El sufijo “d” es usado cuando LL es 28 o menos y el PI es 6 o menos. Sufijo “u” es usado cuando LL es mayor de 28.

Clasificación en la línea divisoria, usada para suelos que poseen características de dos grupos es designado por la combinación de símbolos de grupos. Por ejemplo: GW– GC, mezcla de arena y grava bien graduada con arcilla como aglutinante.

### 3.3.5.3 Conclusiones

Luego de realizar la granulometría por tamizado podemos clasificar los suelos. Los resultados los presentamos en la tabla 28.

**Tabla 28:** Resultados de la clasificación de suelos

<b>CLASIFICACIÓN</b>		
Muestra	S.U.C.S.	AASHTO
Saposa	MH	A-7-5
Moyobamba	CH	A-7-6
Tarapoto	SC-SM	A-2-6

**Fuente:** Elaboración Propia

La clasificación de estos suelos justifica la realización de los ensayos de granulometría por sedimentación, utilizando el método del hidrómetro.

Al realizar el ensayo por sedimentación podremos determinar el porcentaje de arcilla y así determinar el tipo de arcilla que contiene. Conociendo estos resultados podremos determinar su potencial de cambio de volumen.

### **3.3.6 Análisis granulométrico por medio del hidrómetro ASTM –D422**

#### **3.3.6.1 OBJETIVO**

Este método de prueba cubre las determinaciones cuantitativas de la distribución de tamaño de las partículas de las fracciones finas de los suelos. La distribución de tamaños de partículas más grandes de 75  $\mu\text{m}$  (retenidas en el tamiz No 200) se determina por tamizado, en tanto que la distribución de las partículas más pequeñas que 75  $\mu\text{m}$  se determina por un proceso de sedimentación, usando un hidrómetro que asegure los datos necesarios (Nota 1 y Nota 2).

Nota 1.– La separación de la muestra para aplicar el método descrito en esta norma puede hacerse en el tamiz No 4 (4.75mm), en el N° 40 (425 $\mu\text{m}$ ), o en el tamiz N° 200 (75 $\mu\text{m}$ ), en vez del tamiz N° 10. El tamiz utilizado debe ser indicado en el informe.

Nota 2.- Se proveen dos tipos de aparatos de dispersión: (1) Un mezclador mecánico de alta velocidad y (2) dispersión por aire. Investigaciones extensas indican que los equipos de dispersión por aire producen una dispersión más positiva en suelos finos plásticos por debajo de 20 $\mu$ m de tamaño y apreciablemente menor degradación en todos los tamaños al usarse con suelos arenosos. Debido a las ventajas definitivas de la dispersión por aire, se recomienda su uso. Los resultados obtenidos con los dos aparatos, difieren en magnitud, dependiendo del tipo de suelos, especialmente para tamaños más finos de 20 $\mu$ m.

### **3.3.6.2 Equipos**

- a) Balanza – Debe tener una capacidad suficiente y una sensibilidad de 0.1%.
- b) Tamices – De 4.75 mm (No.4), de 425  $\mu$ m (No 40) y de 75  $\mu$ m (N°.200).
- c) Hidrómetro – Conforme a los requisitos para los hidrómetros 151 H o 152 H de la norma ASTM E 100, graduado para leer, de acuerdo con la escala que tenga grabada, la gravedad específica de la suspensión ó los gramos por litro de suspensión. En el primer caso, la escala tiene valores de gravedad específica que van de 0.995 a 1.038 y estará calibrado para leer 1.00 en agua destilada a 20° C (68° F). Este Hidrómetro se identifica como 151 H. En el otro caso la escala tiene valores de gramos de suelo por litro (g/l) que van de -5 á+ 60. Se identifica como 152 H y está calibrado para el supuesto que el agua destilada tiene gravedad específica de 1.00 a 20° C (68° F) y que el suelo en suspensión tiene una gravedad específica de 2.65. Las dimensiones de estos hidrómetros son las mismas; sólo varían las escalas.

- d) Cilindro de vidrio para sedimentación – De unos 460 mm (18") de alto, y 60 mm (2.5") de diámetro y marcado para un volumen de 1000 ml a 20° C (68°F). El diámetro interior debe ser tal que la marca de 1000ml esté a 360 ±20mm (14±1.0") desde el fondo, en el interior del cilindro.
- e) Termómetro de inmersión – Con apreciación de 0.5° C (0.9° F).
- f) Cronómetro o reloj.
- g) Horno – capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta 110° ± 5° C (230° ± 9° F).
- h) Baño de Agua o Cuarto de temperatura constante – Se utiliza para mantener la suspensión de suelo a temperatura constante durante el análisis del hidrómetro, evitándose de esta forma las correcciones por temperatura. Un baño de agua satisfactorio es un tanque aislado que mantiene la suspensión a una temperatura constante conveniente tan cercana a los 20° C (68° F) Este aparato está ilustrado en el gráfico 5. En aquellos casos en los cuales el trabajo se lleve a cabo en un cuarto con temperatura constante, controlada automáticamente el baño de agua no es necesario.
- i) Vaso de vidrio (Beaker) – Un vaso de vidrio con una capacidad de no menos de 250 ml y no más de 500 ml.
- j) Recipientes – Recipientes apropiados, hechos de material no corrosivo y que no estén sujetos a cambio de masa o desintegración a causa de repetidos calentamientos y enfriamientos. Los recipientes deben tener tapas que se ajusten perfectamente, para evitar pérdidas de humedad antes de determinar su masa inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la determinación de la masa final. Se necesita un recipiente para cada determinación del contenido de humedad.



### 3.3.6.3 Reactivos

- Agente Dispersante – Una solución de hexametáfosfato de sodio; se usará en agua destilada o desmineralizada en proporción de 40 g de hexametáfosfato de sodio por litro de solución.

Las soluciones de esta sal deberán ser preparadas frecuentemente (al menos una vez al mes) o ajustar su pH de 8 a 9 por medio de carbonato de sodio. Las botellas que contienen soluciones deberán tener marcada la fecha de preparación.

- Agua – Toda agua utilizada deberá ser destilada o desmineralizada. El agua para el ensayo con hidrómetro deberá llevarse hasta la temperatura que prevalecerá durante el ensayo; así, si el cilindro de sedimentación se va a colocar en baño de agua, la temperatura del agua destilada o desmineralizada que va a utilizarse se llevará a la temperatura de dicho baño. Si el cilindro de sedimentación se coloca a la temperatura ambiente del laboratorio, el agua deberá tener dicha temperatura. La temperatura normal de ensayo es la de 20°C (68° F). Sin embargo, pequeñas variaciones de temperatura, no implicarán el uso de las correcciones previstas.

### 3.3.6.4 Calibración del hidrómetro

El hidrómetro debe ser calibrado para determinar su profundidad efectiva en términos de lecturas de hidrómetro. Si se dispone de un hidrómetro tipo 151-H ó 152-H la profundidad efectiva puede ser obtenida de la Tabla N°29. Si el hidrómetro disponible es de otro tipo, procédase a su calibración de acuerdo a los pasos siguientes:

- A.- Se determina el volumen del bulbo del hidrómetro. (VB). Este puede ser determinado utilizando uno de los métodos siguientes:
  - Midiendo el volumen de agua desplazada – Se llena con agua destilada o desmineralizada un cilindro graduado de 1000 ml de capacidad hasta aproximadamente 900 ml. Se observa y anota la

lectura del nivel del agua. El agua debe estar aproximadamente a 20° C. (68° F). Se introduce el hidrómetro y se anota la nueva lectura. La diferencia entre estas dos lecturas es igual al volumen del bulbo más la parte del vástago que está sumergida. El error debido a la inclusión del volumen del vástago es tan pequeño, que puede ser despreciado para efectos prácticos.

- Determinación del volumen a partir de la masa del hidrómetro – Se pesa el hidrómetro con una aproximación de 0.01 g. Debido a que la gravedad específica del hidrómetro es aproximadamente igual a la unidad, la masa del hidrómetro en gramos, es equivalente a su volumen en centímetros cúbicos.

Este volumen incluye el volumen del bulbo y el del vástago. El error debido a la inclusión del volumen del vástago es despreciable.

- B.- Se determina el área "A" del cilindro graduado, midiendo la distancia que existe entre dos marcas de graduación. El área "A" es igual al volumen incluido entre las dos graduaciones, dividido entre la distancia medida.
- C.- Se mide y se anota la distancia, en mm, desde la marca de calibración inferior en el vástago del hidrómetro hasta cada una de las marcas de calibración principales (R).
- D.- Se mide y se anota la distancia, en mm, desde el cuello del bulbo hasta la marca de calibración inferior. La distancia "H" correspondiente a cada lectura "R", es igual a la suma de las dos distancias medidas en los pasos B y C.

Se mide y se anota la distancia, en mm, desde el cuello hasta la punta inferior del bulbo (h). La distancia  $h/2$  localiza el centro del volumen de un bulbo simétrico. Si el bulbo utilizado no es simétrico, el centro del volumen se puede determinar con suficiente aproximación proyectando la forma del bulbo sobre una hoja de papel y localizando el centro de gravedad del área proyectada.

Se determinan las profundidades efectivas "L", correspondientes a cada una de las marcas de calibración principales "R" empleando la fórmula:

$$L = H_R + \frac{1}{2} \left[ h - \left( \frac{V_B}{A} \right) \right]$$

Donde:

L = profundidad efectiva en mm,

HR = distancia desde el cuello del bulbo hasta la marca en el hidrómetro correspondientes a la lectura R,

h = distancia desde el cuello hasta la punta inferior del bulbo,

VB = volumen del bulbo, y

A = área del cilindro graduado.

- Para hidrómetros, 151 H y 152H:

$$h = 140\text{mm}$$

$$VB = 67000\text{mm}^3$$

$$A = 2780\text{mm}^2$$

- Para hidrómetros 151 H(Ver gráfico 8 y gráfico 9):

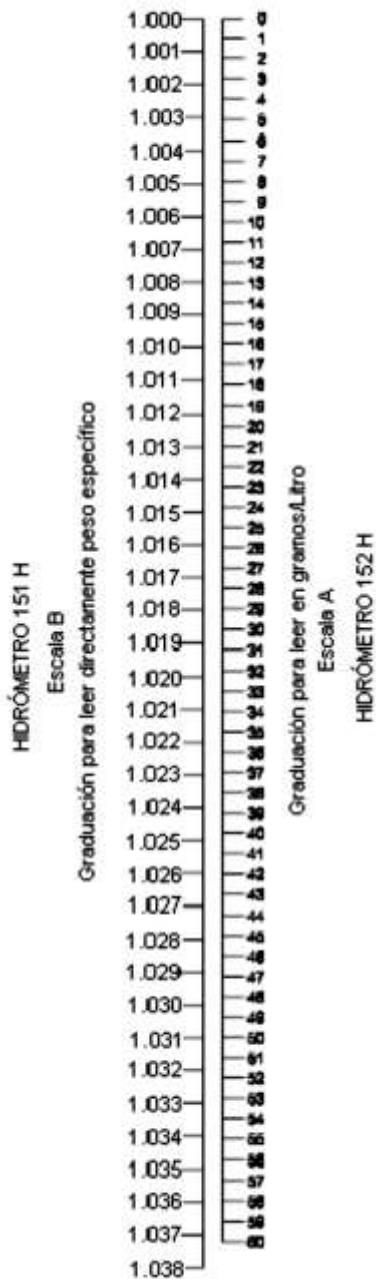
$$HR = 105\text{mm para una lectura de 1.000}$$

$$HR = 23\text{mm para lectura de 1.031}$$

- Para el hidrómetro 152 H

$$HR = 105\text{mm para una lectura de 0 g/L}$$

$$HR = 23\text{mm para lectura de 50g/L}$$

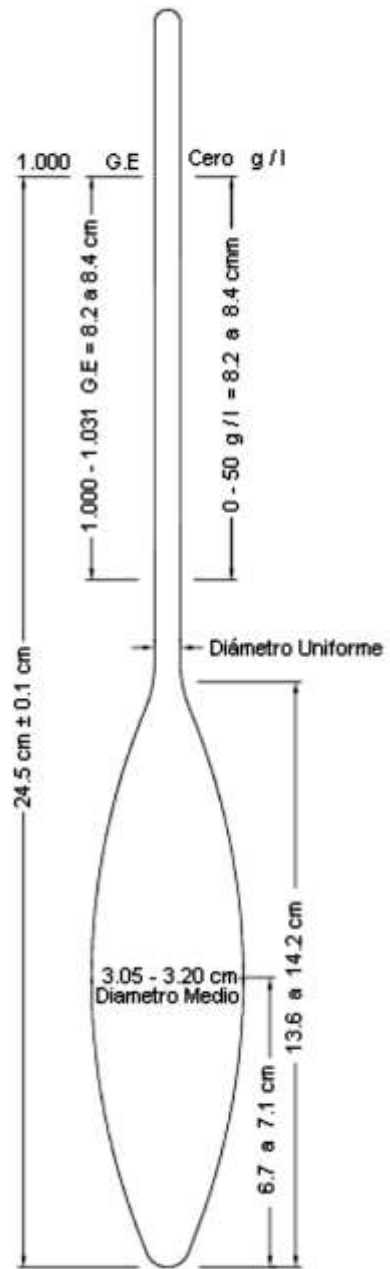


La escala de gravedad específica debe calibrarse para leer 1.000 a 20° C (68° F) y debe extenderse para una capacidad de lectura desde 0.995 hasta 1.038. La escala gramos/Litro debe extenderse desde -5 g/l, con respecto a cero (1.000 de gravedad específica) hasta 60 g/l. El bulbo debe ser simétrico por encima y por debajo del diámetro medio y debe soplar dentro de un molde para garantizar uniformidad del producto.

El diámetro del vástago puede variar para ajustar la longitud de la escala que se especifique pero debe ser de diámetro uniforme de extremo a extremo.

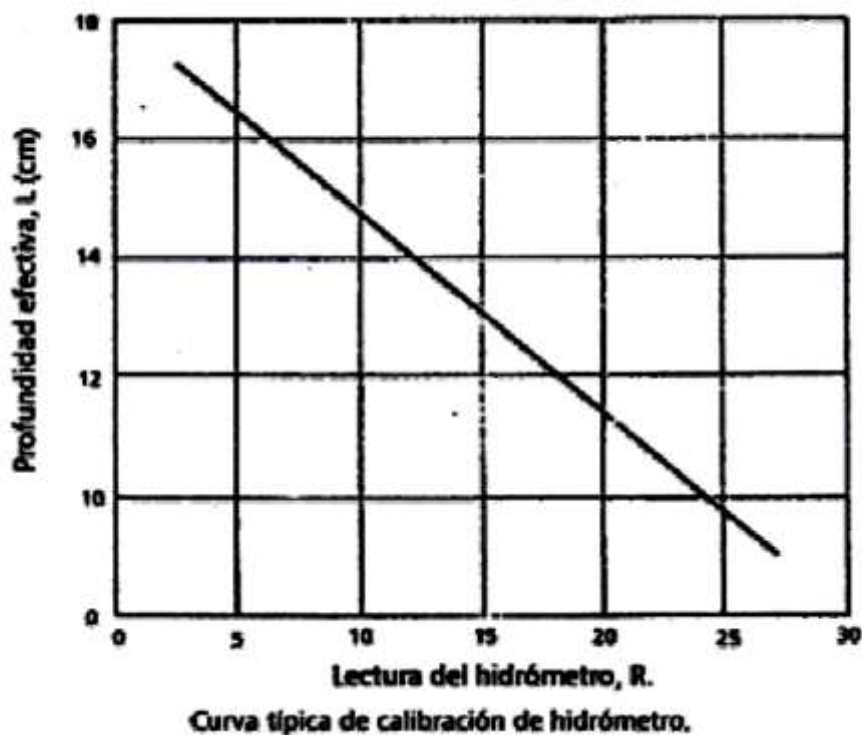
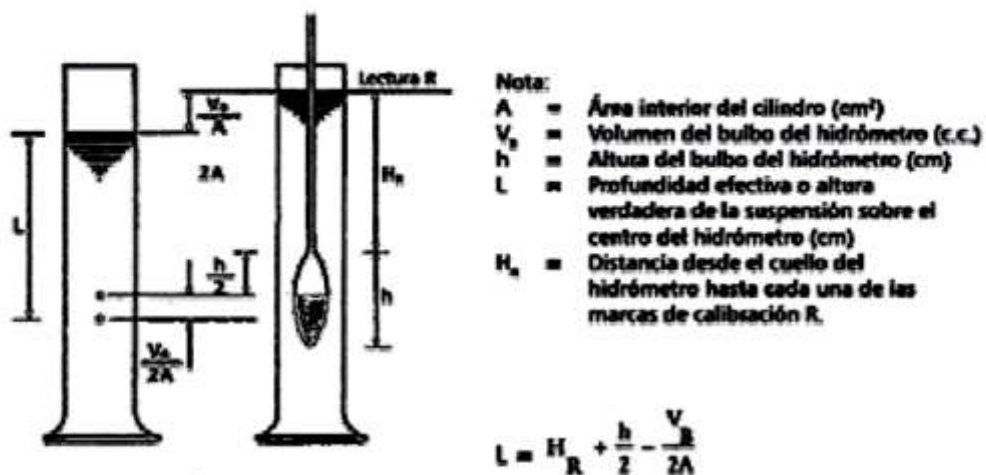
La exactitud de la escala debe ser de  $\pm$  una división de la misma. Distribuido uniformemente en toda su longitud.

- Hidrómetro provistos de escala "B" deben ser identificados como No. 151 H
- Hidrómetro provistos de escala "A" deben ser identificados como No. 152 H



**Gráfico 8:** Hidrómetro

Fuente: ftp.unicauca.edu.co /(2007)



**Gráfico 9:** Determinación de la profundidad efectiva de la suspensión sobre el centro del bulbo del hidrómetro.

Fuente: ftp.unicauca.edu.co (2007)

### 3.3.6.5 Procedimiento

El procedimiento consistirá en los siguientes pasos:

1. Se anota en el formato toda la información existente para identificar la muestra, como por ejemplo: obra, número de la muestra y otros datos pertinentes.
2. Se determina la corrección por de floculante y punto cero, Cd. y la corrección por menisco, Cm, a menos que ya sean conocidas. Se anota toda esta información en el formato. (Ver foto 38)



**Foto 38:** Corrección por Menisco

3. Se determina la gravedad específica de los sólidos, Gs, (norma ASTM D854).

4. Si la masa secada al horno se va a obtener al principio del ensayo, se seca la muestra al horno, se deja enfriar y se pesa con una aproximación de 0.1 g. Se anota en el formato el valor obtenido. A continuación, se coloca la muestra en una cápsula de 250 ml previamente identificada con un número, se agrega agua destilada o desmineralizada hasta que la muestra quede totalmente sumergida.

En ese momento, se coloca el agente dispersante: 125 ml de solución de hexametáfosfato de sodio (40g/l).

Se deja la muestra en remojo por una noche hasta que los terrones de suelo se hayan desintegrado. Suelos altamente orgánicos requieren un tratamiento especial, y puede ser necesario oxidar la materia orgánica antes del ensayo. La oxidación puede ser llevada a cabo mezclando la muestra con una solución, al 30 %, de peróxido de hidrógeno; esta solución oxidará toda la materia orgánica. Si el suelo contiene poca cantidad de materia orgánica, el tratamiento con peróxido de hidrógeno no es necesario. (Ver foto 39)



**Foto 39:** Mezcla de agua destilada con agente dispersante

Se transfiere la muestra con agua, de la cápsula a un vaso de dispersión lavando cualquier residuo que quede en la cápsula con agua destilada o desmineralizada. Si es necesario, se añade agua al vaso de dispersión, hasta que la superficie de ella quede de 50 a 80 mm por debajo de la boca del vaso; si el vaso contiene demasiada agua, ésta se derramará durante el mezclado. Se coloca el vaso de dispersión en el aparato agitador durante el tiempo de un minuto.(Ver foto 40)



**Foto 40:** Vaso de dispersión en aparato agitador

5. Se transfiere la suspensión a un cilindro de sedimentación de 1000 ml. La suspensión debe ser llevada a la temperatura que se espera prevalecerá en el laboratorio durante el ensayo.( Ver foto 41)





**Foto 41:** Verter la suspensión a un cilindro

6. Un minuto antes de comenzar el ensayo, se toma el cilindro de sedimentación y, tapándolo con la mano o con un tapón adecuado, se agita la suspensión vigorosamente durante varios segundos, con el objeto de remover los sedimentos del fondo y lograr una suspensión uniforme. Se continúa la agitación hasta completar un minuto, volteando el cilindro hacia arriba y hacia abajo alternativamente. Cada acción de éstas, constituye 2 giros. Algunas veces, es necesario aflojar los sedimentos del fondo del cilindro, mediante un agitador de vidrio antes de proceder a agitar la lechada. Se deben ejecutar sesenta (60) giros durante ese minuto.

Este proceso evita también la acumulación de sedimentos en la base y en las paredes del cilindro graduado.



**Foto 42:** Agitando la suspensión

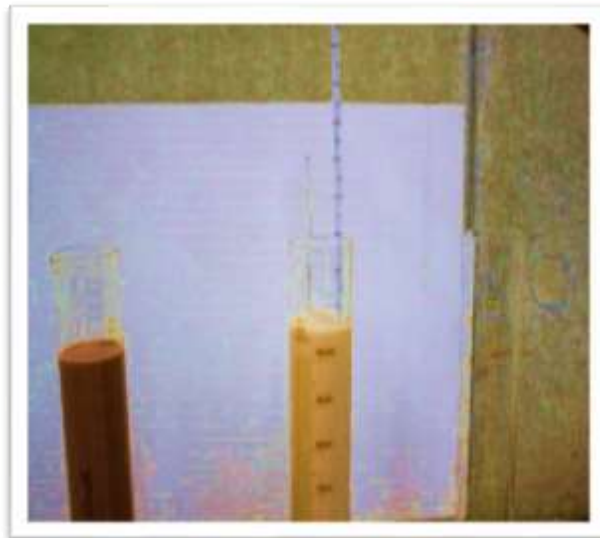
7. Al terminar el minuto de agitación, se coloca el cilindro sobre una mesa. Se pone en marcha el cronómetro. Si hay espuma presente, se remueve tocándola ligeramente con un pedazo de papel absorbente. Se introduce lentamente el hidrómetro en la suspensión. Se debe tener mucho cuidado cuando se introduce y cuando se extrae, para evitar perturbar la suspensión.(ver foto 43)



**Foto 43:** Medida del Hidrómetro

8. Obsérvense y anótense las dos primeras lecturas de hidrómetro, al minuto, y a los dos minutos después de haber colocado el cilindro sobre la mesa. Estas lecturas se deben realizar en el tope del menisco. Inmediatamente después de realizar la lectura de los 2 minutos, se extrae cuidadosamente el hidrómetro de la suspensión y se coloca en un cilindro graduado con agua limpia. Si el hidrómetro se deja mucho tiempo en la suspensión, parte del material que se está asentando se puede adherir al bulbo, causando errores en las lecturas.(ver foto 44)

Luego se introduce nuevamente el hidrómetro y se realizan lecturas a los 5, 15, 30, 60, 120, 250 y 1440 minutos del inicio de la sedimentación. Todas estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco formado alrededor del vástago. Inmediatamente después de cada una de estas lecturas, se extrae el hidrómetro cuidadosamente de la suspensión y se coloca en el cilindro graduado con agua limpia.



**Foto 44:** Lectura de la temperatura

9. Después de realizar la lectura de hidrómetro de los 2 minutos y después de cada lectura siguiente, se coloca un termómetro en la suspensión, mídase la temperatura y anótese en la planilla con una aproximación de 0.5°C (0.9° F).

Los cambios de temperatura de la suspensión durante el ensayo afectan los resultados. Las variaciones en la temperatura deben ser minimizadas colocando el cilindro lejos de fuentes de calor tales como hornos, rayos de sol o ventanas abiertas. Una forma conveniente de controlar los efectos de la temperatura, consiste en colocar el cilindro graduado que contiene la suspensión en un baño de agua. Se recomienda efectuar esta operación en el lapso comprendido entre las lecturas correspondientes a los 2 y 5 minutos. (Ver foto 45)



**Foto 45:** Muestras Finales del Proyecto

10. Si la masa de la muestra se va a determinar al final del ensayo, se lava cuidadosamente toda la suspensión transfiriéndola a una cápsula de evaporación. Séquese el material al horno, se deja enfriar y se determina la masa de la muestra. La masa seca de la muestra de suelo empleada se obtendrá restándole a este valor la masa seca del agente de floculante empleado.

### 3.3.6.6 Corrección de las lecturas del hidrómetro

1. Antes de proceder con los cálculos, las lecturas de hidrómetro deberán ser corregidas por menisco, por temperatura, por de floculante y punto cero.
2. Corrección por menisco ( $C_m$ ) – Los hidrómetros se calibran para leer correctamente a la altura de la superficie del líquido. La suspensión de suelo no es transparente y no es posible leer directamente a la superficie del líquido; por lo tanto, la lectura del hidrómetro se debe realizar en la parte superior del menisco. La corrección por menisco es constante para un hidrómetro dado, y se determina introduciendo el hidrómetro en agua destilada o desmineralizada y observando la altura a la cual el menisco se levanta por encima de la superficie del agua. Valores corrientes de  $C_m$  son:

Hidrómetro tipo 151 H:  $C_m = 0,6 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$

Hidrómetro tipo 152 H:  $C_m = 1,0 \text{ g/litro}$ .

3. Corrección por temperatura ( $C_t$ ) – En el caso de no disponer de un baño de agua o de un cuarto de temperatura constante que permita realizar toda la prueba a  $20^\circ\text{C}$ , a cada una de las lecturas de hidrómetro se debe aplicar también un factor de corrección por temperatura, el cual debe sumarse algebraicamente a cada lectura. Este factor puede ser positivo o negativo, dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar cada lectura. Los valores correspondientes se anotan en la planilla.

4. Corrección por agente de dispersión y por desplazamiento del punto cero (Cd).

- Los granos de suelos muy finos en suspensión tienden normalmente a flocular y se adhieren de tal forma que tienden a precipitarse juntos. Por lo tanto, es necesario añadir a las muestras un agente de disgregación para evitar la floculación durante el ensayo.
- La adición de un agente de floculante produce aumento en la densidad del líquido y obliga a realizar una corrección a la lectura observada en el hidrómetro observado. Así mismo, como la escala de cada hidrómetro ha sido graduada para registrar una lectura cero o lectura inicial a una temperatura base, que generalmente es 20° C (68° F), existirá un desplazamiento del punto cero, y las lecturas de hidrómetro observadas también deberán corregirse por este factor.
- La corrección por de floculante se determina generalmente en conjunto con la corrección por punto cero; por ello se les denomina "corrección por de floculante y punto cero".
- El procedimiento para determinar la corrección por de floculante y punto cero consistirá en los pasos siguientes:

Se selecciona un cilindro graduado de 1000 ml de capacidad y se llena con agua destilada o desmineralizada con una cantidad de de floculante igual a la que se empleará en el ensayo. Si en el ensayo no se va a utilizar de floculante, llénese el cilindro sólo con agua destilada o desmineralizada. En este caso la corrección será solamente por punto cero. Se realiza, en la parte superior del menisco, la lectura del hidrómetro y, a continuación, se introduce un termómetro para medir la temperatura de la solución. Se calcula la corrección por de floculante y punto cero (Cd) mediante la fórmula:

$$Cd = t' + Cm \pm Ct$$

Dónde:

$t'$  = lectura del hidrómetro, en agua con defloculante únicamente ,

$C_m$  = corrección por menisco, y

$C_t$  = corrección por temperatura, sumada algebraicamente.

### 3.3.6.7 Cálculos

1. Lectura de hidrómetro corregida – Se calculan las lecturas de hidrómetro corregidas por menisco (R), sumándole a cada lectura de hidrómetro no corregida (R'), la corrección por menisco  $C_m$ . o sea:

$$R = R' + C_m$$

Se anotan en la planilla los valores de R obtenidos.

2. Cálculo del diámetro de las partículas (D) – El diámetro máximo, D, de las partículas en suspensión correspondiente el porcentaje indicado por una lectura en el hidrómetro, debe ser calculado usando la Ley de Stokes.

De acuerdo con la Ley de Stokes:

$$D = \sqrt{\left[ \frac{30\eta}{981 (G_s - 1)\gamma_w} \right] \times \frac{L}{T}}$$

Dónde:

D = diámetro máximo del grano en milímetros,

h = coeficiente de viscosidad del medio de suspensión (en este caso agua) en Pa. s. Varía con cambios en el medio de suspensión,

L = distancia desde la superficie de la suspensión hasta el nivel al cual la densidad de la suspensión está siendo medida, en mm. (Para un hidrómetro y un cilindro de sedimentación dados, los valores varían

de acuerdo con las lecturas del hidrómetro. Esta distancia se conoce como profundidad efectiva (Tabla 29),

T = tiempo transcurrido desde el comienzo de la sedimentación hasta la toma de la lectura, en minutos,

G<sub>s</sub> = gravedad específica de las partículas de suelo; y w g = gravedad específica del agente de suspensión. (aprox. 1.0 para el agua)

Nota 6.– Como la Ley de Stokes considera la velocidad final de una única esfera que cae en una cantidad ilimitada de líquido, los tamaños calculados representan el diámetro de esferas que caerían a la misma velocidad que las partículas de suelos.

El diámetro de las partículas de suelo en suspensión en el momento de realizar cada lectura de hidrómetro se puede calcular también con la fórmula siguiente:

$$D \text{ (mm)} = K \sqrt{\frac{L}{T}}$$

Dónde:

L = profundidad efectiva en mm(tabla29).

T = tiempo transcurrido en minutos, y

$$K = \sqrt{\left[ \frac{30\eta}{981 (G_s - 1)\gamma_w} \right]}$$

K = constante para facilitar el cálculo, la cual depende del valor de la gravedad específica del suelo y de la temperatura de la suspensión. Los valores de K se encuentran tabulados en las Tablas 31 y 32, en función de la gravedad específica y la temperatura.



3. Cálculo del porcentaje más fino al tamaño “D” o Porcentaje de suelo en suspensión – Las lecturas del hidrómetro deben corregirse aplicando todas las correcciones, (por menisco, por temperatura si es pertinente y por defloculante y punto cero de las escala del hidrómetro). El porcentaje de suelo en dispersión determinado a partir de la lectura del hidrómetro corregida está afectado por la gravedad específica del suelo, las escalas de los hidrómetros están elaboradas para un valor de  $G_s$  de 2.65. Para calcular el porcentaje de partículas de diámetro más fino que el correspondiente a una lectura de hidrómetro dada, utilice las fórmulas siguientes:

- Para hidrómetros 151 H

$$\% \text{ más fino} = \frac{1606(R_{\text{corregida}} - 1)a}{w_o} \times 100$$

$$R_{\text{corregida}} = R - Cd \pm Ct$$

- Para hidrómetros 151 H

$$\% \text{ más fino} = \frac{R_{\text{corregida}} \times \alpha}{W_o} \times 100$$

$$\alpha = \frac{2.6500 - 1.000}{2.6500} \times \frac{G_s}{G_s - 1.000}$$

Donde:

$G_s$  = gravedad específica de los sólidos (norma INV E – 222),

$W_o$  = masa de la muestra de suelo secado al horno que se empleó para el análisis del hidrómetro, y

$a$  = Factor de corrección por gravedad específica (ver Tabla 33).

Se deben anotar en la planilla todos los valores obtenidos. El factor  $Ct$  puede ser positivo o negativo (tabla30), dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar la lectura. Se

debe usar la fórmula  $(R - Cd \pm Ct)$  dependiendo si  $Ct$  es positivo o negativo.

**Tabla 29:** Valores de profundidad efectiva, para Hidrómetros 151H y 152H

Hidrómetro 151 H		Hidrómetro 152 H			
Lectura real del Hidrómetro	Profundidad efectiva, L, mm	Lectura real del Hidrómetro	Profundidad efectiva, L, mm	Lectura real del Hidrómetro	Profundidad efectiva, L, mm
1	163.0	0	163	31	112
1.001	160.0	1	161	32	111
1.002	158.0	2	160	33	109
1.003	155.0	3	158	34	107
1.004	152.0	4	156	35	106
1.005	150.0	5	155		
1.006	147.0	6	153	36	104
1.007	144.0	7	152	37	102
1.008	142.0	8	150	38	101
1.009	139.0	9	148	39	99
1.010	137.0	10	147	40	97
1.011	134.0	11	145	41	96
1.012	131.0	12	143	42	94
1.013	129.0	13	142	43	92
1.014	126.0	14	140	44	91
1.015	123.0	15	138	45	89
1.016	121.0	16	137	46	88
1.017	118.0	17	135	47	86
1.018	115.0	18	133	48	84
1.019	113.0	19	132	49	83
1.020	110.0	20	130	50	81
1.021	107.0	21	129	51	79
1.022	105.0	22	127	52	78
1.023	102.0	23	125	53	76
1.024	100.0	24	124	54	74
1.025	97.0	25	122	55	73
1.026	94.0	26	120	56	71
1.027	92.0	27	119	57	70
1.028	89.0	28	117	58	68
1.029	86.0	29	115	59	66
1.030	84.0	30	114	60	65
1.031	81.0				
1.032	78.0				
1.033	76.0				
1.034	73.0				
1.035	70.0				
1.036	68.0				
1.037	65.0				
1.038	62.0				

Fuente: ftp. unicauca.edu.co (2007)

**Tabla 30:** Valores de Ct para corrección de temperatura de las lecturas del Hidrómetros 151H y 152H

Temp. °C	Ct	
	Hidrómetro graduado en	
	Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) x 10 <sup>3</sup>	Concentración (g/litro)*
10	-1.3	-2.0
11	-1.2	-1.9
12	-1.1	-1.8
13	-1.0	-1.6
14	-0.9	-1.4
15	-0.8	-1.2
16	-0.6	-1.0
17	-0.5	-0.8
18	-0.3	-0.5
19	-0.2	-0.3
20	0.0	0.0
21	0.2	0.3
22	0.4	0.6
23	0.6	0.9
24	0.8	1.3
25	1.0	1.7
26	1.3	2.0
27	1.5	2.4
28	1.8	2.9
29	2.0	3.3
30	2.3	3.7

Para Hidrómetros tipo 152-H busque Ct en la columna de la derecha (g/litro).

Para Hidrómetros tipo 151-H busque Ct en la columna de la izquierda (g/cm<sup>3</sup>) x 10<sup>3</sup>.

Los valores tabulados fueron calculados por la expresión:

$$Ct = [\gamma_{w20} - \gamma_{wt} - \alpha(T - 20)] \times 10^3 \text{ g / cm}^3$$

$$Ct = [\gamma_{w20} - \gamma_{wt} - \alpha(T - 20)] \times \frac{2.65}{1.65} \times 10^3 \text{ g / L}$$

T = temperatura de la suspensión en °C

$\gamma_{w20}$  = densidad del agua a 20°C

$\gamma_{wt}$  = densidad del agua a t°C

$\alpha$  = coeficiente de dilatación volumétrica del hidrómetro ( $\alpha = 2.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ )

Fuente: ftp. unicauca.edu.co (2007)

**Tabla 31:** Valores de k para el cálculo del diámetro de las partículas

Para:  $\eta$  en (Pas);  $\gamma_w$  en (g/cm<sup>3</sup>); L en (mm); T en (min.)

Temperatura °C	Gs								
	2.45	2.5	2.55	2.6	2.65	2.7	2.75	2.8	2.85
16	0.0049	0.0048	0.0047	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043
17	0.0048	0.0047	0.0046	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042
18	0.0047	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042
19	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041
20	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041
21	0.0046	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040
22	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040
23	0.0045	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039
24	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039
25	0.0044	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039
26	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038
27	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038
28	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037
29	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0037	0.0037
30	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037	0.0037

Fuente: ftp. unicauca.edu.co (2007)

**Tabla 32:** Valores de k para el cálculo del diámetro de las partículas

Para:  $\eta$  en (g/cm.s);  $\gamma_w$  en (g/cm<sup>3</sup>); L en (cm); T en (min.)

Temperatura °C	Gravedad específica de las partículas de suelo								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.01510	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01356
17	0.01501	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.01323	0.01305
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01225	0.01208	0.01191	0.01175
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01165	0.01149

Fuente: ftp .unicauca.edu.co (2007)

**Tabla 33:** Valores de "α" para diferentes valores de Gs

Gravedad Especifica Gs	Constante α
2.95	0.94
2.85	0.96
2.75	0.98
2.65	1
2.55	1.02
2.45	1.05
2.35	1.08

Fuente: ftp .unicauca.edu.co (2007)

### 3.3.6.8 Observaciones

Los siguientes errores posibles causan determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por hidrómetro.

1. Suelo secado al horno antes del ensayo – Excepto para el caso de suelos inorgánicos de resistencia seca baja, el secado al horno puede causar cambios permanentes en el tamaño de las partículas.
2. Agente dispersante no satisfactorio o en cantidad insuficiente – Siempre y cuando se vayan a ensayar suelos nuevos o no usuales, es necesario realizar tanteos para determinar el tipo y la cantidad de compuesto químico que producirá la dispersión y defloculación más efectivas.
  - Dispersión incompleta del suelo en la suspensión.- Agitación insuficiente de la suspensión en el cilindro al comienzo del ensayo.

- Demasiado suelo en suspensión.- Los resultados del análisis hidrométrico serán afectados si el tamaño de la muestra excede las cantidades recomendadas.
- Perturbación de la suspensión cuando se introduce o se remueve el hidrómetro.  
Tal perturbación es muy corriente que ocurra cuando el hidrómetro se extrae rápido después de una lectura.
- El hidrómetro no está suficientemente limpio. La presencia de polvo o grasa en el vástago del hidrómetro puede impedir el desarrollo de un menisco uniforme.
- Calentamiento no uniforme de la suspensión. Variación excesiva de la temperatura de la suspensión durante el ensayo.
- Pérdida de material después del ensayo. Si la masa del suelo secado al horno se obtiene después del ensayo, toda la suspensión debe ser lavada cuidadosamente del cilindro.

## CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Análisis e Interpretación de los resultados.

Debido a los antecedentes de la zona, se puede concluir que el suelo de la región San Martín es un suelo de tipo arcilloso y limoso. En las curvas granulométricas obtenidas en los antecedentes nos damos cuenta que la fracción fina sobrepasa el 50% en mayoría de los casos. Debido a esta característica encontramos justificación para realizar los ensayos de granulometría por sedimentación para hallar las dimensiones de las partículas de suelo que pasan la malla N° 200 (0.074 mm).

Una vez que obtenemos las dimensiones de las partículas que pasan la malla N° 200 podemos reconocer el porcentaje de arcillas las cuales corresponde a las partículas cuyo diámetro es menor a 0.002 mm.

Al conocer el porcentaje de arcillas y además el índice de plasticidad, el cual hallamos con los ensayos de límites de consistencia, podemos determinar el valor llamado ACTIVIDAD DE LAS ARCILLAS. (Ver tabla 34).

Según el valor obtenido en la Actividad de las Arcillas podemos clasificarlas en Caoliníticas, Ilíticas y Montmoriloníticas, las cuales hace referencia a su composición química.

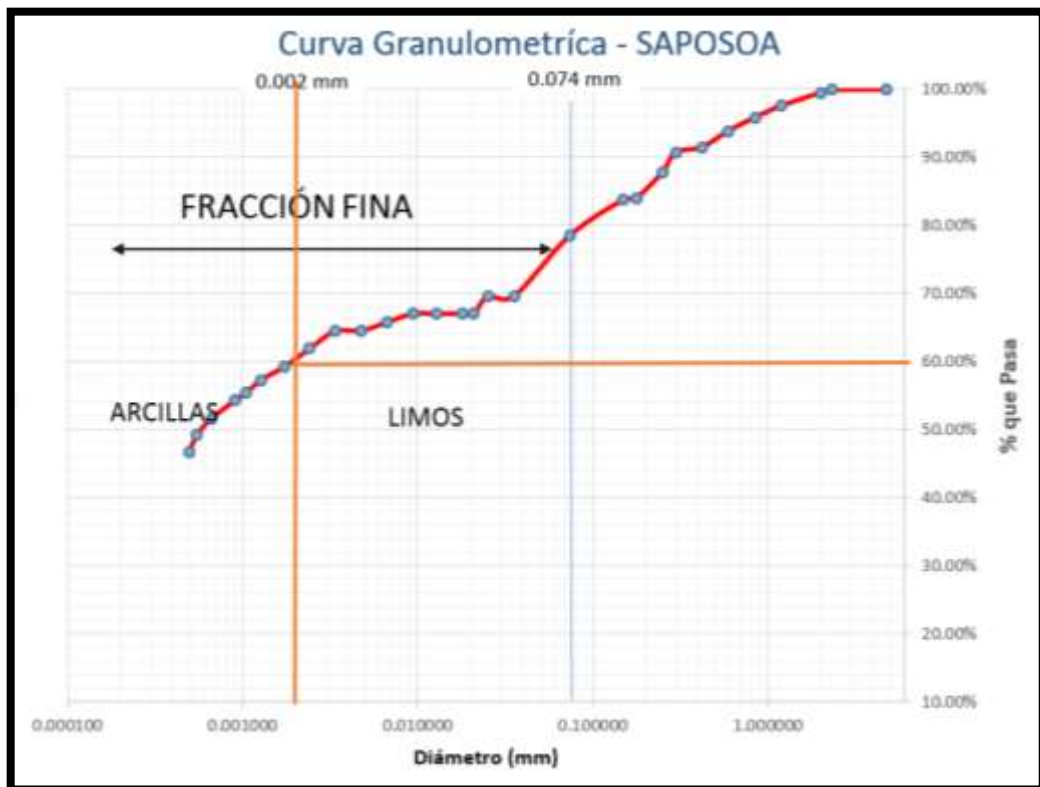
**Tabla 34:** Mineral predominante en la arcilla

Clasificación	A	Mineral predominante
Baja	$A \leq 0.75$	Caolinítico
Mediana	$0.75 < A \leq 1.25$	Ilítico
Alta	$A > 1.25$	Montmorilonítico

**Fuente:** Mitchel, J. (1993)

## 4.2 Resultados de la Investigación.

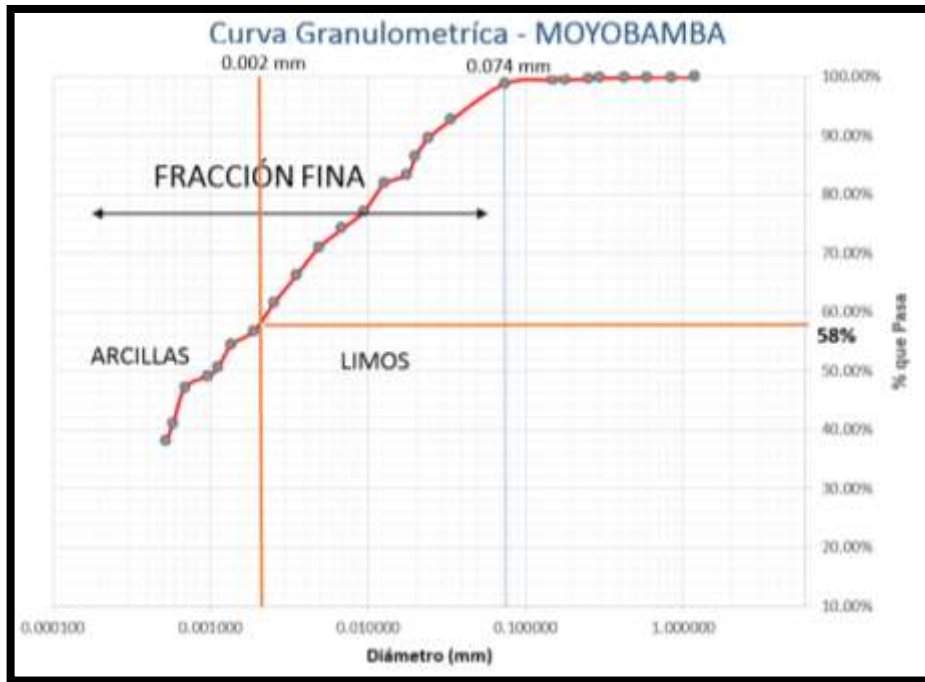
Luego de realizar los ensayos correspondientes en el laboratorio de suelos, se encontró el porcentaje de arcillas para cada una de las 3 muestras tipo, que se trabajó de la región San Martín. Se encuentra en los gráficos 10, 11 y 13. ( mayor detalle anexos 7, 8, 9).



**Gráfico 10:** Curva Granulométrica Completa - SAPOSOA.

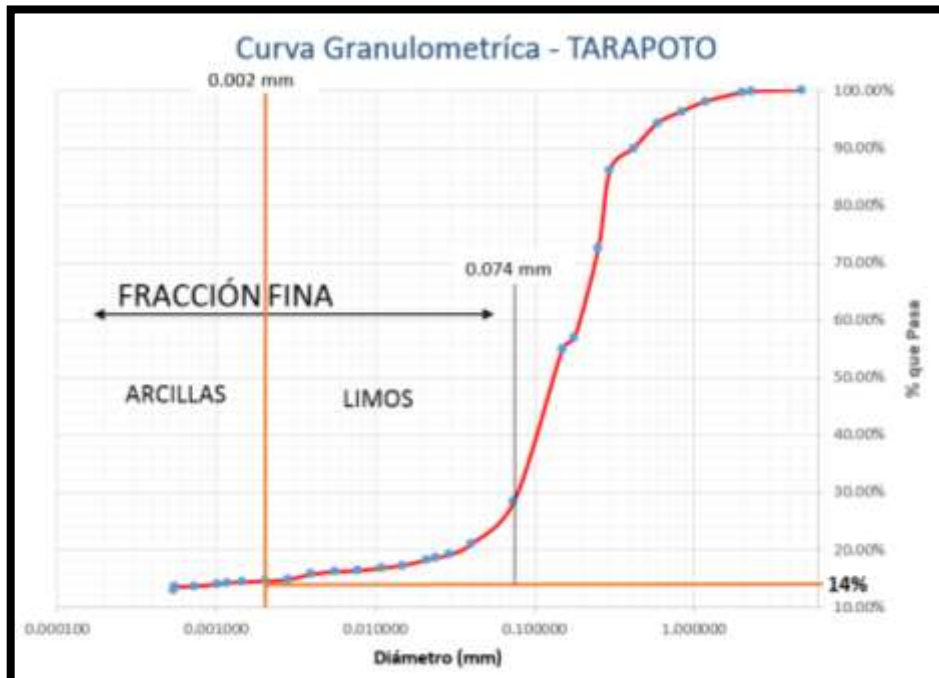
**Fuente:** Elaboración Propia





**Gráfico 11:** Curva Granulométrica Completa - MOYOBAMBA.

**Fuente:** Elaboración Propia



**Gráfico 12:** Curva Granulométrica Completa - TARAPOTO.

**Fuente:** Elaboración Propia

Saposa: 60%, Moyobamba 58%, Tarapoto 14%

Considerando los resultados del porcentaje de arcillas y los índices de plasticidad podemos determinar el tipo de arcilla para cada muestra.

Saposa: C% = 60%, IIP = 33.86%; por lo tanto A = 0.56.

Saposa es de tipo Caolinítico

Moyobamba: C% = 58%; IP = 33.70%; por lo tanto A = 0.58

Moyobamba es de tipo Caolinítico

Tarapoto: C% = 14%, IP = 4.95% por lo tanto A = 0.35

Tarapoto es de tipo Caolinítico.

A continuación presentamos la tabla 35 es el resumen de los resultados de las tres muestras representativas de la región San Martín.

**Tabla 35:** Resultado de las muestras de la región San Martín

<b>CUADRO DE RESULTADOS - REGIÓN SAN MARTÍN</b>			
	<b>MUESTRA SAPOSA</b>	<b>MUESTRA MOYOBAMBA</b>	<b>MUESTRA TARAPOTO</b>
<b>Clasificación SUCS</b>	MH	CH	SC –SM
<b>Clasificación AASHTO</b>	A-7 - 5	A-7 - 6	A-2 -6
<b>Limite Liquido</b>	76.4 %	61 %	25.20 %
<b>Limite Plástico</b>	42.54 %	27.30 %	20.25 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	33.86 %	33.70 %	4.95 %
<b>Porcentaje de Arcillas</b>	60 %	58 %	14 %
<b>Actividad de las Arcillas</b>	0.56	0.58	0.35
<b>Mineral Predominante</b>	CAOLINÍTICO	CAOLINÍTICO	CAOLINÍTICO
<b>Potencial de Cambio de Volumen</b>	<b>BAJO</b>	<b>BAJO</b>	<b>BAJO</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 Contrastación de la hipótesis

Según la hipótesis principal existen diferencias significativas en los porcentajes de arcillas, en las distintas zonas de la región San Martín. Para las zonas en estudio esta hipótesis se ve rechazada debido a que la diferencia en los porcentajes de arcillas no representa mayor variación en cuanto a las características o comportamientos que estas tienen. Las tres muestras representativas (Saposa, Moyobamba y Tarapoto) contienen arcillas de tipo Caoliníticas.

De acuerdo a la primera hipótesis secundaria, se realizaron los ensayos de sedimentación para conocer el porcentaje de arcillas dentro de la fracción fina de cada muestra. Esta hipótesis es aceptada debido a que por las características de estos suelos (gran porcentaje perteneciente a la fracción fina), es necesaria la realización de este ensayo.

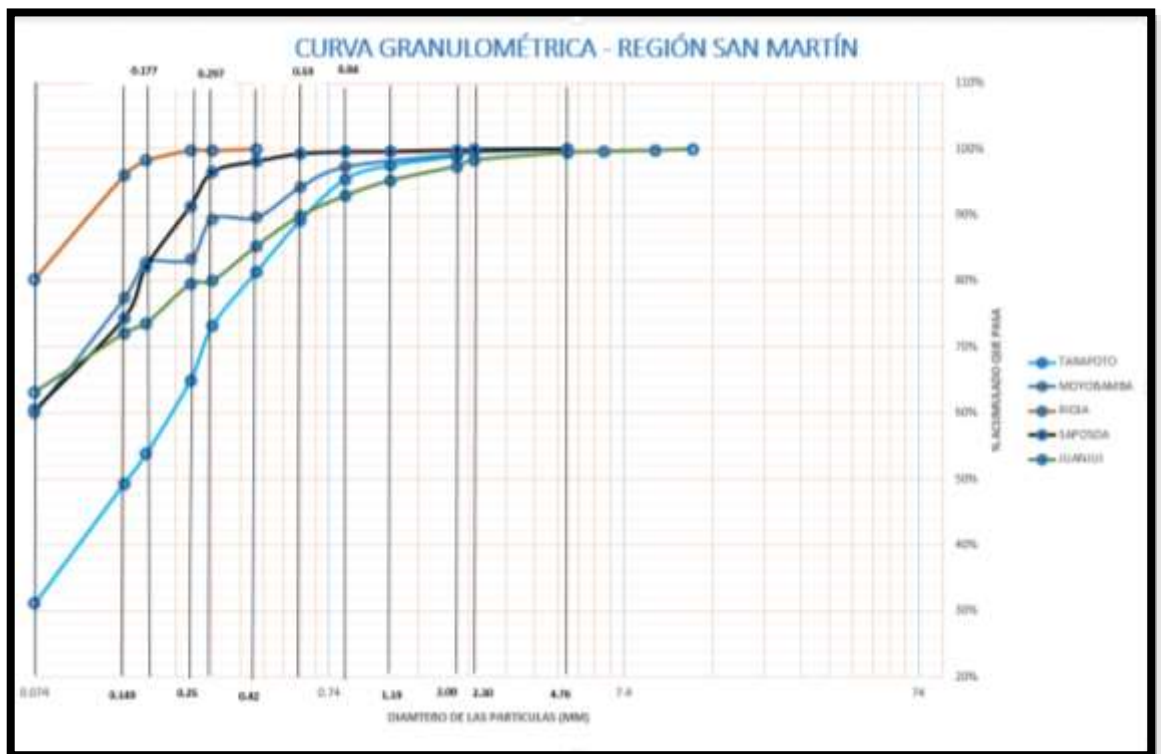
De acuerdo a la segunda hipótesis secundaria, el porcentaje de arcillas afecta al comportamiento de los suelos finos. Esta hipótesis es aceptada debido a que el potencial de cambio de volumen de las arcillas depende directamente del índice de plasticidad (hallado mediante el ensayo de límites de consistencia, comúnmente realizado) y del porcentaje de arcillas, el cual se halla mediante el ensayo de sedimentación.

De acuerdo a la tercera hipótesis, podemos reconocer el tipo de arcilla sabiendo el porcentaje que representa en la muestra. Esta hipótesis es aceptada debido a que las arcillas pueden ser de tres tipos dependiendo de su composición química, y el comportamiento de estas se ve reflejado en la relación que existe entre su índice de plasticidad y el porcentaje de arcillas que contiene la muestra.

#### 4.4 Discusión

Evaluando los antecedentes presentados, podemos observar la tipología del suelo de la región San Martín, siendo estas en su mayoría arcillas, por lo cual el fin de esta tesis es encontrar el porcentaje de arcillas, para esto se tomaron 3 muestras representativas de las localidades de Saposoa, Moyobamba y Tarapoto.

Con el fin de hacer referencia al tipo de suelo encontrado en la región San Martín, presentamos un cuadro comparativo de la granulometría de 5 muestras típicas de esta región (Gráfico 13), las cuales hacen referencia a la geología de la región y justifica el usar el método de análisis granulométrico por sedimentación, para tener un análisis completo de su granulometría total. (Referencia anexos 2, 3, 4, 5, 6)



**Gráfico 13:** Curva Granulométrica 5 muestras típicas de los antecedentes.

**Fuente:** Elaboración Propia

Se realizó el ensayo para determinar la humedad de la muestra, las distintas humedades para cada zona, Saposoa 41.30%, Moyobamba 30.60% y Tarapoto 11.32%. Las dos primeras mantiene el mayor porcentaje de humedad y la tercera la cual tiene doble clasificación (SC –SM) es la que nos arroja una menor humedad.

Para poder realizar el ensayo de sedimentación necesitamos saber el valor del peso específico relativo de los sólidos (Gs) el cual lo realizamos con el método de la fiola dándonos como resultados: Saposoa 2.73; Moyobamba 2.67; Tarapoto 2.79. Los valores de Gs nos permiten hallar el valor de “a” que es el factor de corrección por gravedad específica.

Conjuntamente con el porcentaje de arcillas necesitamos conocer el valor del índice de plasticidad, para esto se realizó los ensayos de límites de consistencia donde, podemos identificar que la plasticidad de las muestras extraídas de Saposoa y Moyobamba son parecidas y las de Tarapoto al ser un suelo granular es más baja.

## CONCLUSIONES

1. El objetivo principal de esta tesis, es reconocer el porcentaje de arcillas de distintas zonas de la región San Martín. Según los ensayos realizados de granulometría por sedimentación se concluye que los porcentajes de arcillas de cada una de las muestras son:
  - a. Saposoa 60%; Moyobamba 58%; Tarapoto 14%.
2. Uno de los objetivos específicos es hallar los porcentajes de arcilla mediante el método de análisis granulométrico por sedimentación, lo cual fue necesario debido a que las muestras contenían en gran proporción suelo perteneciente a la fracción fina.
3. EL segundo objetivo específico especifica determinar cómo afecta el porcentaje de arcilla al comportamiento del suelo. Conociendo el porcentaje de arcillas y los valores de los índices de plasticidad podemos decir que cada una de nuestras muestras tiene los siguientes valores para la actividad de las arcillas: Saposoa 0.56; Moyobamba 0.58; Tarapoto 0.35. Estos resultados nos indican que las tres muestras poseen un bajo potencial de volumen considerándolas No expansivas.
4. EL tercer objetivo específico es determinar el tipo de arcillas de cada una de las muestras, por lo tanto concluimos que las tres muestras contienen arcillas de tipo Caoliníticas lo que nos da un bajo nivel de potencial de cambio de volumen, no presentando mayor dificultad que la que se tiene que tener prevista para las arcillas al momento del diseño y construcción de alguna edificación.
5. Para el diseño de cimentaciones debemos considerar la expansión de las arcillas y estas arcillas no son expansivas lo cual es favorable para este fin.

## RECOMENDACIONES

1. Si bien los antecedentes nos muestran que el suelo de la región San Martín está compuesto en su mayoría por la fracción fina (limos y arcillas), no es común el realizar ensayos de sedimentación debido a su tedioso proceso. Sin embargo es de suma importancia ya que de esta manera podemos predecir algunos comportamientos y tener una mejor base para el diseño y la construcción.
2. En el presente estudio se da como resultado que el suelo perteneciente a las 3 muestras trabajadas, es de bajo potencial de cambio de volumen, por lo cual no ha de ser necesario el sobredimensionamiento o tomar medidas mayores de las necesarias a las que se utilizan al trabajar con arcillas.
3. Cabe resaltar que no todos los suelos se comportan de la misma manera o están compuestos de similar forma por esta razón es importante realizar este tipo de estudio para otras zonas donde se desee construir o para tener un registro de la tipología de suelo de toda la zona.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Referencias bibliográficas:

- Badillo, J. & Rodríguez, R. (2011). Fundamento de la Mecánica de Suelos. Vol. I. México: Limusa.
- Beltrán, R. (2009). Tesis Magister: Diseño Geotécnico y estructural de una cimentación en arcilla expansiva. Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento: Ingeniería civil.
- Berry, P. & Raid, D. (1993) Mecánica de Suelos. Santafé Bogotá. McGraw Hill.
- Bowles, J. (1981). Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. McGraw Hill
- Braja, M. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Limusa.
- Castro, W. (2005). Geología de la Región San Martín: Zonificación Ecológica - Económica. INGEMET Perú. pp.7, 10, 12 y 13.
- Crespo, C. (2004). Mecánica de Suelos y cimentaciones. México: Limusa.
- Cruz, L. (2005). Geotecnología. Universidad del Cauca. Colombia pp.10 - 18 y pp. 34 - 40.
- Fratelil, M. (1993). Suelos, Fundaciones y Muros.
- GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. (2011). Evaluación Geotécnica y Análisis de Estabilidad del Sector Inestable tramo Chapaja – Chazuta - Juanjui. San Martín. Perú.
- GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. (2010). Estudio Geotécnico con fines de Cimentación para la Ampliación del Hospital de Moyobamba. San Martín. Perú
- GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. (2012). Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado. Rioja. San Martín. Perú.
- GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. (2010). Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado – Reservorio de 1000 m<sup>3</sup> Cordillera de Juningullo. Moyobamba. San Martín. Perú.
- GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. (2010). Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado – Pase Aéreo



Cimentación de Caisson Margen Izquierda Río Mayo. Moyobamba. San Martín. Perú.

GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. (2010). Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado – Pase Aéreo Cimentación de Caisson Margen Izquierda Río Mayo. Moyobamba. San Martín. Perú.

GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. (2010). Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado – Línea de Conducción. Moyobamba. San Martín. Perú.

GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. (2008). Estudio Geotécnico con Fines de Verificación de la Infraestructura del Puente Paujilzapa. Tramo Tarapoto - Juanjui. San Martín. Perú.

Hernández, M. (2012). Estudio Geotécnico con fines de Cimentación para la Construcción del Nuevo Puente Vehicular El Sauce sobre el Río Huallaga. Tarapoto. San Martín. Perú.

Hernández, M. (2012). Estudio Geotécnico para la Cimentación de la Clínica La Luz. Tarapoto. San Martín. Perú.

Hernández, M. (2012). Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado. Saposoa. San Martín. Perú.

Hernández, M. (2012). Estudio Geotécnico para el Mejoramiento de los Servicios de Formación Universitaria de la Facultad de Agroindustrias de la Universidad San Martín. Juanjui. San Martín. Perú.

Hough, B (1951). Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones. México: Limusa.

Lambe, W. (1973), Mecánica de Suelos y Geotecnia. México: Limusa.

Mitchel, J. (1993). Fundamentos de la Mecánica de Suelos. México: Limusa.

Skempton, W. (1953). Mecánica de Suelos II. México: Limusa.

Sowers, G. (1972). Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones. México: Limusa.

Taylor, D. (1981). Principios Fundamentales de Mecánica de Suelos. México: Continental.

Terzahi, K. & Peck, R. (1963), Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica. México. El Ateno.

Whitlow, R. (1994) Fundamentos de Mecánica de Suelos. México: Continental

## Referencias Electrónicas:

BCRP. Caracterización del Departamento de San Martín. [Sede web]. Perú: bcrp.pe; 2012- [actualizada el 2 de setiembre 2015; acceso 13 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www.bcrp.gob.pe>.

MINCETUR. Región San Martín. [Sede web]. Perú: mincetur.gob.pe; 2010– [actualizada el 3 de setiembre 2015; acceso 13 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www.mincetur.gob.pe>

Instituto Geográfico Nacional. Departamento de San Martín -Mapa División Política Administrativa [sede web]. Perú: I.G.N.; 2015 [actualizada el 16 de setiembre 2015] Disponible en: <http://www.ign.gob.pe>

Instituto Geográfico Nacional. Departamento de San Martín -Mapa Físico Político Detallado [sede web]. Perú: I.G.N.; 2015 [actualizada el 16 de setiembre 2015] Disponible en: <http://www.ign.gob.pe>

Instituto Minero Geológico y Metalúrgico. Mapa Litológico de la Región San Martín [sede web]. Perú: INGEMET; 2015[actualizada el 20 de setiembre 2015]. Disponible en: <http://www.ingemmet.gob.pe>

Instituto Nacional de Vías. Análisis Granulométrico por Medio del Hidrómetro [sede web]. Colombia: Universidad del Cauca; 2007 [actualizada el 16 de agosto 2015} disponible en <ftp://ftp.unicauca.edu.co/.../FIC/.../Norma%20INV%20E-124-07.pdf>

Ingeniero civil. Consistencia, Límites de Attrberg: Límite líquido, plástico, de retracción.[sede web]. Perú:2011.Disponible:<http://uningenierocivil.blogspot.pe/>

## ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Definición Conceptual	Indicador	Escala de Medición	Diseño
PRINCIPAL	¿Cuánto porcentaje de arcilla encontramos en los suelos finos en las distintas zonas de la región San Martín?	Existen diferencias significativas entre los porcentajes de arcillas, en las distintas zonas de la selva.	Los distintos porcentajes de arcillas en los suelos finos	Los suelos finos están compuestos por arcillas y limos, necesitamos reconocer el porcentaje de arcillas de cada muestra	Curva Granulométrica	0 -100%	Alcance : Descriptivo Transversal  Tipo de Diseño: Cuantitativo no experimental
	¿Con que metodo se determinara los porcentajes de arcillas de los suelos fino?	Hallar los porcentajes de arcillas mediante un análisis granulométrico por sedimentación.	Porcentaje de Arcilla	Resultado del ensayo de granulometría por sedimentación	Curva Granulométrica	0 -100 %	Características de diseño: Investigación Aplicada
SECUNDARIAS	¿Cómo afectan los porcentajes de arcillas al comportamiento de los suelos fino ?	Los porcentajes de arcillas se hallaran mediante el ensayo de sedimentación.	Ensayo de sedimentación	Ensayo para determinar la granulometría de un suelo perteneciente a la fracción fina	Existencia de Ensayo	Si o No	Población: Reerón San Martín  Muestras: Saposa, Moyobamba, Tarapoto.
			Porcentajes de Arcillas	Resultado del ensayo de granulometría por sedimentación	Curva Granulométrica	0 -100 %	Tipo de Muestreo: o probabilístico
	¿Se puede determinar el tipo de arcilla conociendo el porcentaje en que se presenta?	Conociendo el porcentaje de arcillas podemos reconocer a que tipo pertenecen.	Porcentaje de Arcilla	Resultado del ensayo de granulometría por sedimentación	Curva Granulométrica	0 -100 %	Tamaño de Muestra: tres calicatas representativas.
			Tipo de arcillas	Conociendo el porcentaje de arcillas que se encuentra en los suelos finos de la región San Martín.	Potencial de Cambio de Volumen	Bajo Medio Alto	Técnicas e instrumentos para levantamiento de Información: Ensayos de laboratorio.

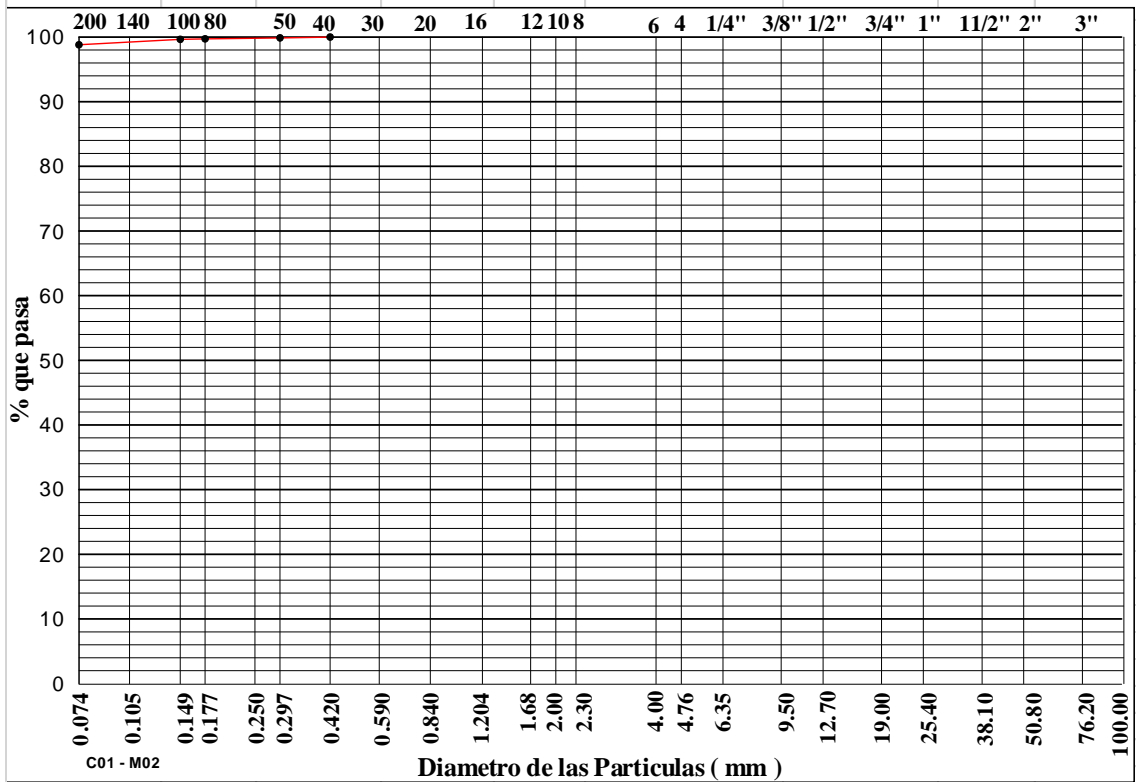
## **ANEXO 2 - ANTECEDENTES DE LA LOCALIDAD DE RIOJA**

# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"							
3"							
2"						L.L. =	54.41%
1 1/2"						L.P. =	24.45%
1"						I.P. =	29.96%
3/4"						CLASIFICACIÓN S.U.C.S. =	CH
1/2"						CLASIFICACIÓN AASHTO =	A - 7
3/8"						I.G. =	20
1/4"						Cu =	6
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00		Cc =	1.5
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 40	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 50	0.80	0.13	0.13	99.87			
Nro. 60	0.00	0.00	0.13	99.87			
Nro. 80	0.90	0.15	0.28	99.72			
Nro. 100	0.50	0.08	0.36	99.64			
Nro. 200	5.20	0.84	1.20	98.80			
PASA Nro. 200	610.30	98.80	100.00				
<b>OBSERVACIONES :</b>							
MATERIAL (gr)						<b>617.70</b>	
AGREG. GRUESO (gr)						0	0.00%
AGREG. FINO (gr)						617.70	100.00%
Fracción Humeda (gr)						786.58	
Humedad (%)						27.34%	
Fracción Seca (gr)						617.70	

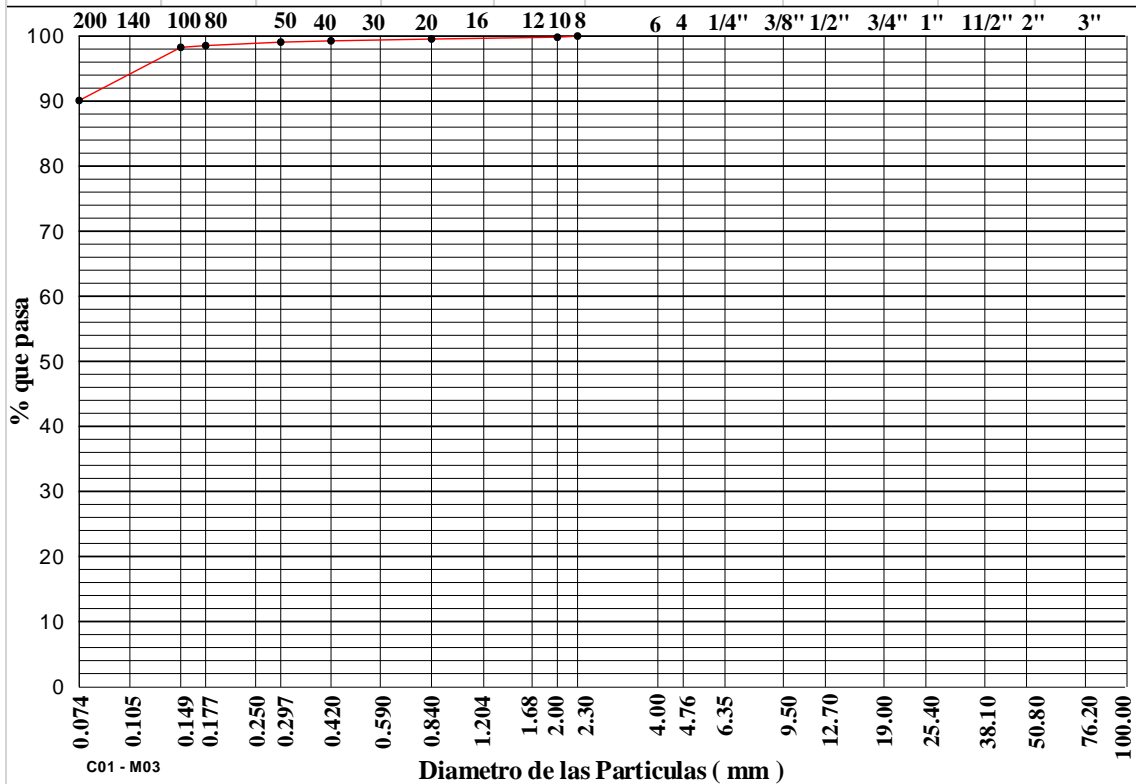


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 46.04% L.P. = 24.12% I.P. = 21.92% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 7 I.G. = 20 Cu = 6 Cc = 1.5
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 10	130	0.18	0.18	99.82	<b>OBSERVACIONES :</b>  MATERIAL (gr) <b>719.60</b> AGREG. GRUESO (gr) 0 0.00% AGREG. FINO (gr) 720 100.00%  Fracción Humeda (gr) 880.68 Humedad (%) 22.39% Fracción Seca (gr) <b>719.60</b>	
Nro. 16	0.00	0.00	0.18	99.82		
Nro. 20	2.00	0.28	0.46	99.54		
Nro. 30	0.00	0.00	0.46	99.54		
Nro. 40	2.00	0.28	0.74	99.26		
Nro. 50	140	0.19	0.93	99.07		
Nro. 60	0.00	0.00	0.93	99.07		
Nro. 80	3.90	0.54	1.47	98.53		
Nro. 100	190	0.26	1.74	98.26		
Nro. 200	58.80	8.17	9.91	90.09		
PASA Nro. 200	648.30	90.09	100.00			

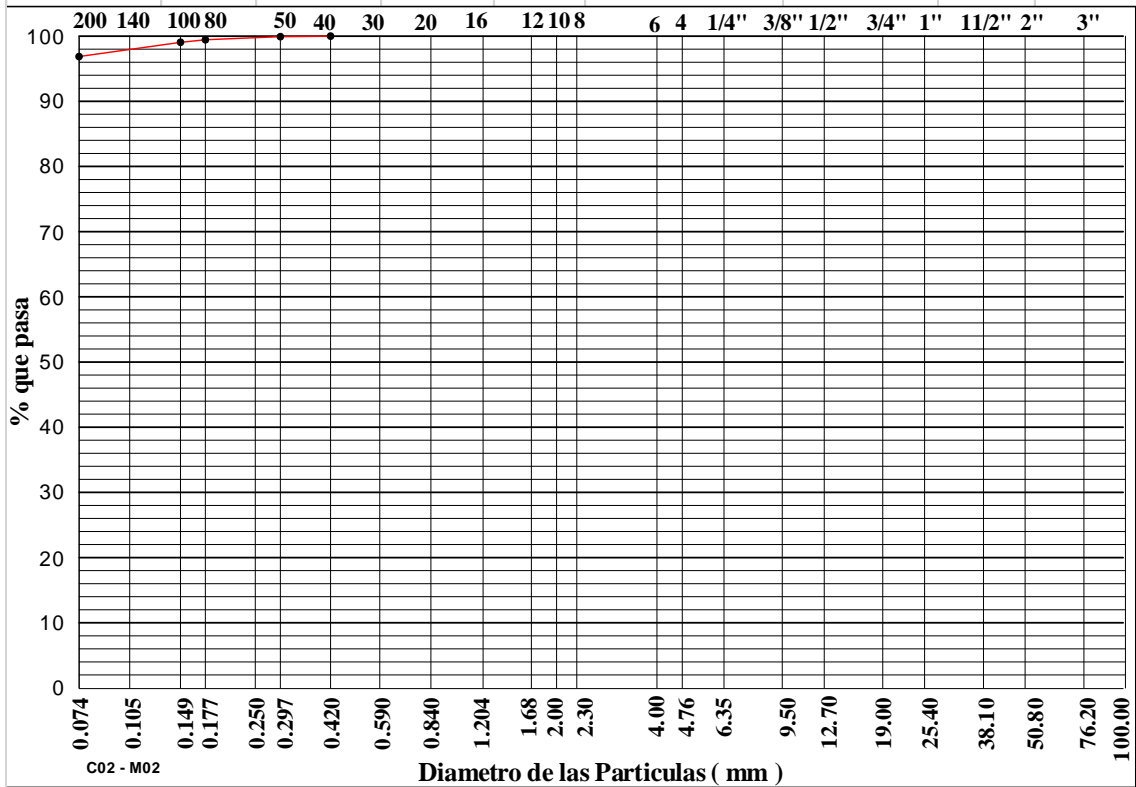


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"							
3"							
2"						L.L. =	64.28%
1 1/2"						L.P. =	30.58%
1"						I.P. =	33.70%
3/4"						CLASIFICACIÓN S.U.C.S. =	CH
1/2"						CLASIFICACIÓN AASHTO =	A - 7
3/8"						I.G. =	20
1/4"						Cu =	6
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00		Cc =	1.5
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 40	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 50	0.60	0.09	0.09	99.91			
Nro. 60	0.00	0.00	0.09	99.91			
Nro. 80	3.30	0.47	0.55	99.45			
Nro. 100	2.80	0.40	0.95	99.05			
Nro. 200	6.40	2.13	3.13	96.87			
PASA Nro. 200	683.10	96.87	100.00				
						<b>OBSERVACIONES :</b>	
						MATERIAL (gr)	<b>705.20</b>
						AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
						AGREG. FINO (gr)	705      100.00%
						Fracción Humeda (gr)	99125
						Humedad (%)	40.56%
						Fracción Seca (gr)	<b>705.20</b>



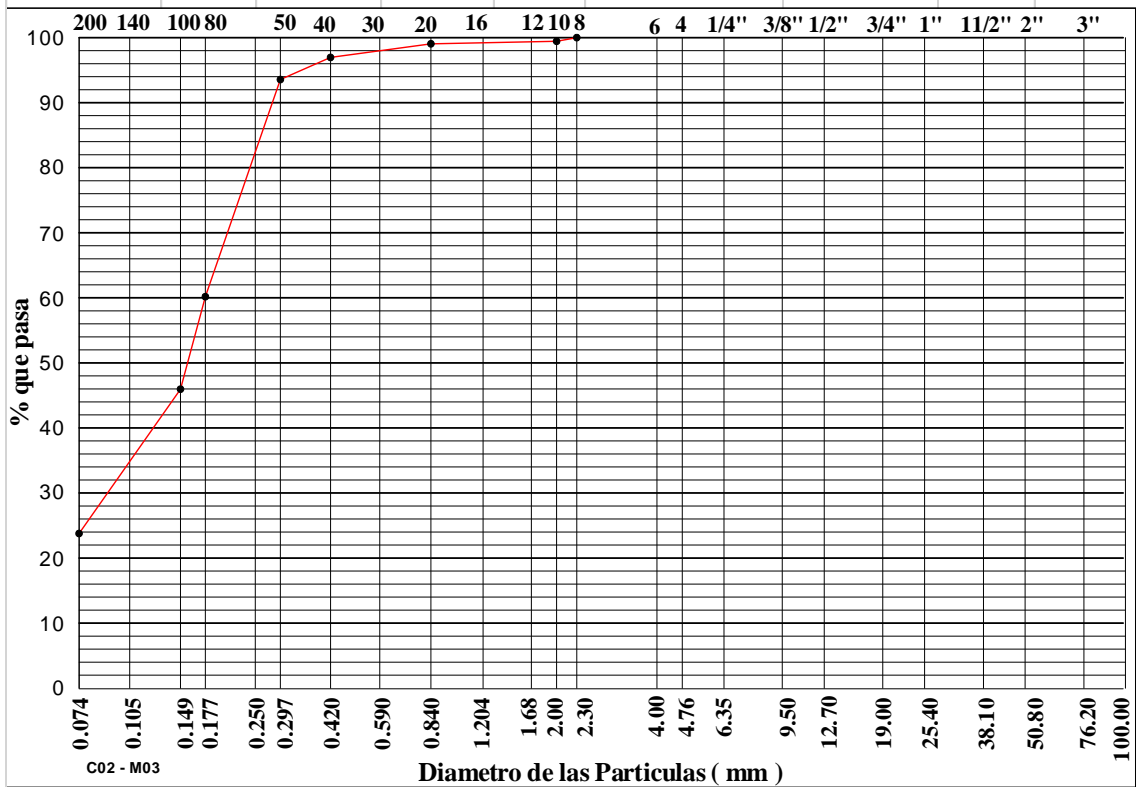


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 15.66% L.P. = NP I.P. = 0.00% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = SM CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 2 - 4 I.G. = 0 Cu = 6 Cc = 1.5
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 10	4.00	0.56	0.56	99.44	<b>OBSERVACIONES :</b>	
Nro. 16	0.00	0.00	0.56	99.44		
Nro. 20	2.80	0.39	0.95	99.05		
Nro. 30	0.00	0.00	0.95	99.05		
Nro. 40	15.00	2.10	3.05	96.95		
Nro. 50	24.30	3.40	6.44	93.56		
Nro. 60	0.00	0.00	6.44	93.56		
Nro. 80	238.90	33.38	39.83	60.17		
Nro. 100	101.70	14.21	54.04	45.96		
Nro. 200	158.80	22.19	76.23	23.77		
PASA Nro. 200	170.10	23.77	100.00			
					MATERIAL (gr)	<b>715.60</b>
					AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
					AGREG. FINO (gr)	715      100.00%
					Fración Humeda (gr)	890.61
					Humedad (%)	24.46%
					Fración Seca (gr)	<b>715.60</b>

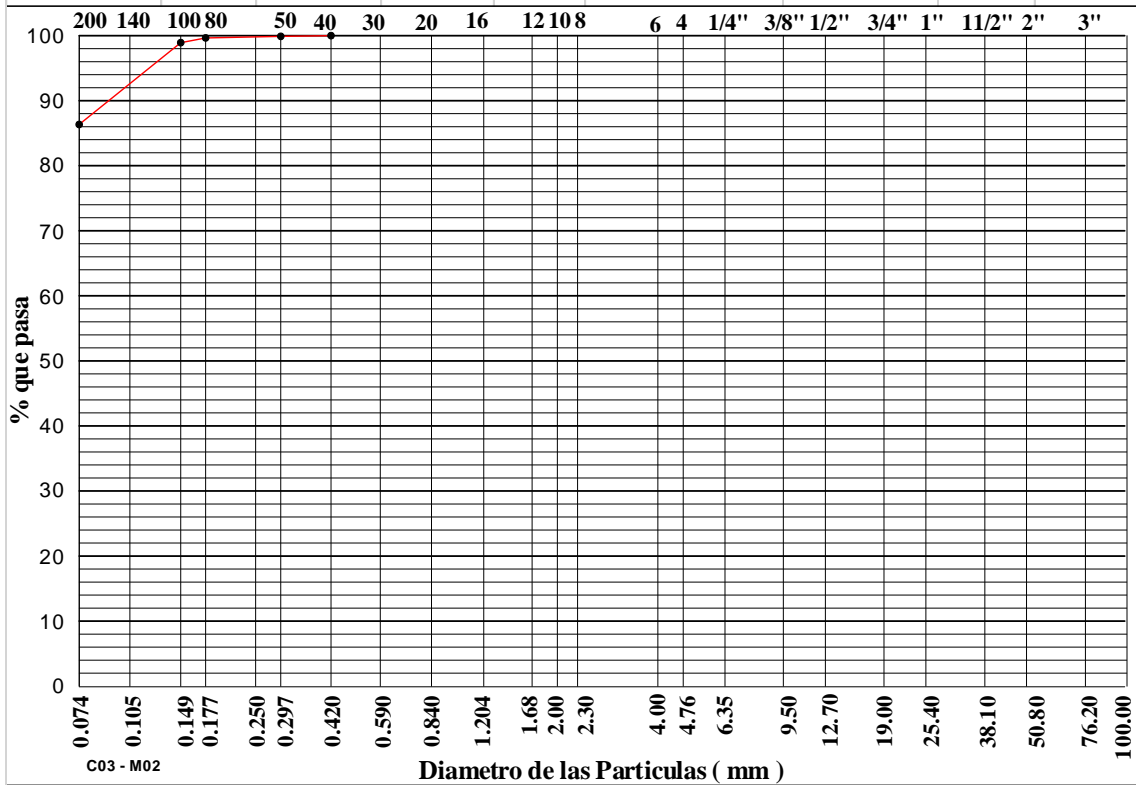


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA			
4"					<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 44.52% L.P. = 23.37% I.P. = 21.15% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 7 I.G. = 20 Cu = 6.00 Cc = 1.50		
3"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"							
1/4"							
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 40	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 50	0.70	0.11	0.11	99.89			
Nro. 60	0.00	0.00	0.11	99.89			
Nro. 80	150	0.24	0.35	99.65			
Nro. 100	4.60	0.73	1.08	98.92			
Nro. 200	79.40	12.58	13.66	86.34			
PASA Nro. 200	544.80	86.34	100.00				

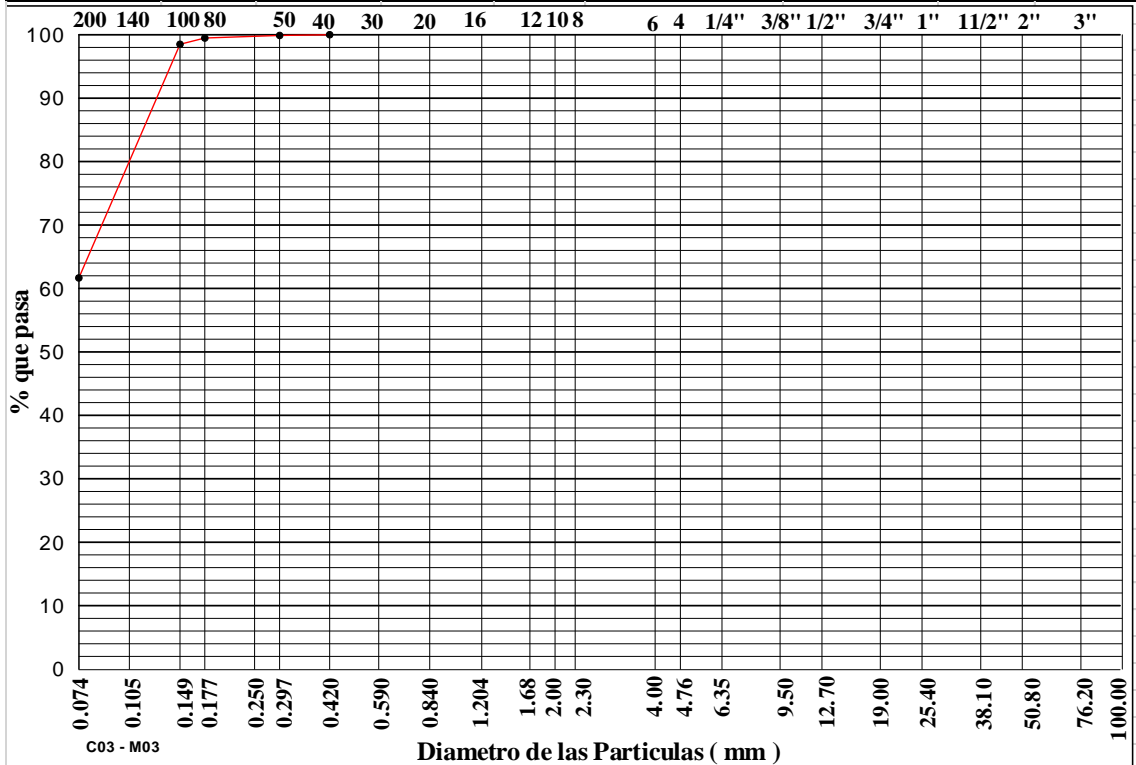


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

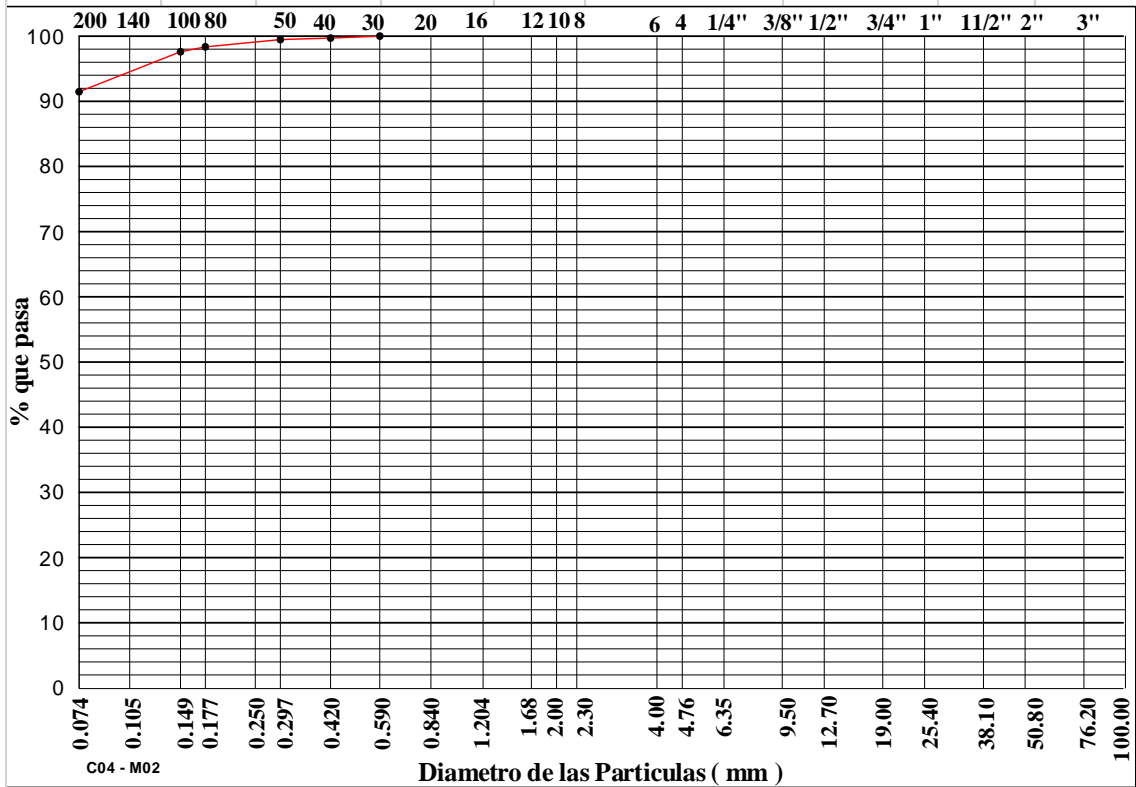
TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 23.69% L.P. = 18.28% I.P. = 5.41% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL - ML CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 4 I.G. = 5 Cu = 6 Cc = 1.7
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>OBSERVACIONES :</b>	
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 40	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 50	0.80	0.12	0.12	99.88		
Nro. 60	0.00	0.00	0.12	99.88		
Nro. 80	2.80	0.41	0.53	99.47		
Nro. 100	6.70	0.98	1.51	98.49		
Nro. 200	252.00	36.84	38.34	61.66		
PASA Nro. 200	421.80	61.66	100.00			
					MATERIAL (gr)	<b>684.10</b>
					AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
					AGREG. FINO (gr)	684      100.00%
					Fración Humeda (gr)	900.74
					Humedad (%)	31.67%
					Fración Seca (gr)	<b>684.10</b>



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 45.62% L.P. = 27.30% I.P. = 18.32% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>ML</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A - 7</b> I.G. = 20 Cu = 6 Cc = 1.5
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>OBSERVACIONES :</b>	
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00	MATERIAL (gr)	<b>685.50</b>
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00	AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
Nro. 40	2.10	0.31	0.31	99.69	AGREG. FINO (gr)	686      100.00%
Nro. 50	160	0.23	0.54	99.46		
Nro. 60	0.00	0.00	0.54	99.46		
Nro. 80	7.60	1.11	1.65	98.35	Fracción Humeda (gr)	825.40
Nro. 100	5.20	0.76	2.41	97.59	Humedad (%)	20.41%
Nro. 200	42.00	6.13	8.53	91.47	Fracción Seca (gr)	<b>685.50</b>
PASA Nro. 200	627.00	91.47	100.00			

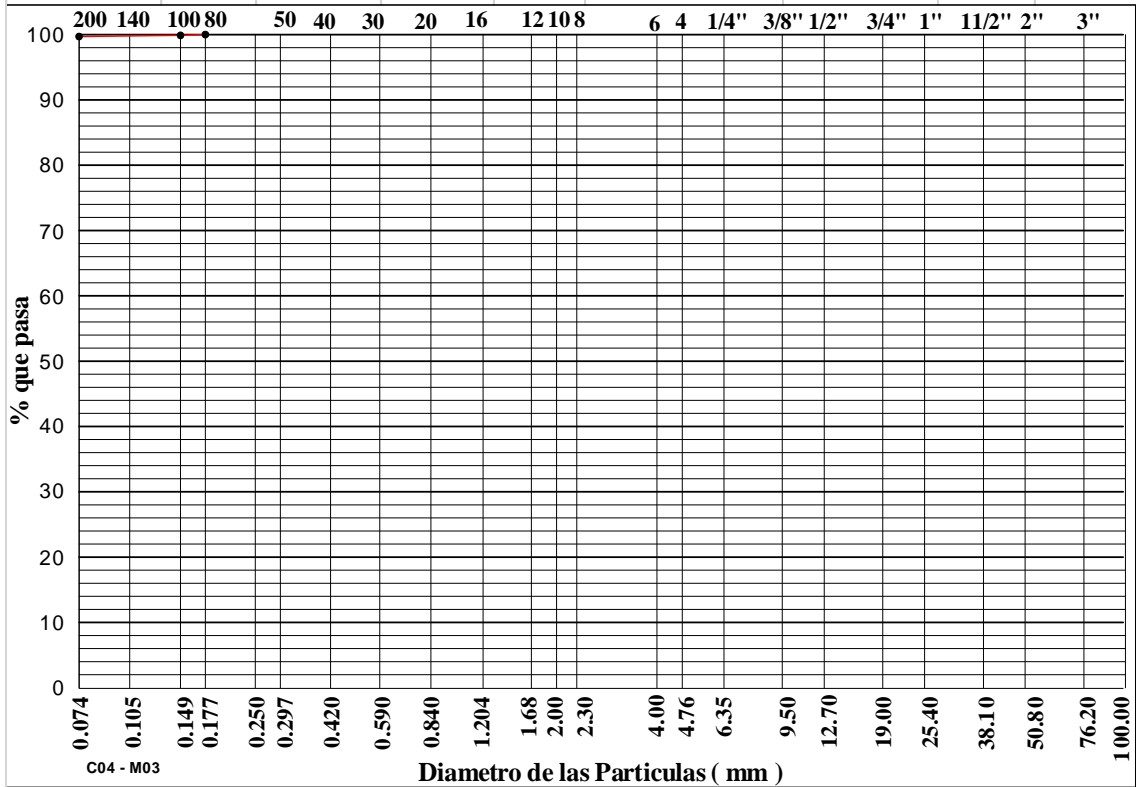


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA			
4"					<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 46.19% L.P. = 27.26% I.P. = 18.93% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = ML CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 7 I.G. = 20 Cu = 6 Cc = 1.5		
3"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"							
1/4"							
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>OBSERVACIONES :</b>		
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 40	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 50	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 60	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 80	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 100	0.70	0.12	0.12	99.88			
Nro. 200	100	0.18	0.30	99.70			
PASA Nro. 200	569.00	99.70	100.00				

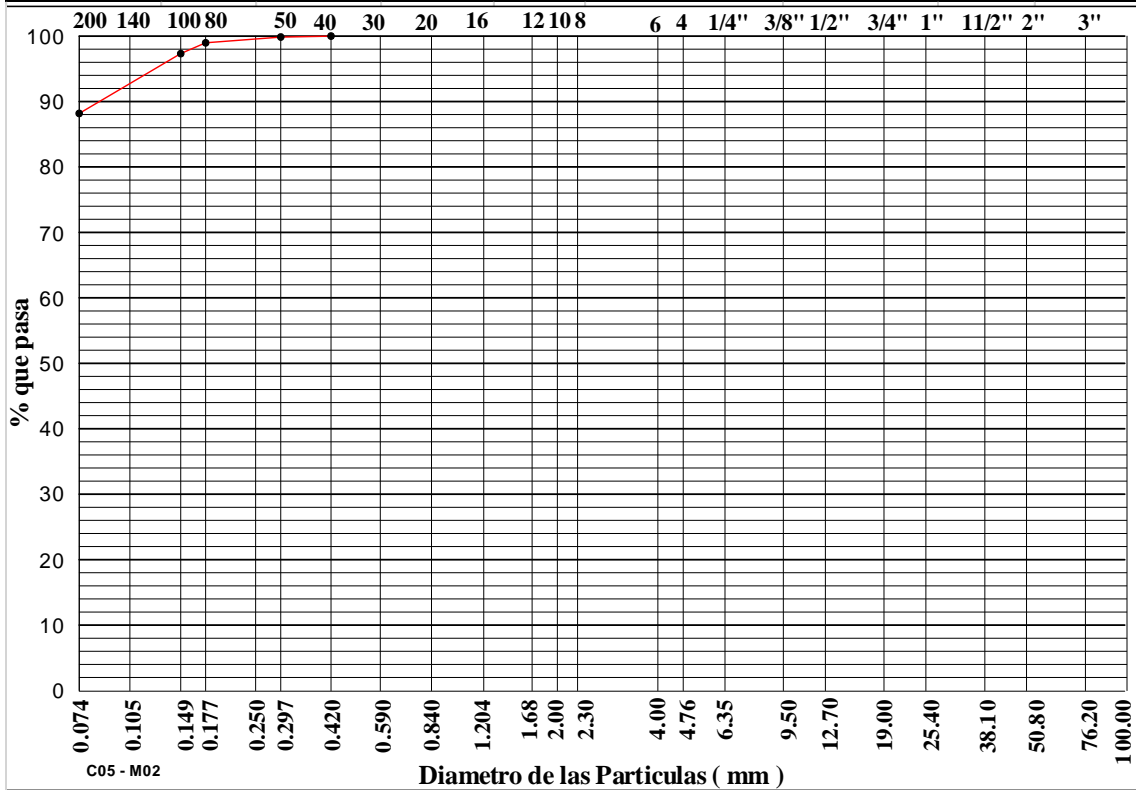


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"							
3"							
2"					L.L. =	47.25%	
1 1/2"					L.P. =	27.59%	
1"					I.P. =	19.66%	
3/4"					CLASIFICACIÓN S.U.C.S. =	ML	
1/2"					CLASIFICACIÓN AASHTO =	A - 7	
3/8"					I.G. =	20	
1/4"					Cu =	6	
					Cc =	1.5	
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00	MATERIAL (gr)	687.00	
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00	AGREG. GRUESO (gr)	0	0.00%
Nro. 40	0.00	0.00	0.00	100.00	AGREG. FINO (gr)	687	100.00%
Nro. 50	100	0.15	0.15	99.85			
Nro. 60	0.00	0.00	0.15	99.85			
Nro. 80	6.10	0.89	103	98.97	Fracción Humeda (gr)	922.10	
Nro. 100	11.30	164	2.68	97.32	Humedad (%)	34.22%	
Nro. 200	62.80	9.14	1182	88.18	Fracción Seca (gr)	687.00	
PASA Nro. 200	605.80	88.18	100.00				

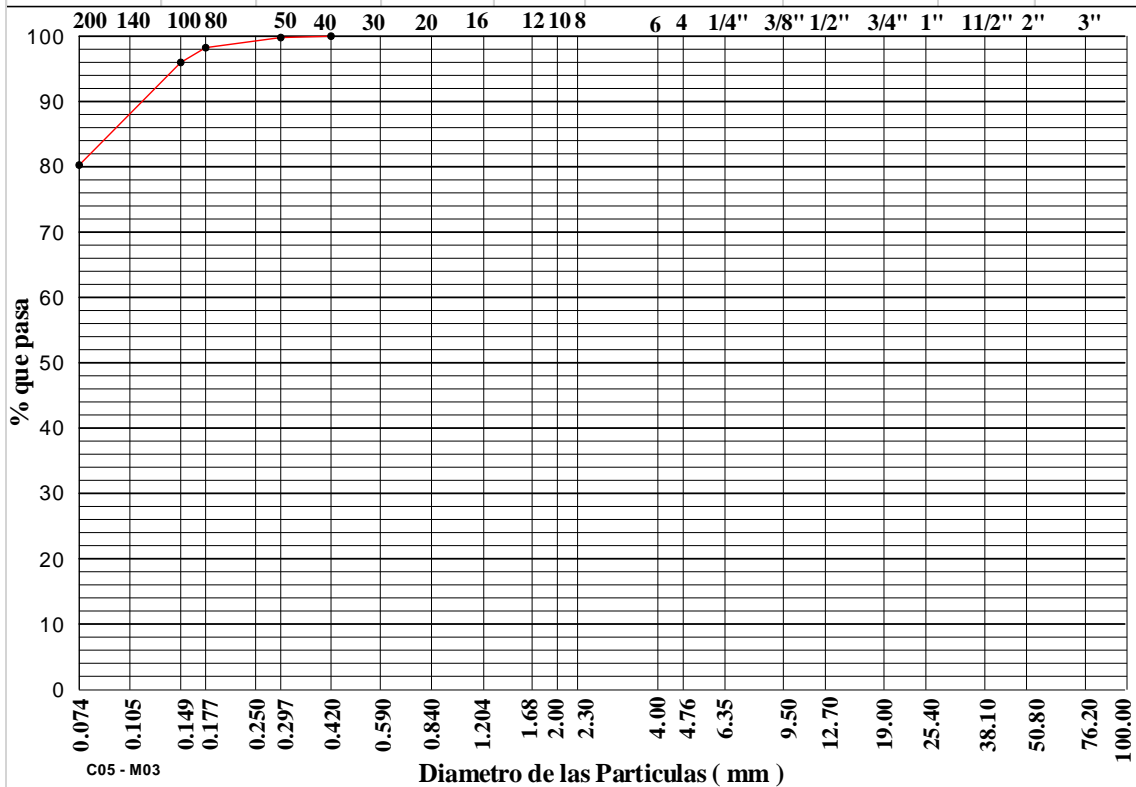


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"							
3"							
2"						L.L. =	32.02%
1 1/2"						L.P. =	17.14%
1"						I.P. =	14.88%
3/4"						CLASIFICACIÓN S.U.C.S. =	CL
1/2"						CLASIFICACIÓN AASHTO =	A - 6
3/8"						I.G. =	16
1/4"						Cu =	6
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00		Cc =	1.5
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 40	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 50	130	0.21	0.21	99.79			
Nro. 60	0.00	0.00	0.21	99.79			
Nro. 80	9.40	155	176	98.24			
Nro. 100	13.70	2.26	4.02	95.98			
Nro. 200	95.40	15.72	19.74	80.26			
PASA Nro. 200	487.20	80.26	100.00				
						<b>OBSERVACIONES :</b>	
						MATERIAL (gr)	<b>607.00</b>
						AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
						AGREG. FINO (gr)	607      100.00%
						Fracción Humeda (gr)	76191
						Humedad (%)	25.52%
						Fracción Seca (gr)	<b>607.00</b>

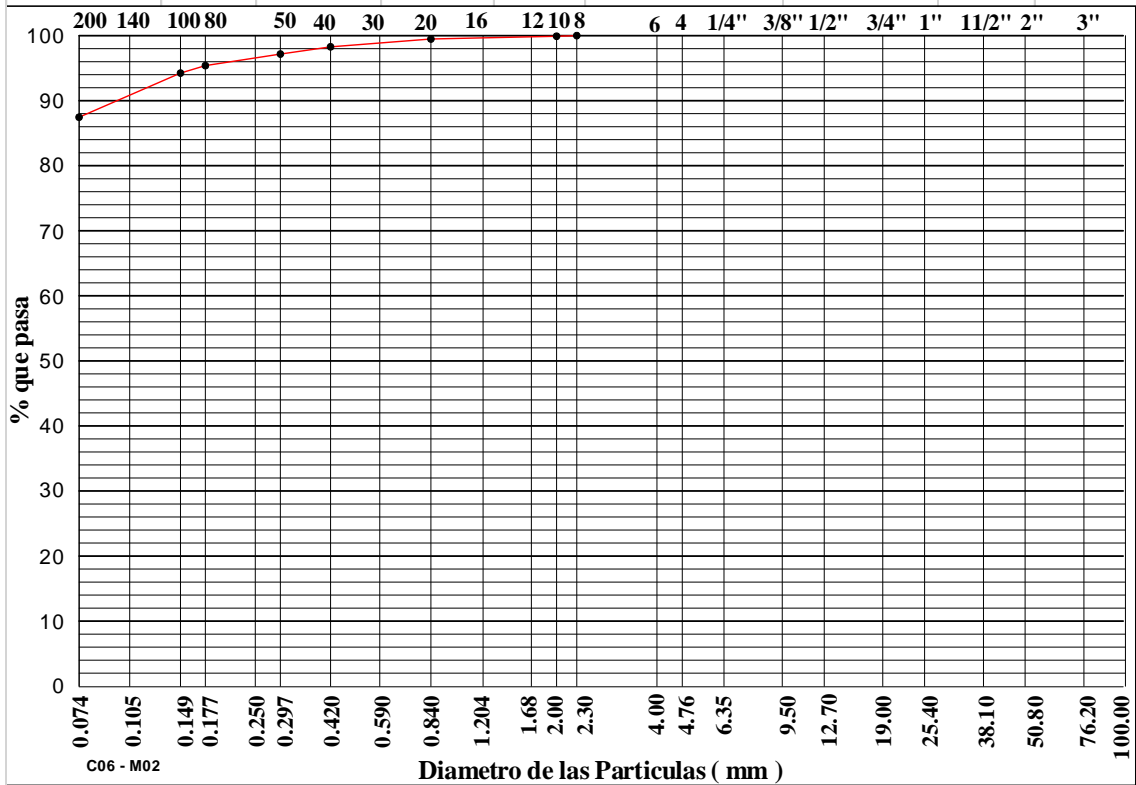


# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 44.72% L.P. = 26.27% I.P. = 18.45% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 7 I.G. = 20 Cu = 6 Cc = 1.5
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nro. 10	0.70	0.10	0.10	99.90	<b>OBSERVACIONES :</b>	
Nro. 16	0.00	0.00	0.10	99.90		
Nro. 20	3.10	0.43	0.52	99.48	MATERIAL (gr)	<b>727.00</b>
Nro. 30	0.00	0.00	0.52	99.48	AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
Nro. 40	8.70	1.20	1.72	98.28	AGREG. FINO (gr)	727      100.00%
Nro. 50	8.10	1.11	2.83	97.17		
Nro. 60	0.00	0.00	2.83	97.17		
Nro. 80	12.90	1.77	4.61	95.39	Fracción Humeda (gr)	949.51
Nro. 100	8.40	1.16	5.76	94.24	Humedad (%)	30.61%
Nro. 200	49.30	6.78	12.54	87.46	Fracción Seca (gr)	727.00
PASA Nro. 200	635.80	87.46	100.00			

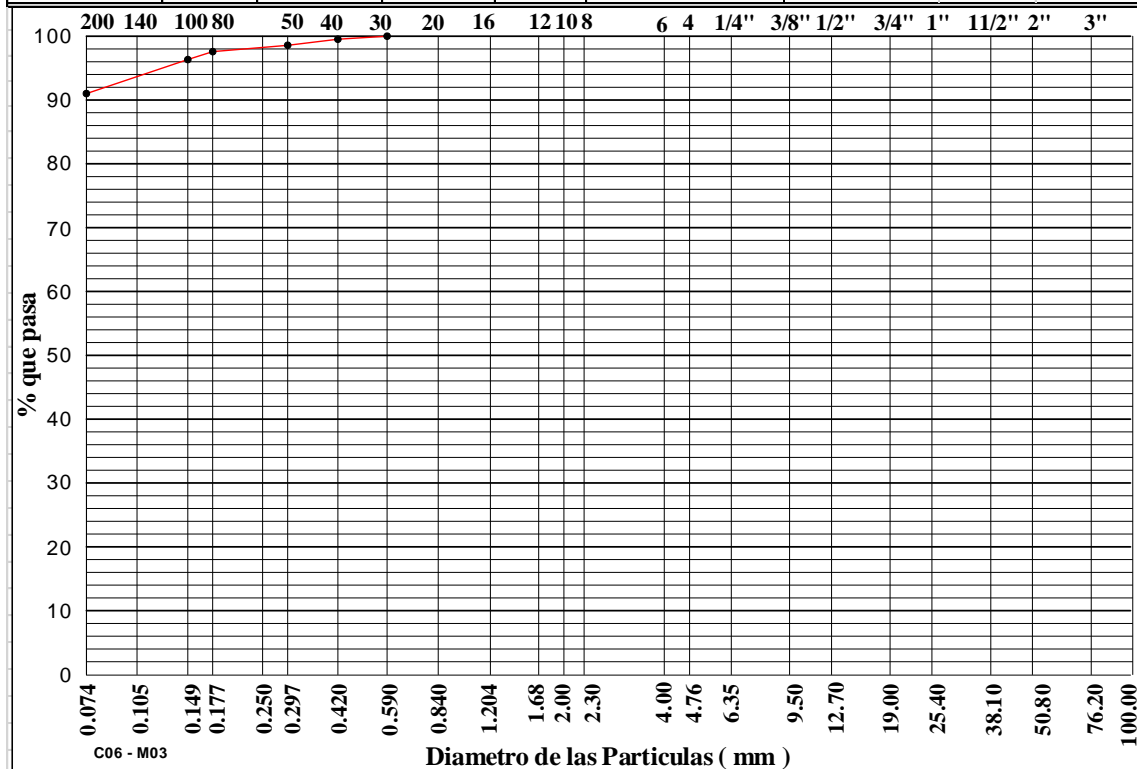




## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJ. DEL SIST. DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOJA  
**SOLICITA** : CONSORCIO ALIANZA  
**REALIZADO** : GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C  
**UBICACIÓN** :  
**FECHA** : ABRIL DEL 2012

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA			
4"					<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>		
3"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"					CLASIFICACIÓN S.U.C.S. =	CL	
1/2"					CLASIFICACIÓN AASHTO =	A - 7	
3/8"					I.G. =	20	
1/4"					Cu =	6	
Nro. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	Cc =	1.5	
Nro. 8	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>OBSERVACIONES :</b>		
Nro. 10	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 16	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 20	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 30	0.00	0.00	0.00	100.00			
Nro. 40	3.50	0.48	0.48	99.52			
Nro. 50	6.80	0.94	1.43	98.57			
Nro. 60	0.00	0.00	1.43	98.57			
Nro. 80	7.22	1.00	2.42	97.58			
Nro. 100	8.97	1.24	3.66	96.34			
Nro. 200	38.50	5.33	8.99	91.01	MATERIAL (gr)	722.80	
PASA Nro. 200	657.81	91.01	100.00		AGREG. GRUESO (gr)	0	0.00%
					AGREG. FINO (gr)	723	100.00%
					Fración Humeda (gr)	1034.55	
					Humedad (%)	43.13%	
					Fración Seca (gr)	722.80	

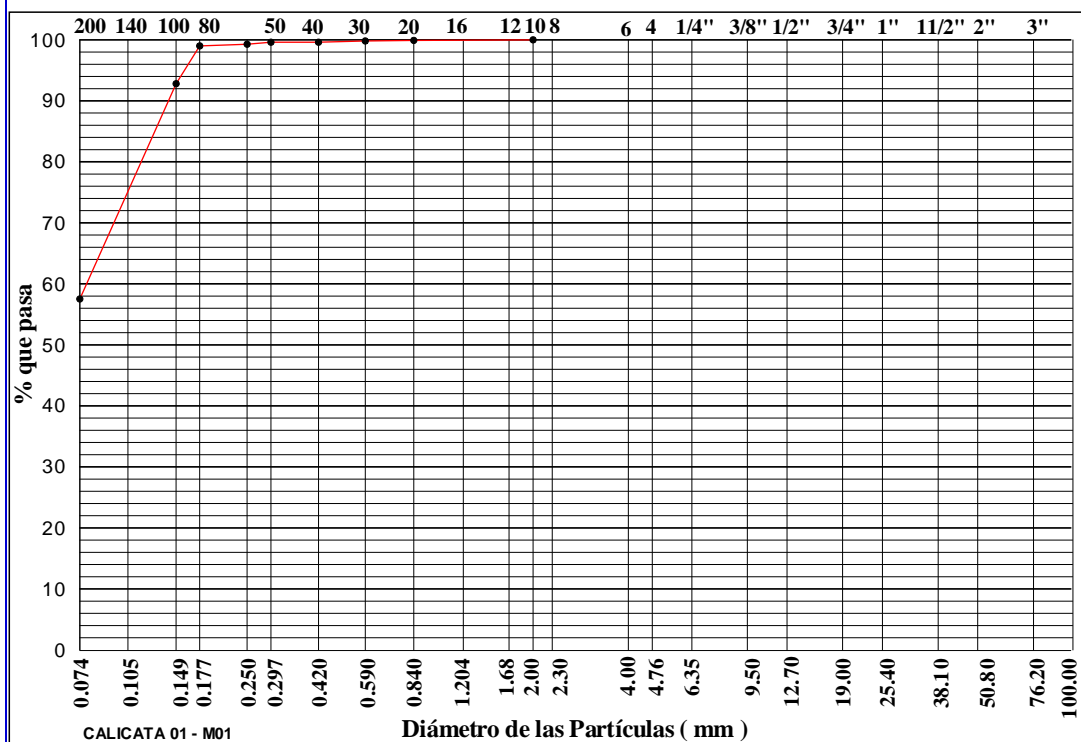


**ANEXO 3 - ANTECEDENTES DE LA LOCALIDAD DE  
MOYOBAMBA**

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 01 - M01 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.10m.  
**PROGRESIVA :** Km 5 + 260  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		PARCIAL	ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = 22.05% L.P. = 18.13% I.P. = 3.92% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 4 I.G. = 5 Cu = 1.38 Cc = 0.91
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro, 4						
Nro, 8						
Nro, 10	0.01	0.00	0.00	100.00		
Nro, 20	0.66	0.09	0.09	99.91	<b>OBSERVACIONES :</b> MATERIAL (gr) <span style="float: right;">774</span> AGREG. GRUESO (gr) <span style="float: right;">0</span> <span style="float: right;">0.00%</span> AGREG. FINO (gr) <span style="float: right;">774</span> <span style="float: right;">100.00%</span>	
Nro, 30	0.64	0.09	0.19	99.81		
Nro, 40	1.44	0.20	0.39	99.61	Técnica del Cuarteo	
Nro, 50	0.01	0.00	0.39	99.61		
Nro, 60	2.30	0.33	0.72	99.28	Fracción Humeda (gr) <span style="float: right;">773.88</span> Humedad (%) <span style="float: right;">9.46%</span> Fracción Seca (gr) <span style="float: right;">707.00</span>	
Nro 80	1.97	0.28	0.99	99.01		
Nro, 100	43.85	6.20	7.20	92.80		
Nro, 200	249.42	35.28	42.48	57.52		
PASA Nro. 200	406.70	57.52	100.00	0.00		

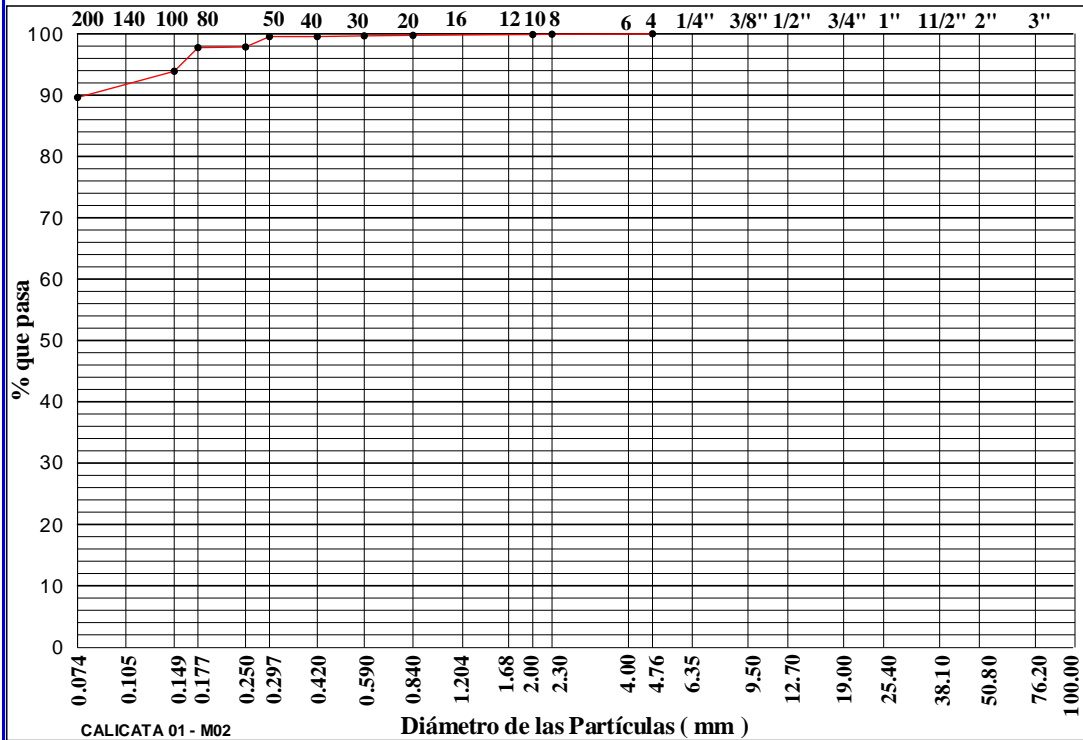


  
**MARCO HERNANDEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP 5442)

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA** : CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO** : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN** : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA** : CALICATA 01 - M02 PROFUNDIDAD : 1.10 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA** : Km 5 + 260  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = 46.45% L.P. = 26.66% I.P. = 19.79% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 7 I.G. = 8 Cu = 1.20 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4				100.00		
Nro. 8	0.45	0.06	0.06	99.94		
Nro. 10	0.42	0.06	0.12	99.88		
Nro. 20	0.96	0.13	0.25	99.75		
Nro. 30	0.59	0.08	0.33	99.67		
Nro. 40	0.86	0.12	0.45	99.55		
Nro. 50	0.01	0.00	0.45	99.55		
Nro. 60	12.25	1.69	2.15	97.85		
Nro 80	0.80	0.11	2.26	97.74		
Nro. 100	27.87	3.85	6.11	93.89		
Nro. 200	30.94	4.27	10.38	89.62		
PASA Nro. 200	648.85	89.62	100.00	0.00		
<b>OBSERVACIONES :</b>						
MATERIAL (gr)					857	
AGREG. GRUESO (gr)					0      0.00%	
AGREG. FINO (gr)					857      100.00%	
<b>Técnica del Cuarteo</b>						
Fracción Humeda (gr)					856.64	
Humedad (%)					18.32%	
Fracción Seca (gr)					724.00	



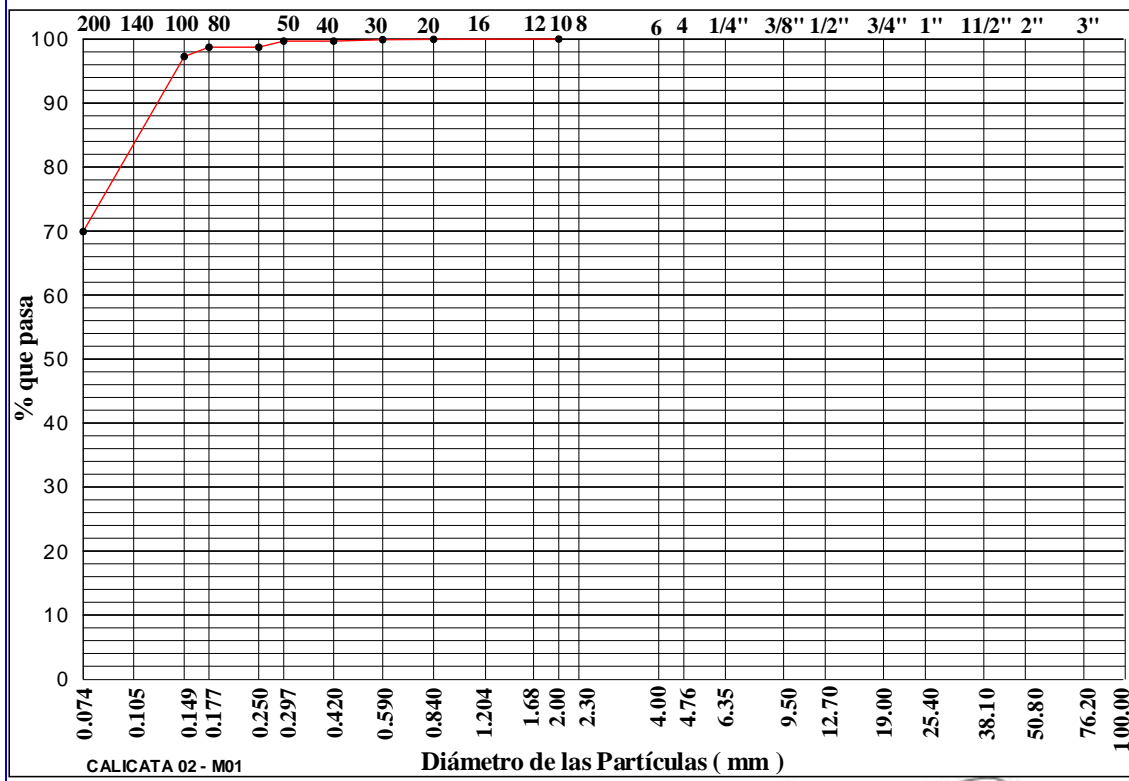
  
**MARCO HERNANDEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) 14423

# GRANULOMETRÍA

## POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 02 - M01 PROFUNDIDAD : 0.350 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA :** Km 4 + 960  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		PARCIAL	ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 24.45% L.P. = 15.24% I.P. = 9.21% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 4 I.G. = 7 Cu = 1.25 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro, 4						
Nro, 8						
Nro, 10	0.02	0.00	0.00	100.00		<b>OBSERVACIONES :</b> MATERIAL (gr) <span style="float: right;">870</span> AGREG. GRUESO (gr) <span style="float: right;">0</span> <span style="float: right;">0.00%</span> AGREG. FINO (gr) <span style="float: right;">870</span> <span style="float: right;">100.00%</span>  <b>Técnica del Cuarteo</b> Fracción Humeda (gr) <span style="float: right;">870.27</span> Humedad (%) <span style="float: right;">5.42%</span> Fracción Seca (gr) <span style="float: right;">754.00</span>
Nro, 20	0.28	0.04	0.04	99.96		
Nro, 30	0.40	0.05	0.09	99.91		
Nro, 40	1.65	0.22	0.31	99.69		
Nro, 50	0.01	0.00	0.31	99.69		
Nro, 60	7.22	0.96	1.27	98.73		
Nro 80	0.01	0.00	1.27	98.73		
Nro, 100	11.03	1.46	2.73	97.27		
Nro, 200	206.21	27.35	30.08	69.92		
PASA Nro. 200	527.17	69.92	100.00	0.00		

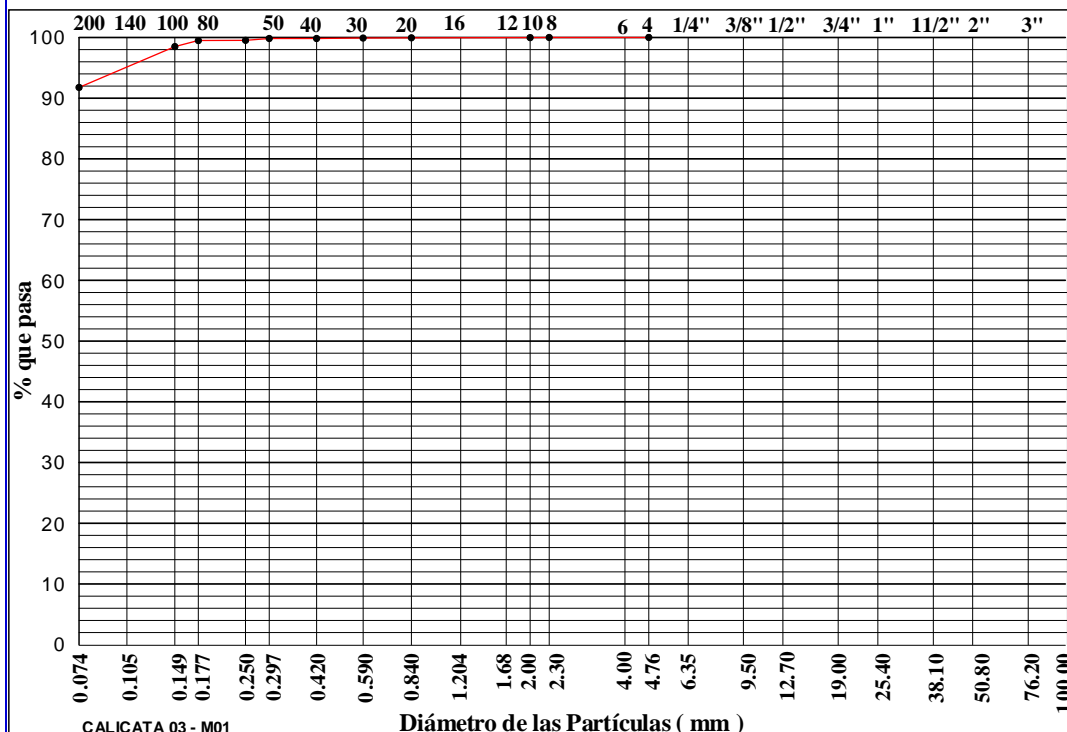


  
**MARCO HERNANDEZ AGUILAR**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) 6442

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO : AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
 SOLICITA : CONSORCIO AMAZONICO  
 REALIZADO : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
 UBICACIÓN : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
 MUESTRA : CALICATA 03 - M01 PROFUNDIDAD : 0.40 m - 2.00m.  
 PROGRESIVA : Km 4 + 690  
 FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 49.62% L.P. = 28.76% I.P. = 20.86% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = OL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 7 I.G. = 8 Cu = 1.19 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro, 4				100.00		
Nro, 8	0.05	0.01	0.01	99.99		
Nro, 10	0.20	0.03	0.03	99.97		
Nro, 20	0.23	0.03	0.06	99.94		
Nro, 30	0.27	0.04	0.10	99.90		
Nro, 40	0.54	0.07	0.17	99.83		
Nro, 50	0.01	0.00	0.17	99.83		
Nro, 60	2.30	0.31	0.48	99.52		
Nro 80	0.24	0.03	0.51	99.49		
Nro, 100	7.49	0.99	1.50	98.50		
Nro, 200	50.65	6.73	8.23	91.77		
PASA Nro. 200	691.02	91.77	100.00	0.00		
<b>OBSERVACIONES :</b>						
MATERIAL (gr) 938						
AGREG. GRUESO (gr) 0 0.00%						
AGREG. FINO (gr) 938 100.00%						
<b>Técnica del Cuarteo</b>						
Fracción Humeda (gr) 938.46						
Humedad (%) 24.63%						
Fracción Seca (gr) 753.00						

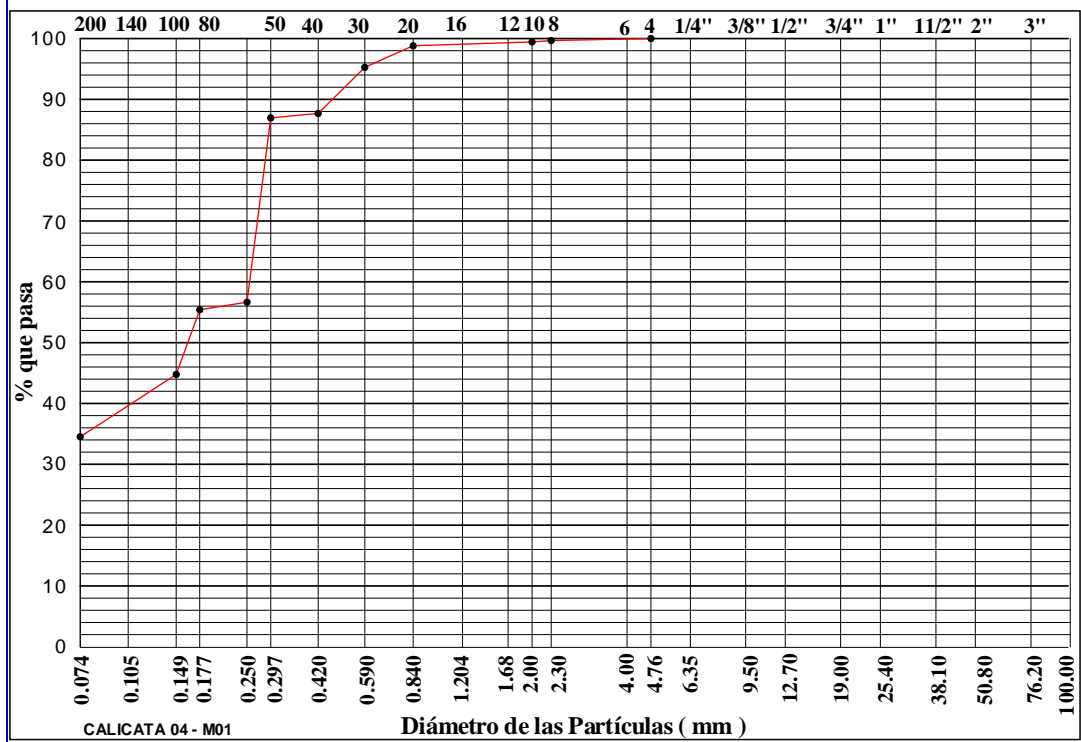


Marco Hernández Aguilar  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) N.º 11111

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 04 - M01 PROFUNDIDAD : 0.50 m - 1.30m.  
**PROGRESIVA :** Km 4 + 520  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 21.20% L.P. = 17.95% I.P. = 3.25%  CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>SM</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A - 2 - 4</b>  I.G. = 0 Cu = 4.27 Cc = 0.33
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro, 4	0.03	0.00	0.00	100.00		
Nro, 8	3.57	0.34	0.34	99.66		
Nro, 10	2.30	0.22	0.55	99.45		
Nro, 20	6.86	0.64	1.20	98.80		
Nro, 30	37.80	3.55	4.75	95.25		
Nro, 40	80.73	7.58	12.33	87.67		
Nro, 50	7.67	0.72	13.05	86.95		
Nro, 60	322.66	30.30	43.34	56.66		
Nro 80	13.28	1.25	44.59	55.41		
Nro, 100	113.35	10.64	55.23	44.77		
Nro, 200	109.08	10.24	65.48	34.52		
PASA Nro. 200	367.67	0.35	65.82	0.00		
<b>OBSERVACIONES :</b>						
MATERIAL (gr)		1209				
AGREG. GRUESO (gr)		0		0.00%		
AGREG. FINO (gr)		1209		100.00%		
<b>Técnica del Cuarteo</b>						
Fracción Humeda (gr)		1208.78				
Humedad (%)		13.50%				
Fracción Seca (gr)		1065.00				



CALICATA 04 - M01

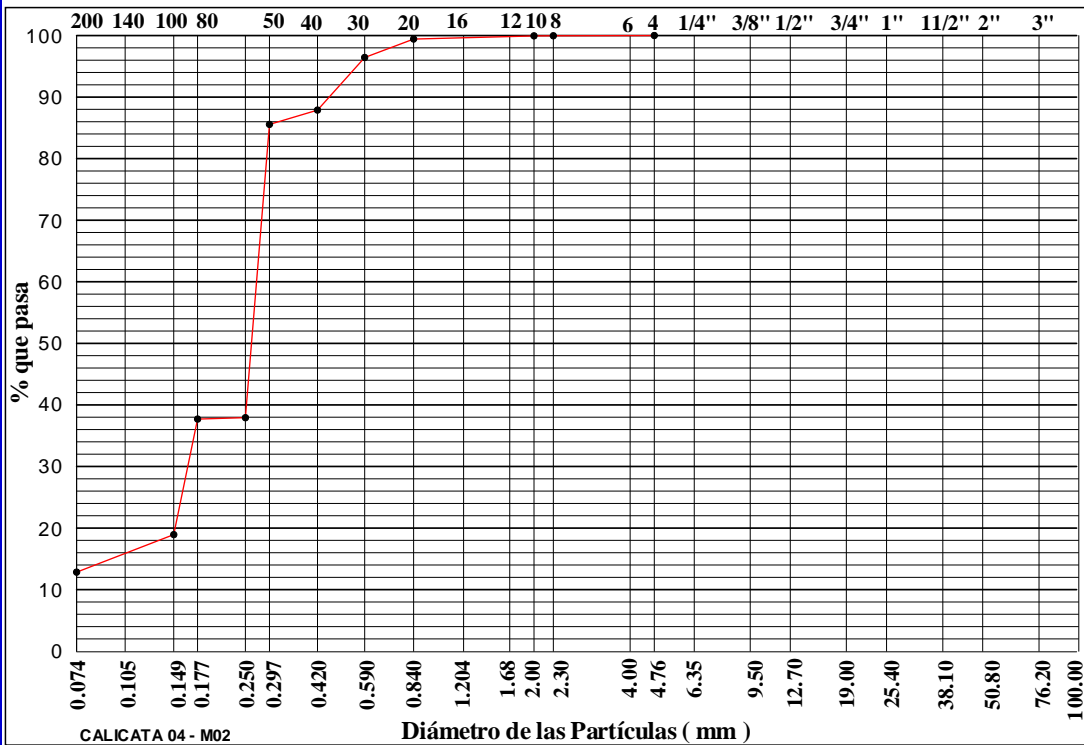
Diámetro de las Partículas ( mm )

  
**MÓNICA HERNÁNDEZ AGUILAR**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP 14424)

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 04 - M02 PROFUNDIDAD : 1.30 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA :** Km 4 + 520  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = N.P. L.P. = N.P. I.P. = N.P. CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>SM</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A - 2 - 4</b> I.G. = <b>0</b> C <sub>u</sub> = <b>3.91</b> C <sub>c</sub> = <b>1.45</b>
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro, 4				100.00		
Nro, 8	0.45	0.04	0.04	99.96		
Nro, 10	0.16	0.01	0.05	99.95	<b>OBSERVACIONES :</b>	
Nro, 20	5.79	0.52	0.57	99.43		MATERIAL (gr) <span style="float: right;">1257</span>
Nro, 30	33.57	2.99	3.57	96.43	AGREG. GRUESO (gr) <span style="float: right;">0</span> <span style="float: right;">0.00%</span>	
Nro, 40	95.80	8.55	12.11	87.89	AGREG. FINO (gr) <span style="float: right;">1257</span> <span style="float: right;">100.00%</span>	
Nro, 50	26.05	2.32	14.44	85.56		
Nro, 60	534.03	47.64	62.07	37.93	<b>Técnica del Cuarteo</b>	
Nro 80	2.53	0.23	62.30	37.70	Fracción Humeda (gr) <span style="float: right;">1256.53</span>	
Nro, 100	210.35	18.76	81.06	18.94	Humedad (%) <span style="float: right;">12.09%</span>	
Nro, 200	68.36	6.10	87.16	12.84	Fracción Seca (gr) <span style="float: right;">1121.00</span>	
PASA Nro. 200	143.91	12.84	100.00	0.00		



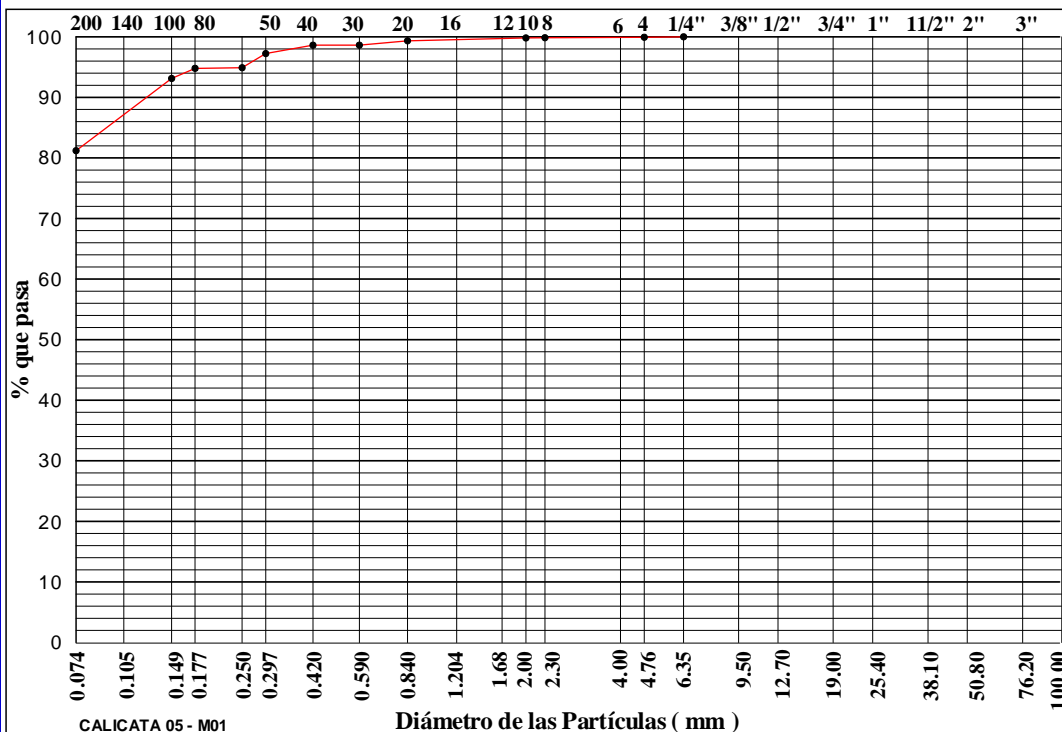
  
**MARCO A. FERNÁNDEZ AGUILAR**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP 5445)



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 05 - M01 PROFUNDIDAD : 0.40 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA :** Km 4 + 200  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 34.88% L.P. = 20.32% I.P. = 14.56% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 6 I.G. = 8 Cu = 1.22 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"				100.00		
Nro, 4	0.58	0.07	0.07	99.93		
Nro, 8	0.63	0.08	0.15	99.85		
Nro, 10	0.29	0.04	0.19	99.81		
Nro, 20	3.75	0.47	0.66	99.34	<b>OBSERVACIONES :</b> MATERIAL (gr) <span style="float: right;">904</span> AGREG. GRUESO (gr) <span style="float: right;">1      0.07%</span> AGREG. FINO (gr) <span style="float: right;">903      99.93%</span>	
Nro, 30	5.82	0.73	1.39	98.61		
Nro, 40	0.01	0.00	1.39	98.61	<b>Técnica del Cuarteo</b>	
Nro, 50	11.03	1.38	2.77	97.23		
Nro, 60	18.68	2.34	5.11	94.89	Fracción Humeda (gr) <span style="float: right;">903.99</span> Humedad (%) <span style="float: right;">13.14%</span> Fracción Seca (gr) <span style="float: right;">799.00</span>	
Nro 80	0.81	0.10	5.21	94.79		
Nro, 100	13.35	1.67	6.88	93.12		
Nro, 200	95.26	11.92	18.80	81.20		
PASA Nro. 200	648.79	81.20	100.00	0.00		

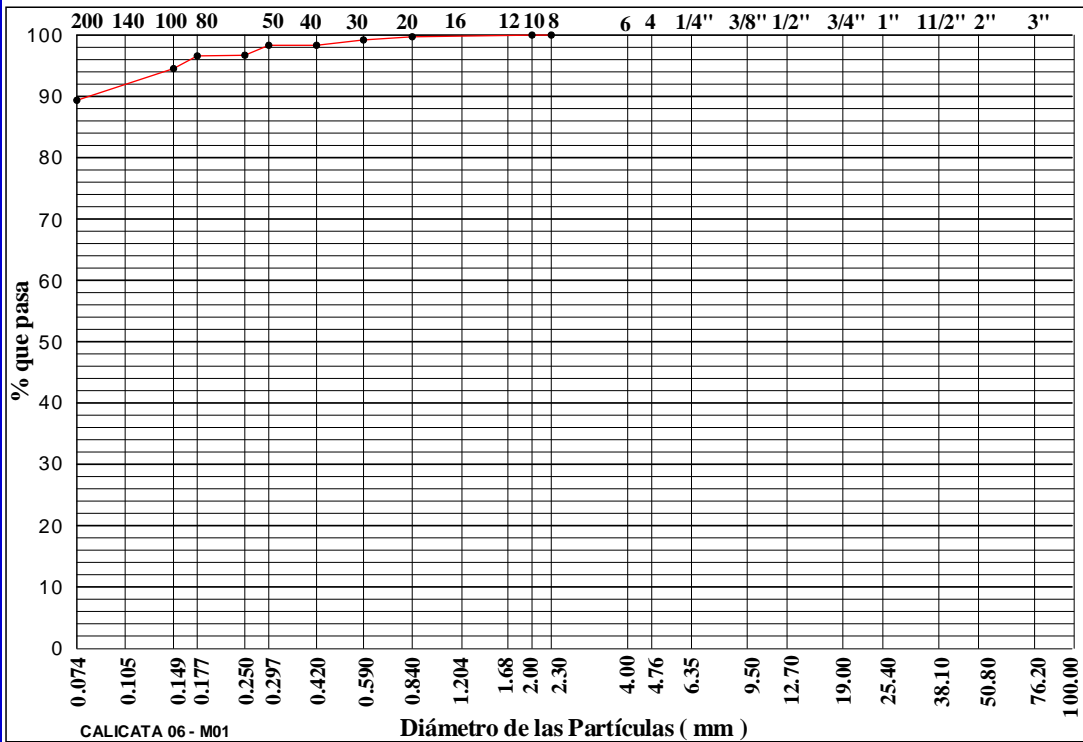


  
**MARCO HERNANDEZ AGUILAR**  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) N° 1421

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA** : CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO** : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN** : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA** : CALICATA 06 - M01 PROFUNDIDAD : 0.40 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA** : Km 3 + 300  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 47.75% L.P. = 29.56% I.P. = 18.19% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = OL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 7 I.G. = 8 Cu = 1.20 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4				100.00		
Nro. 8				100.00		
Nro. 10	0.02	0.00	0.00	100.00	<b>OBSERVACIONES :</b>	
Nro. 20	2.12	0.28	0.28	99.72	MATERIAL (gr)	1047
Nro. 30	4.00	0.52	0.80	99.20	AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
Nro. 40	6.67	0.87	1.67	98.33	AGREG. FINO (gr)	1047    100.00%
Nro. 50	0.01	0.00	1.67	98.33	<b>Técnica del Cuarteo</b>	
Nro. 60	12.45	1.62	3.29	96.71	Fración Humeda (gr)	1047.24
Nro. 80	0.91	0.12	3.41	96.59	Humedad (%)	36.36%
Nro. 100	15.86	2.07	5.47	94.53	Fración Seca (gr)	768.00
Nro. 200	39.65	5.16	10.64	89.36		
PASA Nro. 200	686.31	89.36	100.00	0.00		

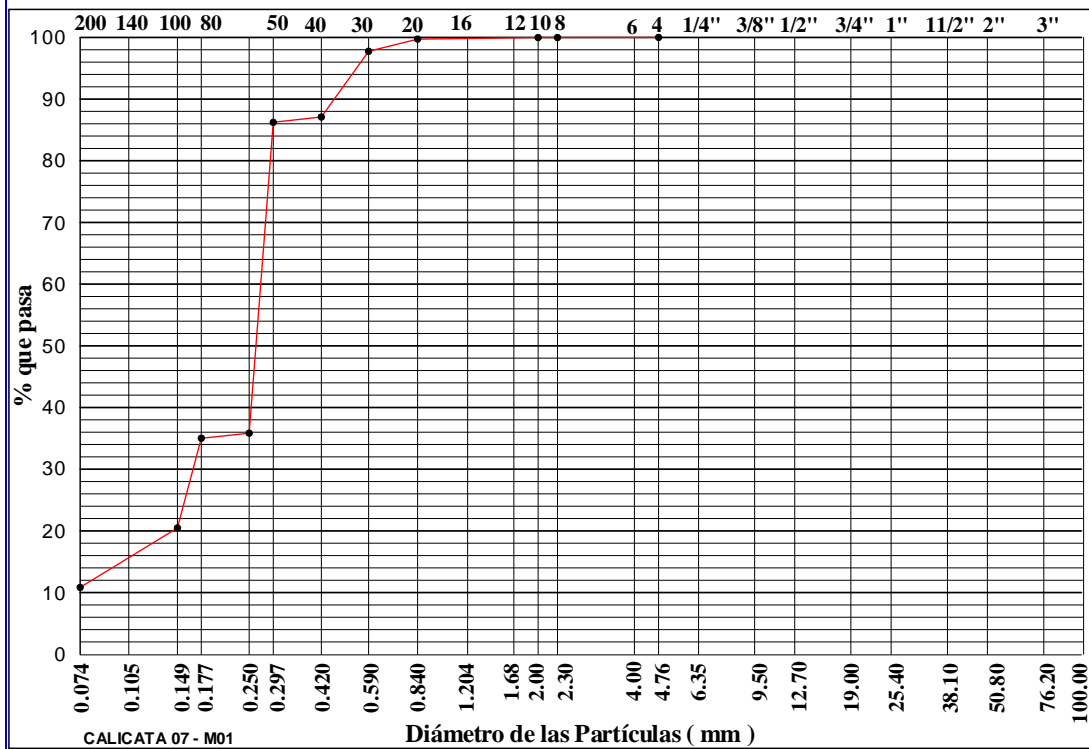


**MARCO VERNADEZABALAR**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) 5445

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA** : CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO** : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN** : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA** : CALICATA 07 - M01 PROFUNDIDAD : 0.40 m - 1.20m.  
**PROGRESIVA** : Km 2 + 240  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = N.P. L.P. = N.P. I.P. = N.P. CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = SP - SM CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 2 - 4 I.G. = 0 Cu = 3.76 Cc = 1.42
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4				100.00		
Nro. 8	0.21	0.02	0.02	99.98		
Nro. 10	0.05	0.01	0.03	99.97		
Nro. 20	2.40	0.25	0.28	99.72	OBSERVACIONES : MATERIAL (gr) <span style="float: right;">1081</span> AGREG. GRUESO (gr) <span style="float: right;">0</span> <span style="float: right;">0.00%</span> AGREG. FINO (gr) <span style="float: right;">1081</span> <span style="float: right;">100.00%</span>	
Nro. 30	19.02	1.97	2.25	97.75		
Nro. 40	102.80	10.66	12.91	87.09		
Nro. 50	8.27	0.86	13.77	86.23		
Nro. 60	485.73	50.39	64.16	35.84		
Nro. 80	7.95	0.82	64.98	35.02		
Nro. 100	140.15	14.54	79.52	20.48		
Nro. 200	92.96	9.64	89.16	10.84		
PASA Nro. 200	104.46	10.84	100.00	0.00		

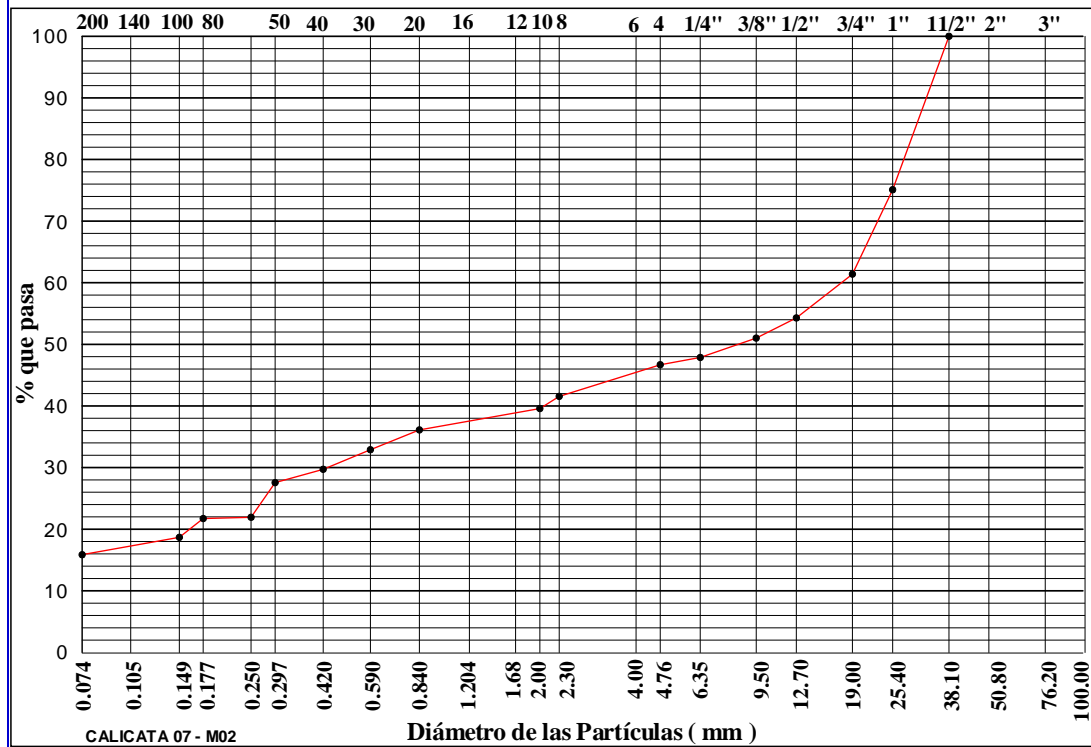


  
 MARCO FERNÁNDEZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP 3445)

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 07 - M02 PROFUNDIDAD : 1.20 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA :** Km 2 + 240  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		PARCIAL	ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = N.P. L.P. = N.P. I.P. = N.P. CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>SM</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A1 - b</b> I.G. = 0 Cu = <b>266.66</b> Cc = <b>0.16</b>
3"						
2"						
1 1/2"				100.00		
1"	330.91	24.90	24.90	75.10		
3/4"	182.13	13.70	38.60	61.40		
1/2"	94.47	7.11	45.71	54.29		
3/8"	43.52	3.27	48.99	51.01		
1/4"	41.79	3.14	52.13	47.87		
Nro, 4	15.62	1.18	53.31	46.69		
Nro, 8	68.24	5.13	58.44	41.56		
Nro, 10	26.28	1.98	60.42	39.58		OBSERVACIONES :  MATERIAL (gr) <span style="float: right;">1605</span> AGREG. GRUESO (gr) <span style="float: right;">856    53.31%</span> AGREG. FINO (gr) <span style="float: right;">750    46.69%</span>  <b>Técnica del Cuarteo</b> Fracción Humeda (gr) <span style="float: right;">1605.30</span> Humedad (%) <span style="float: right;">20.79%</span> Fracción Seca (gr) <span style="float: right;">1329.00</span>
Nro, 20	46.10	3.47	63.89	36.11		
Nro, 30	42.76	3.22	67.10	32.90		
Nro, 40	42.21	3.18	70.28	29.72		
Nro, 50	28.76	2.16	72.44	27.56		
Nro, 60	74.69	5.62	78.06	21.94		
Nro 80	2.76	0.21	78.27	21.73		
Nro, 100	40.60	3.05	81.33	18.67		
Nro, 200	37.37	2.81	84.14	15.86		
PASA Nro. 200	210.79	15.86	100.00	0.00		



  
**MARICA VERNEZAGULAR**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CP 5445)

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA** : CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO** : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN** : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA** : CALICATA 08 - M01 PROFUNDIDAD : 0.60 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA** : Km 0 + 900  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2009

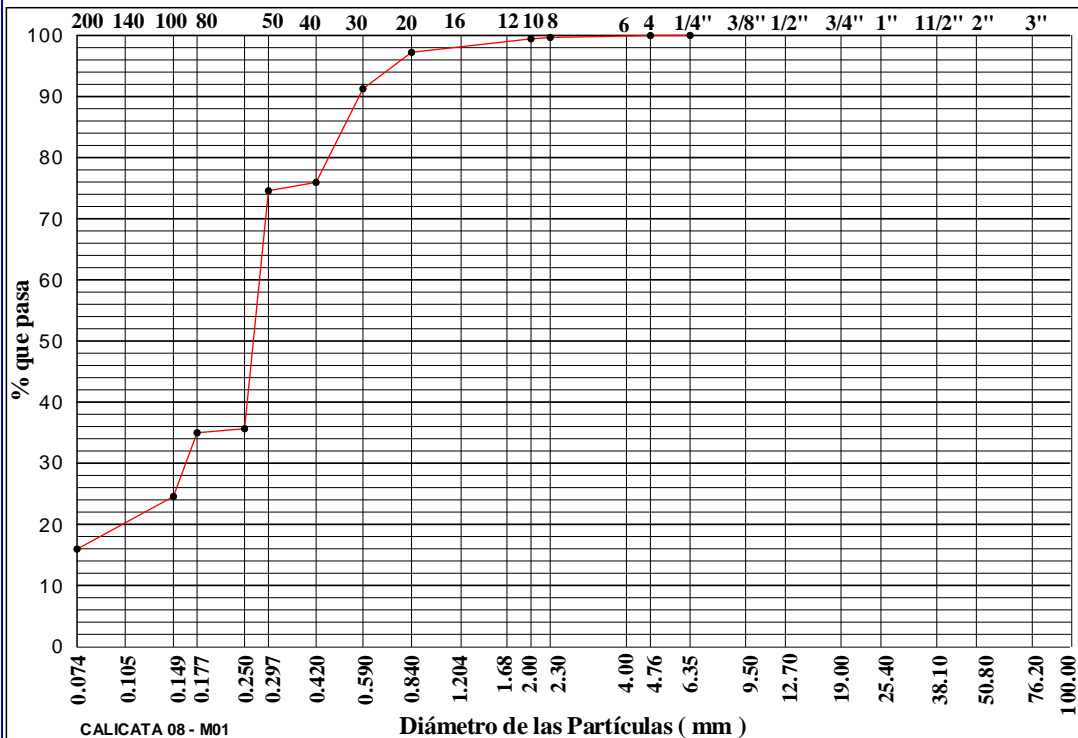
TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = N.P. L.P. = N.P. I.P. = N.P. CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>SM</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A - 2 - 4</b> I.G. = <b>0</b> Cu = <b>4.20</b> Cc = <b>1.44</b>
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"				100.00		
Nro, 4	0.34	0.03	0.03	99.97		
Nro, 8	3.25	0.31	0.34	99.66		
Nro, 10	2.25	0.21	0.55	99.45		
Nro, 20	23.43	2.22	2.77	97.23		
Nro, 30	62.97	5.96	8.73	91.27		
Nro, 40	161.70	15.31	24.05	75.95		
Nro, 50	14.55	1.38	25.43	74.57		
Nro, 60	411.07	38.93	64.35	35.65		
Nro 80	7.10	0.67	65.02	34.98		
Nro, 100	110.10	10.43	75.45	24.55		
Nro, 200	90.92	8.61	84.06	15.94		
PASA Nro. 200	168.32	15.94	100.00	0.00		


**OBSERVACIONES :**

MATERIAL (gr)	1186
AGREG. GRUESO (gr)	0      0.03%
AGREG. FINO (gr)	1186      99.97%

**Técnica del Cuarteo**

Fracción Humeda (gr)	1185.99
Humedad (%)	12.31%
Fracción Seca (gr)	1056.00

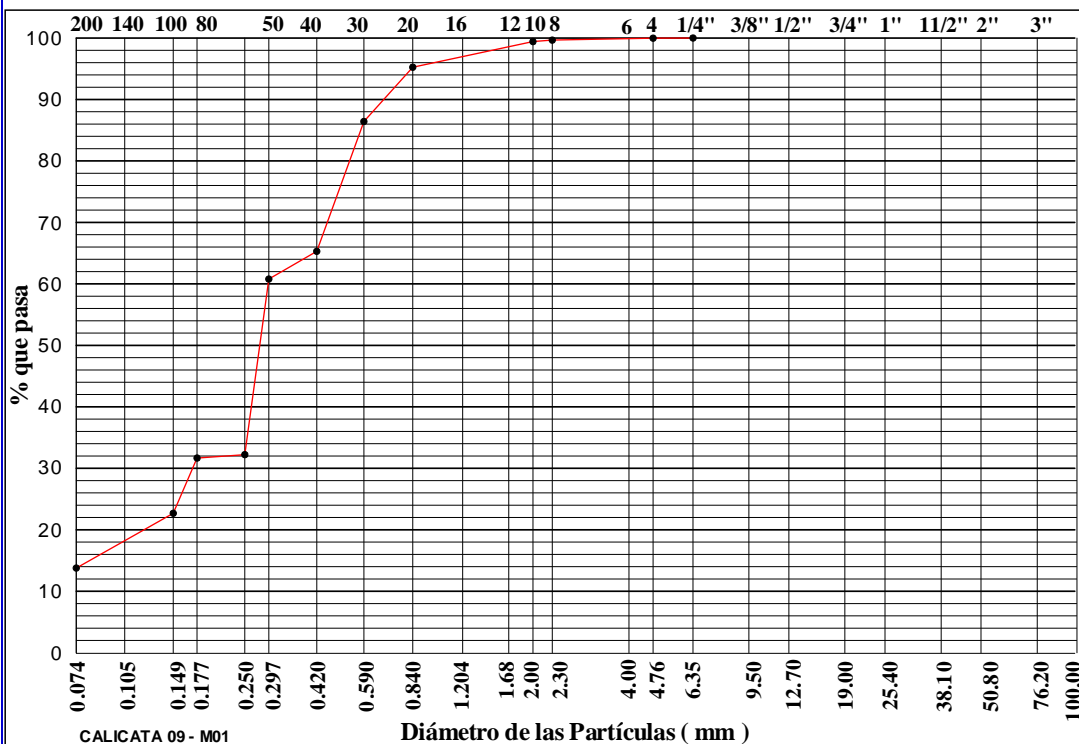


  
**MARCO FERNÁNDEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP 14412)

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA** : CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO** : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN** : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA** : CALICATA 09 - M01 PROFUNDIDAD : 0.40 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA** : Km 0 + 470  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		PARCIAL	ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = N.P. L.P. = N.P. I.P. = N.P. CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>SM</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A - 2 - 4</b> I.G. = <b>0</b> Cu = <b>4.32</b> Cc = <b>1.46</b>
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"				100.00		
Nro. 4	0.25	0.03	0.03	99.97		
Nro. 8	2.87	0.32	0.34	99.66		
Nro. 10	2.16	0.24	0.58	99.42		
Nro. 20	37.80	4.17	4.75	95.25		
Nro. 30	79.96	8.83	13.58	86.42		
Nro. 40	191.34	21.12	34.70	65.30		
Nro. 50	40.90	4.51	39.21	60.79		
Nro. 60	258.76	28.56	67.77	32.23		
Nro. 80	5.03	0.56	68.33	31.67		
Nro. 100	81.45	8.99	77.32	22.68		
Nro. 200	80.68	8.91	86.23	13.77		
PASA Nro. 200	124.80	13.77	100.00	0.00		
<b>OBSERVACIONES :</b>						
MATERIAL (gr)					<b>1026</b>	
AGREG. GRUESO (gr)					0	0.03%
AGREG. FINO (gr)					1026	99.97%
<b>Técnica del Cuarteo</b>						
Fracción Humeda (gr)					1026.32	
Humedad (%)					13.28%	
Fracción Seca (gr)					<b>906.00</b>	

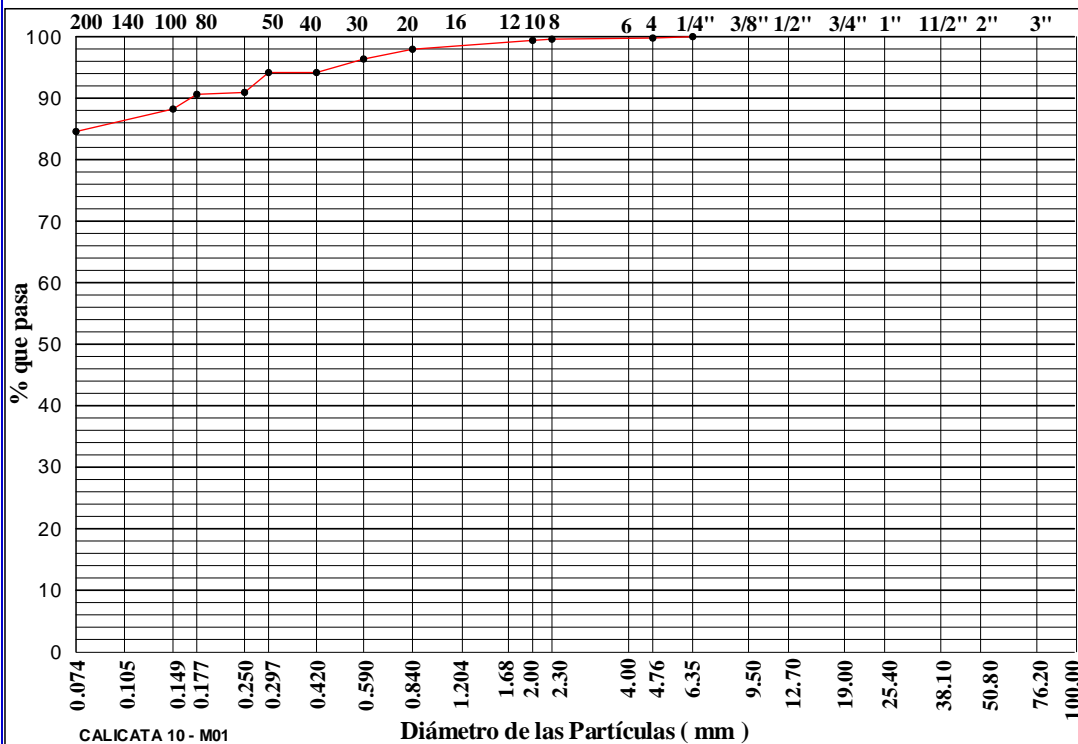


  
**MARCO FERNÁNDEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) 5445

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 10 - M01 PROFUNDIDAD : 0.250 m - 1.150m.  
**PROGRESIVA :** Km 5 + 130  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = 36.13% L.P. = 20.93% I.P. = 15.20% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>CL</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A - 6</b> I.G. = 8 Cu = 1.21 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"				100.00		
Nro. 4	1.70	0.22	0.22	99.78		
Nro. 8	1.42	0.19	0.41	99.59		
Nro. 10	1.47	0.19	0.60	99.40		
Nro. 20	11.00	1.45	2.05	97.95		
Nro. 30	12.08	1.59	3.64	96.36		
Nro. 40	16.71	2.20	5.83	94.17		
Nro. 50	0.05	0.01	5.84	94.16		
Nro. 60	24.53	3.22	9.06	90.94		
Nro. 80	2.39	0.31	9.38	90.62		
Nro. 100	18.22	2.39	11.77	88.23		
Nro. 200	27.80	3.65	15.42	84.58		
PASA Nro. 200	643.63	84.58	100.00	0.00		
<b>OBSERVACIONES :</b>						
MATERIAL (gr)					<b>904</b>	
AGREG. GRUESO (gr)					2	0.22%
AGREG. FINO (gr)					902	99.78%
<b>Técnica del Cuarteo</b>						
Fracción Humeda (gr)					904.30	
Humedad (%)					18.83%	
Fracción Seca (gr)					<b>761.00</b>	

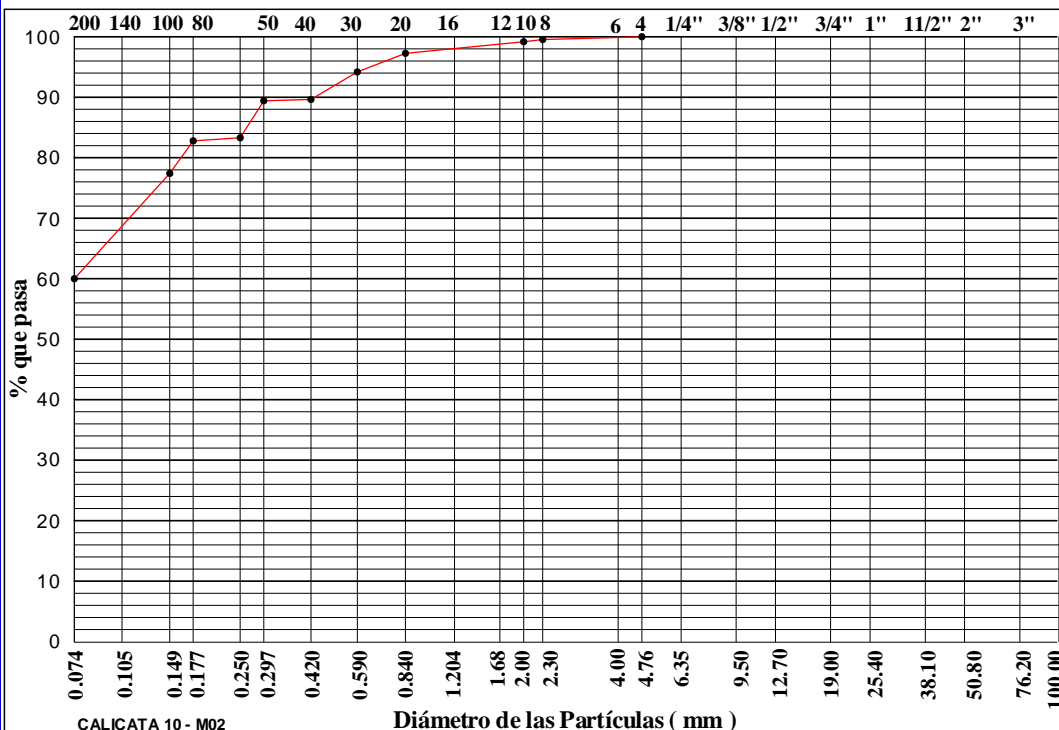


  
**MARÍA FERNÁNDEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP 9445)

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 10 - M02 PROFUNDIDAD : 1.150 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA :** Km 5 + 130  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 22.74% L.P. = 12.31% I.P. = 10.43% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>CL</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A - 6</b> I.G. = 5 Cu = 1.29 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro, 4				100.00		
Nro, 8	3.70	0.47	0.47	99.53		
Nro, 10	2.91	0.37	0.83	99.17		
Nro, 20	15.17	1.91	2.74	97.26	<b>OBSERVACIONES :</b>	
Nro, 30	24.43	3.08	5.82	94.18		MATERIAL (gr) <span style="float: right;">927</span>
Nro, 40	36.13	4.55	10.37	89.63	AGREG. GRUESO (gr) <span style="float: right;">0</span>	
Nro, 50	1.68	0.21	10.58	89.42	AGREG. FINO (gr) <span style="float: right;">927</span>	
Nro, 60	48.60	6.12	16.70	83.30		
Nro 80	4.01	0.51	17.21	82.79	<b>Técnica del Cuarteo</b>	
Nro, 100	42.70	5.38	22.59	77.41	Fracción Humeda (gr) <span style="float: right;">926.60</span>	
Nro, 200	138.33	17.42	40.01	59.99	Humedad (%) <span style="float: right;">16.70%</span>	
PASA Nro. 200	476.34	59.99	100.00	0.00	Fracción Seca (gr) <span style="float: right;">794.00</span>	



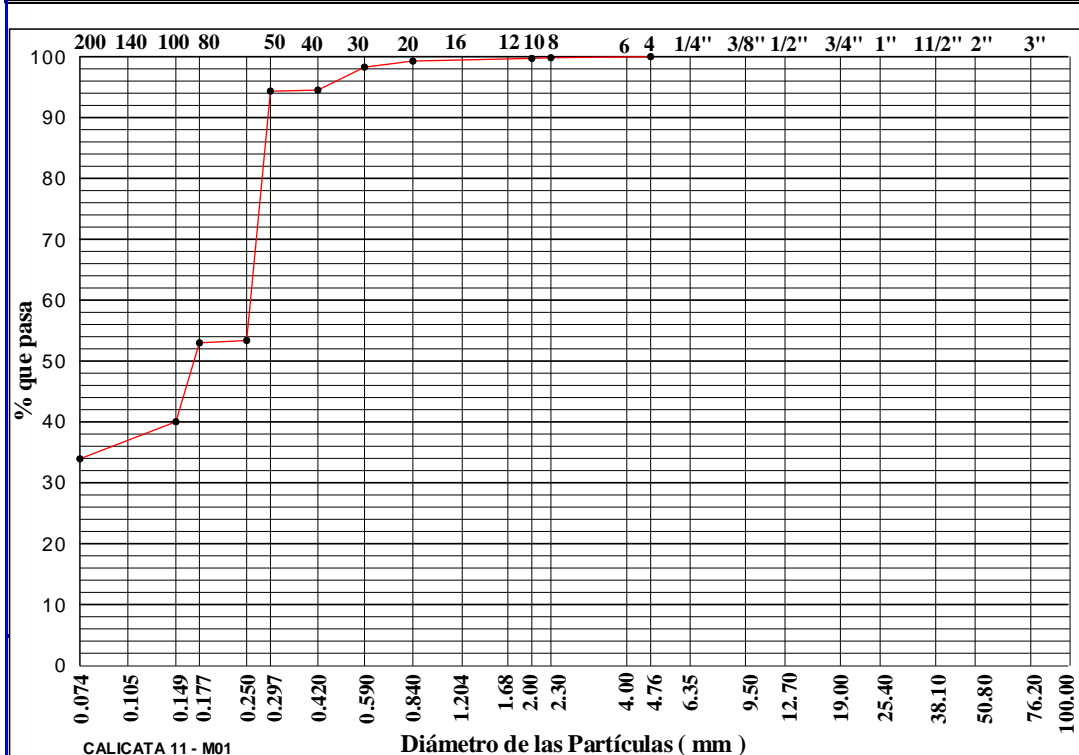
  
**MARCO A. HERNÁNDEZ AGUILAR**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) No. 12345



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE MOYOBAMBA  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO  
**REALIZADO :** GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**MUESTRA :** CALICATA 11 - M01 PROFUNDIDAD : 0.250 m - 2.00m.  
**PROGRESIVA :** Km 4 + 320  
**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2009

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = 22.05% L.P. = 18.13% I.P. = 3.92% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>SM</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A - 2 - 4</b> I.G. = <b>0</b> C <sub>u</sub> = <b>4.30</b> C <sub>c</sub> = <b>0.33</b>
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4				100.00		
Nro. 8	1.60	0.18	0.18	99.82		
Nro. 10	0.87	0.10	0.28	99.72		
Nro. 20	3.98	0.45	0.73	99.27	<b>OBSERVACIONES :</b> MATERIAL (gr) <span style="float: right;">996</span> AGREG. GRUESO (gr) <span style="float: right;">0      0.00%</span> AGREG. FINO (gr) <span style="float: right;">996      100.00%</span>	
Nro. 30	8.91	1.00	1.73	98.27		
Nro. 40	33.50	3.77	5.50	94.50		
Nro. 50	1.50	0.17	5.66	94.34		
Nro. 60	364.12	40.96	46.62	53.38		
<b>Técnica del Cuarteo</b>						
Nro. 80	3.44	0.39	47.01	52.99	Fracción Humeda (gr) <span style="float: right;">996.39</span>	
Nro. 100	115.28	12.97	59.98	40.02	Humedad (%) <span style="float: right;">12.08%</span>	
Nro. 200	54.13	6.09	66.07	33.93	Fracción Seca (gr) <span style="float: right;">889.00</span>	
PASA Nro. 200	301.67	33.93	100.00	0.00		

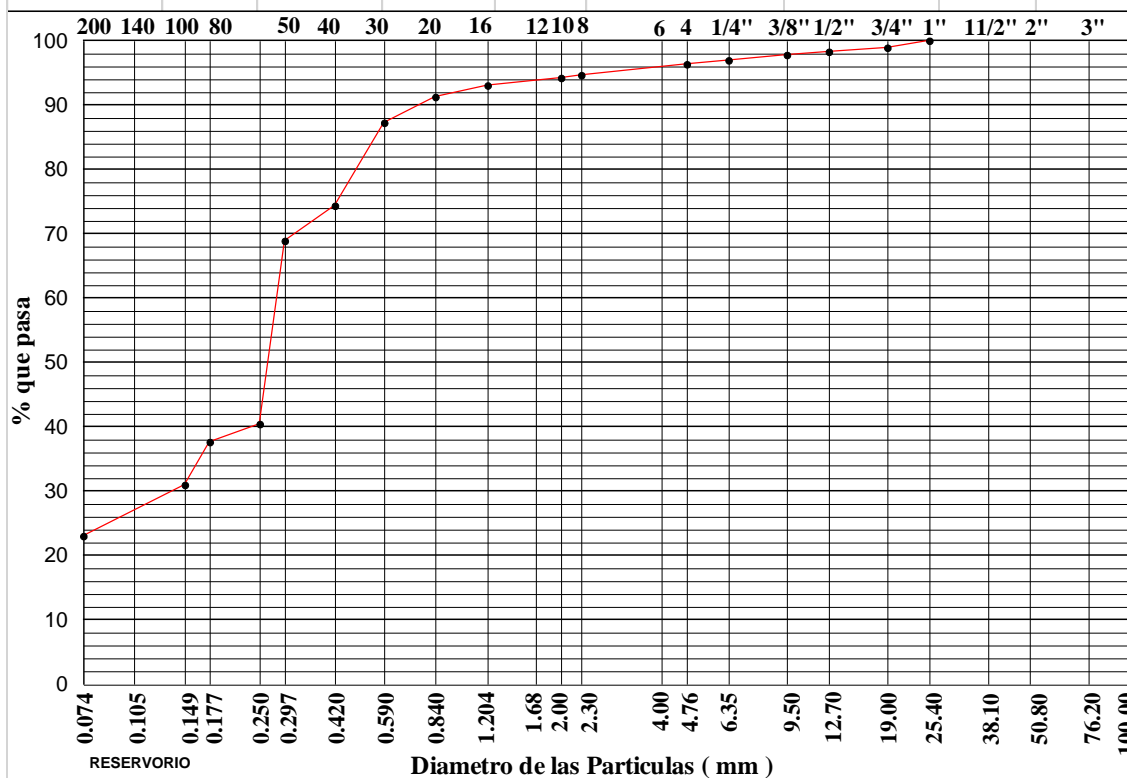


  
**MARCO A. FERNANDEZ AGUILAR**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) 10415

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA.  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO.  
**REALIZADO :** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** RESERVORIO  
**FECHA :** ENERO DEL 2010

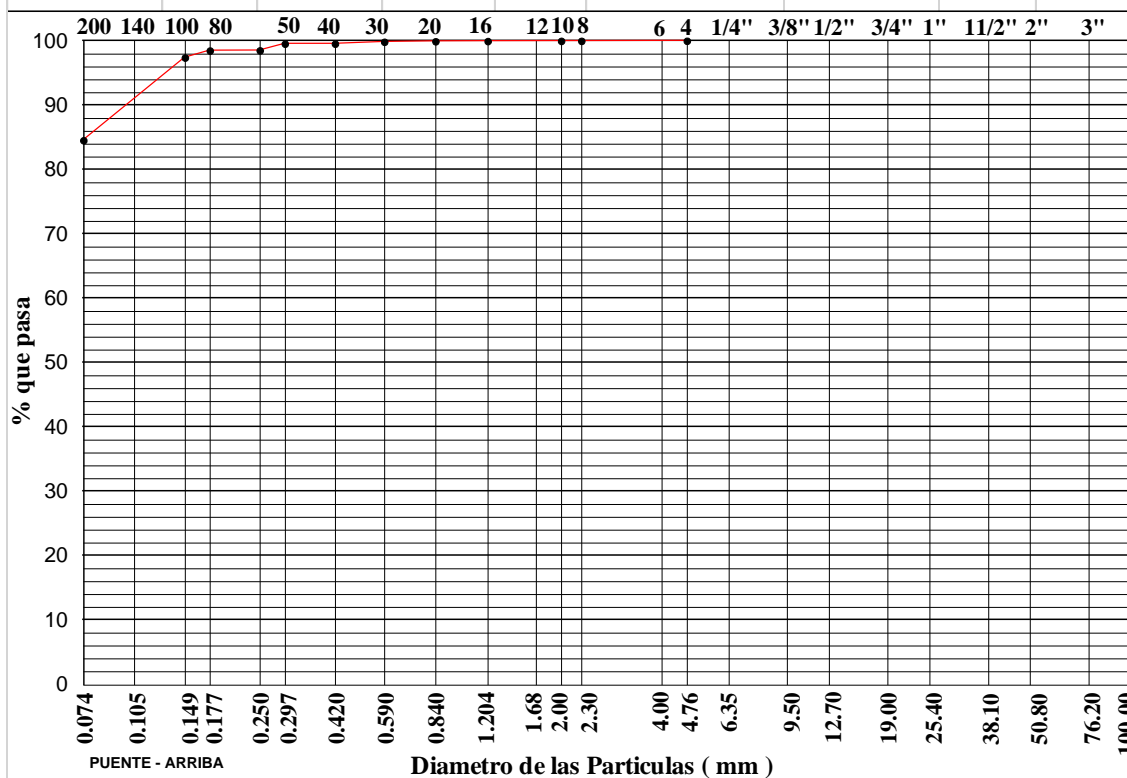
TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"							
3"							
2"						L.L. =	NP
1 1/2"						L.P. =	NP
1"				100.00		I.P. =	NP
3/4"	12.00	108	108	98.92		CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = SM	
1/2"	7.01	0.63	172	98.28		CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 2 - 4	
3/8"	5.53	0.50	2.22	97.78		I.G. =	2
1/4"	9.17	0.83	3.05	96.95		Cu =	4.50
Nro. 4	6.71	0.61	3.65	96.35		Cc =	1.11
Nro. 8	18.75	170	5.35	94.65			
Nro. 10	4.83	0.44	5.79	94.21		OBSERVACIONES :	
Nro. 16	12.91	17	6.95	93.05			
Nro. 20	19.82	179	8.75	91.25	MATERIAL (gr)	12792	
Nro. 30	44.34	4.01	12.75	87.25	AGREG. GRUESO (gr)	467	3.65%
Nro. 40	142.64	12.90	25.65	74.35	AGREG. FINO (gr)	12325	96.35%
Nro. 50	60.38	5.46	31.11	68.89			
Nro. 60	314.92	28.47	59.58	40.42			
Nro. 80	30.89	2.79	62.38	37.62	Fracción Humeda (gr)	1200.09	
Nro. 100	73.83	6.68	69.05	30.95	Humedad (%)	8.51%	
Nro. 200	87.92	7.95	77.00	23.00	Fracción Seca (gr)	1106.00	
PASA Nro. 200	254.35	23.00	100.00	0.00			



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA.  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO.  
**REALIZADO :** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** ESTRUCTURA CAISSON - SUELO DE EXCAVACIÓN.  
**FECHA :** ENERO DEL 2010

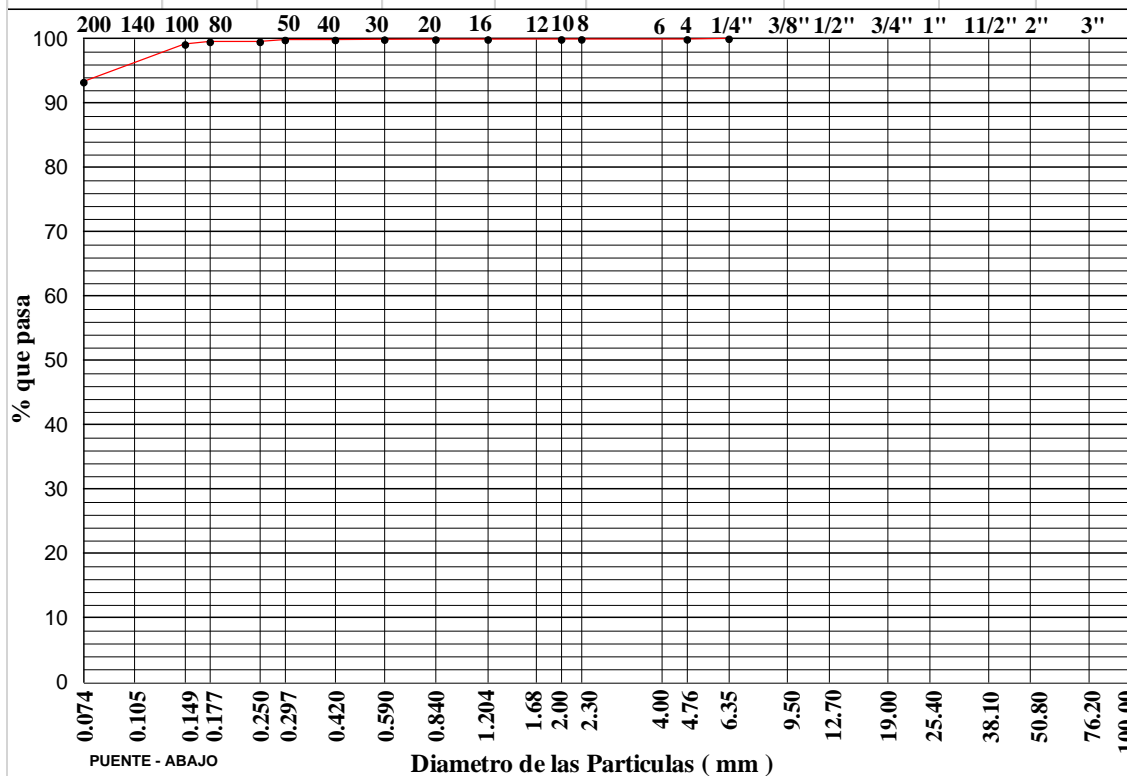
TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 24.90% L.P. = 18.67% I.P. = 6.23% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL-ML CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 4 I.G. = 8 Cu = 1.21 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4				100.00		
Nro. 8	0.10	0.01	0.01	99.99	<b>OBSERVACIONES :</b>  MATERIAL (gr) 12000 AGREG. GRUESO (g) 0 0.00% AGREG. FINO (g) 12000 100.00%  Fracción Humeda (g) 865.20 Humedad 21.52% Fracción Seca 712.00	
Nro. 10	0.04	0.01	0.02	99.98		
Nro. 16	0.25	0.04	0.05	99.95		
Nro. 20	0.19	0.03	0.08	99.92		
Nro. 30	0.56	0.08	0.16	99.84		
Nro. 40	2.09	0.29	0.45	99.55		
Nro. 50	0.01	0.00	0.46	99.54		
Nro. 60	7.41	1.04	1.50	98.50		
Nro. 80	0.23	0.03	1.53	98.47		
Nro. 100	7.70	1.08	2.61	97.39		
Nro. 200	91.60	12.87	15.47	84.53		
PASA Nro. 200	601.82	84.53	100.00	0.00		



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA.  
**SOLICITA :** CONSORCIO AMAZONICO.  
**REALIZADO :** GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**UBICACIÓN :** ESTRUCTURA CAISSON - SUELO DE CIMENTACIÓN  
**FECHA :** ENERO DEL 2010

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = 28.15% L.P. = 20.30% I.P. = 7.85% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A - 4 I.G. = 8 Cu = 1.19 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"				100.00		
Nro. 4	0.60	0.10	0.10	99.90		
Nro. 8	0.01	0.00	0.10	99.90		
Nro. 10	0.05	0.01	0.11	99.89	OBSERVACIONES :  MATERIAL (gr) 10000 AGREG. GRUESO (g) 10 0.10% AGREG. FINO (g) 9990 99.90%  Fracción Humeda (g) 793.20 Humedad 26.31% Fracción Seca 628.00	
Nro. 16	0.06	0.01	0.11	99.89		
Nro. 20	0.04	0.01	0.12	99.88		
Nro. 30	0.07	0.01	0.13	99.87		
Nro. 40	0.36	0.06	0.19	99.81		
Nro. 50	0.01	0.00	0.19	99.81		
Nro. 60	1.80	0.29	0.48	99.52		
Nro. 80	0.06	0.01	0.49	99.51		
Nro. 100	2.51	0.40	0.89	99.11		
Nro. 200	36.79	5.86	6.75	93.25		
PASA Nro. 200	585.64	93.25	100.00	0.00		



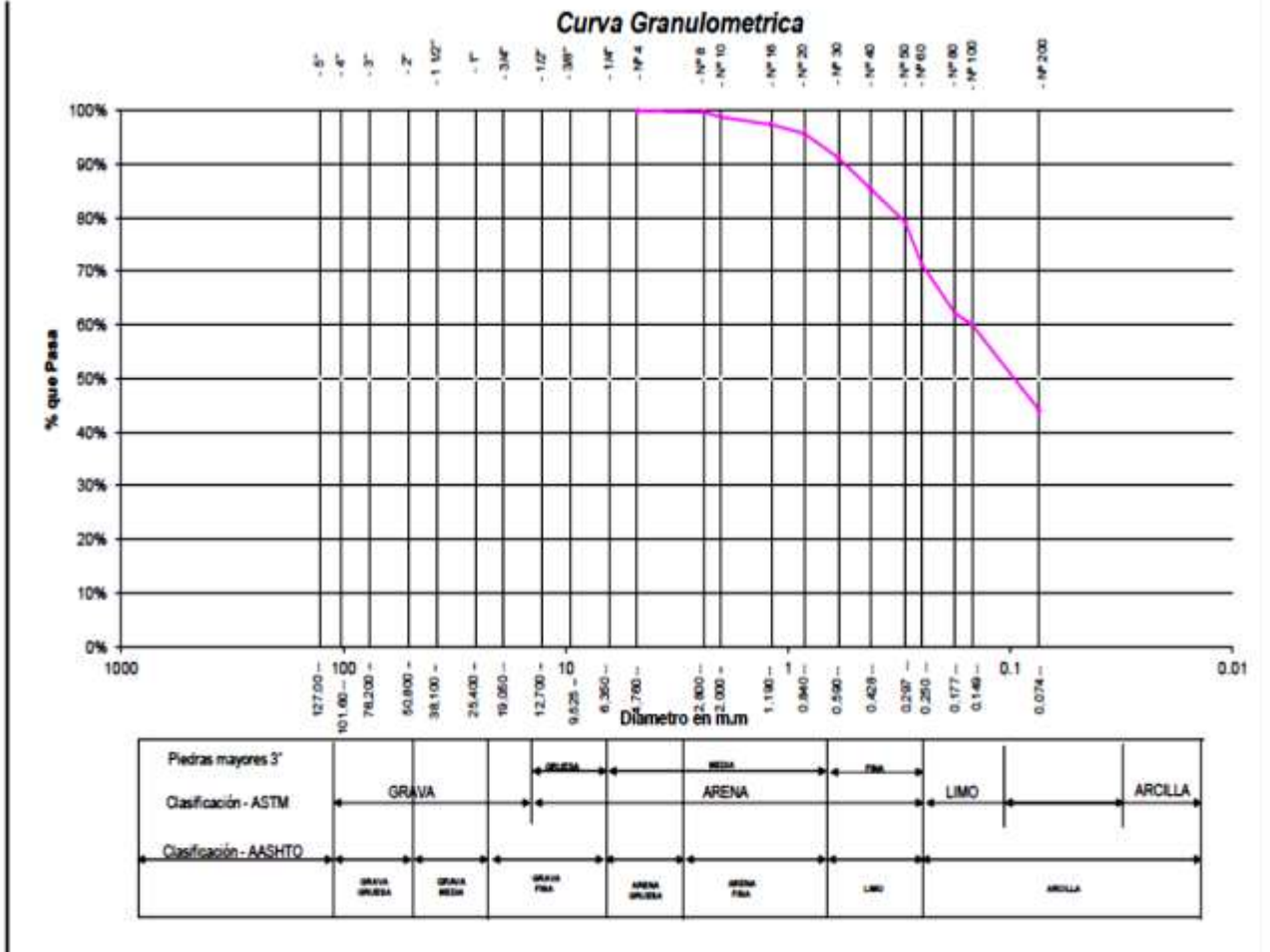
**ANEXO 4 - ANTECEDENTES DE LA LOCALIDAD DE  
TARAPOTO**

Proyecto : Clínica la Luz Categoría II-1, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín  
 Localización: sector Jr. Shapaja Cdra N° 01/ Distrito de Tarapoto/ Provincia de San Martín/ Dpto.: San Martín  
 Muestra : SPT N° 02 - Capa N° 02 - Parte Inicio del terreno  
 Material : Arena arcillosa, suelo semi denso, color amarillento  
 Para Uso : Construcción de Edificación

Perforación: Cielo Abierto  
 Kilometraje: -  
 Profundidad de Muestra: 1.00 - 3.45 mts.  
 Hecho Por: Ing. Civil Velarde Pezo Perea  
 Fecha: Febrero del 2015

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)					Modulo de Fineza AF:
5"	127.00					Modulo de Fineza AG:
4"	101.60					Equivalente de Arena:
3"	76.20					Descripción Muestra:
2"	50.80					Arena arcillosa
1 1/2"	38.10					SUCS =
1"	25.40					SC
3/4"	19.050					AASHTO =
1/2"	12.700					A-4(1)
3/8"	9.525					LL = 28.34
1/4"	6.350					WT =
Nº 4	4.750	0.00	0.00%	100.00%		LP = 17.35
Nº 8	2.380	5.42	0.31%	99.69%		IP = 8.99
Nº 10	2.000	15.79	0.91%	98.78%		IG =
Nº 16	1.190	24.27	1.40%	97.38%		D 90 =
Nº 20	0.840	29.38	1.69%	95.69%		D 80 =
Nº 30	0.590	80.11	4.82%	91.08%		D 30 =
Nº 40	0.426	96.57	5.57%	85.49%		D 10 =
Nº 50	0.297	108.08	8.23%	79.26%		%ARC = 44.03
Nº 60	0.250	138.32	7.98%	71.28%		%ERR =
Nº 80	0.177	158.69	9.15%	62.13%		Cc =
Nº 100	0.149	34.80	2.01%	39.87%		Cu =
Nº 200	0.074	279.17	16.10%	55.97%		Observaciones:
Fondo	0.01	763.40	44.03%	100.00%		Arena arcillosa, suelo semi denso, color amarillento, de media plasticidad con respecto al LL y de baja plasticidad con respecto al LP con 44.03% de finos (Que pasa la malla Nº 200), LL = 28.34% e LP = 8.99%, de expansión baja en condición normal con respecto al LP.
PESO INICIAL	1734.00					



**Proyecto** : Clínica la Luz, Categoría II-1, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Región San Martín  
**Localización** : Sector Jr. Shapaja Cdra. N° 01/ Distrito de Tarapoto/ Provincia de San Martín/ Dpto. San Martín  
**Muestra** : SPT N° 01 - Capa N° 02 - Parte del fondo del terreno  
**Material** : Arena arcillosa limosa, suelo blanco de color marrón con puntos negros  
**Para Uso** : Construcción de Edificación

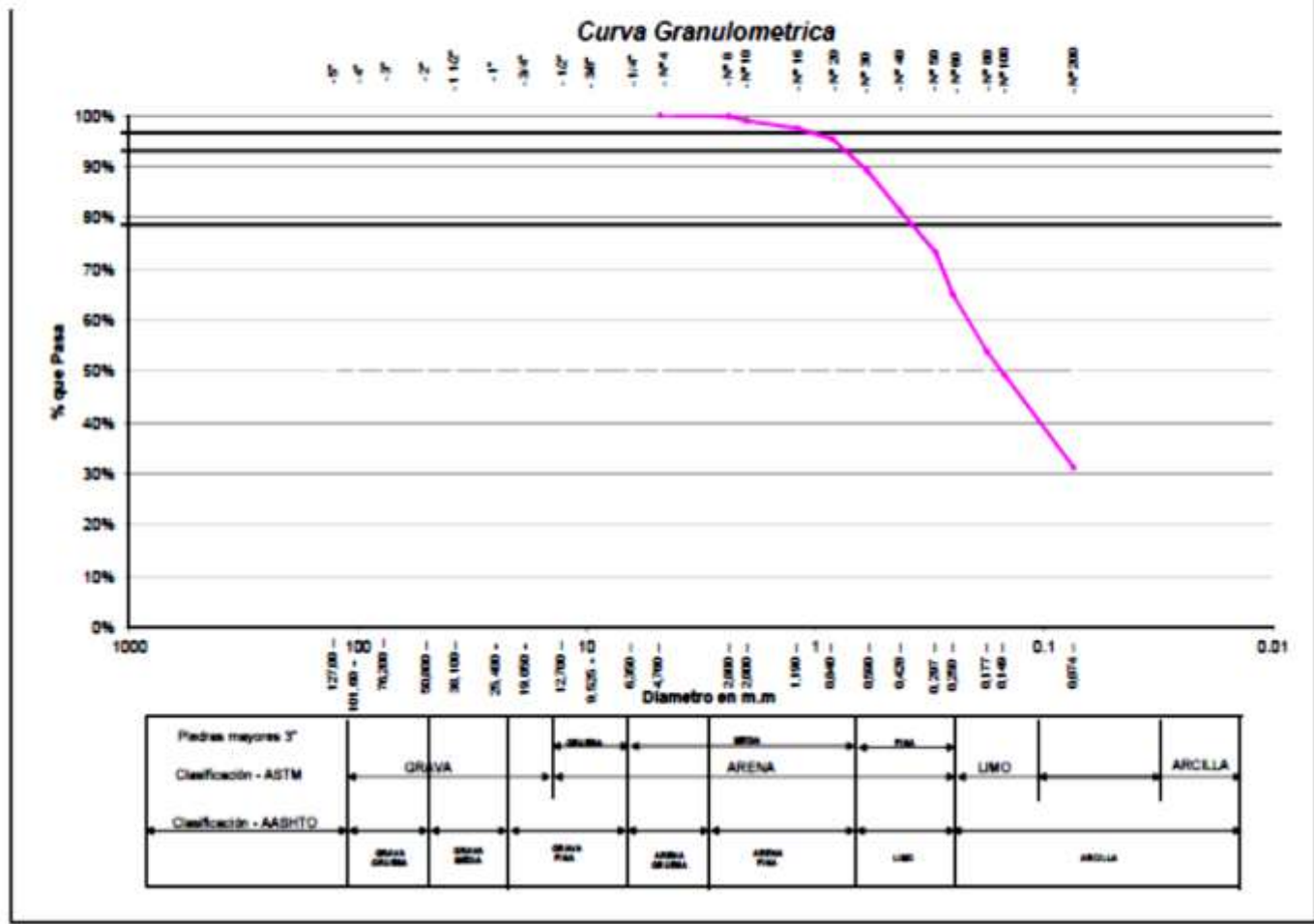
**Perforación**: Cielo Abierto  
**Kilometraje**: -  
**Profundidad de Muestra**: 1.30 - 1.60 mts.  
**Hecho Por**: Ing. Civil Velarde Pezo Pérez  
**Fecha**: Febrero del 2015

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Tamizos	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
Ø (mm)					
6"	127.00				
4"	101.60				
3"	76.20				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº 4	4.750	0.00	0.00%	100.00%	
Nº 8	2.380	0.77	0.18%	99.82%	
Nº 10	2.000	3.99	0.92%	98.91%	
Nº 18	1.180	6.24	1.43%	97.48%	
Nº 20	0.840	8.99	2.06%	95.42%	
Nº 30	0.600	27.40	6.28%	89.13%	
Nº 40	0.425	33.58	7.70%	81.43%	
Nº 60	0.297	35.88	8.23%	73.20%	
Nº 80	0.250	35.86	8.22%	64.97%	
Nº 80	0.177	48.64	11.16%	53.82%	
Nº 100	0.149	79.45	4.46%	49.36%	
Nº 200	0.074	79.16	18.16%	31.20%	
Fondo	0.01	135.04	31.20%	100.00%	
PESO INICIAL	436.00				

Tamaño Máximo:			
Modulo de Fineza AF:			
Modulo de Fineza AG:			
Equivalente de Arena:			
Descripción Muestra:	Arena arcillosa limosa		
SUCS =	SC-SM		
AASHTO =	A-3(4)		
LL	= 24.32	WT	=
LP	= 19.24	WT-SAL	=
IP	= 5.08	WSAL	=
IG	=	WT-SDL	=
		WSOL	=
D 90=		%ARC.	= 31.20
D 60=		%ERR.	=
D 30=		Cc	=
D 10=		Cu	=
Observaciones:			
Arena arcillosa limosa, suelo blanco de color marrón con puntos negros, de baja plasticidad con respecto al L.L. y de baja plasticidad con respecto al I.P. con 31.20% de finos (Que pasa la malla Nº 200), L.L. = 24.32% e I.P. = 5.08%, de expansión baja en condición normal con respecto al I.P.			



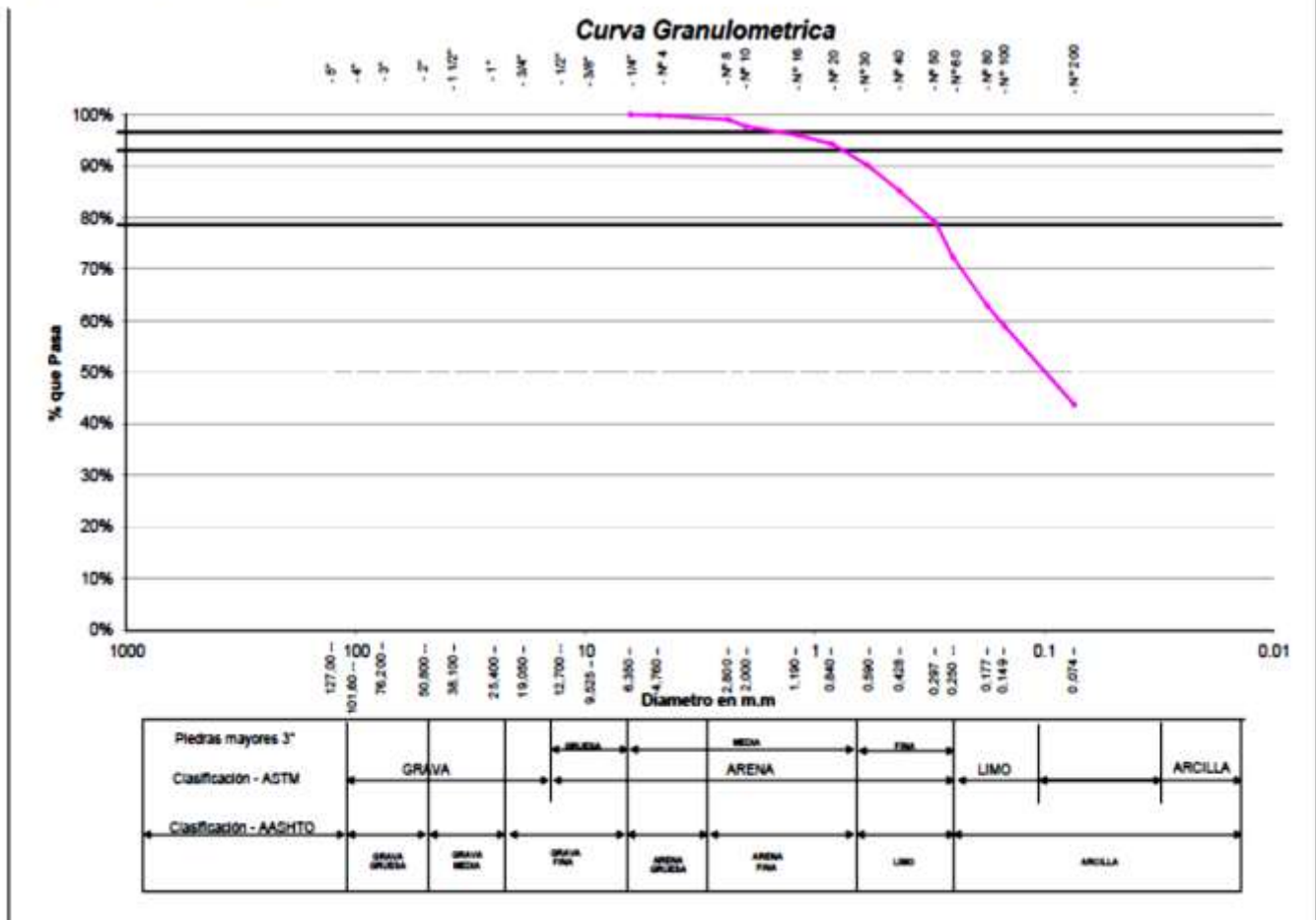
**Proyecto** : Clínica la Luz Categoría II-1, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín  
**Localización** : sector Jr. Shapaja Cdra Nº 01/ Distrito de Tarapoto/ Provincia de San Martín/ Dpto.:San Martín  
**Muestra** : SPT Nº 01 - Capa Nº 03 - Parte del fondo del terreno  
**Material** : Arena arcillosa, suelo blando de color marrón con mezcla de amarillento  
**Para Uso** : Construcción de Edificación

**Perforación:** Cielo Abierto  
**Kilometraje:** -  
**Profundidad de Muestra:** 1.80 - 4.45 mts.  
**Hecho Por:** Ing. Civil Velarde Pezo Perea  
**Fecha:** Febrero del 2,015

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:		
Ø	(mm)						Modulo de Fineza AF:		
5"	127.00						Modulo de Fineza AG:		
4"	101.60						Equivalente de Arena:		
3"	76.20						Descripción Muestra:	Arena arcillosa	
2"	50.80								
1 1/2"	38.10								
1"	25.40								
3/4"	19.050						SUCS =	SC	
1/2"	12.700						LL =	24.70	
3/8"	9.525						LP =	17.17	
1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		IP =	7.53	
Nº 4	4.760	0.93	0.20%	0.20%	99.80%		IG =		
Nº 8	2.380	3.59	0.78%	0.98%	99.04%		D 90=		
Nº 10	2.000	6.40	1.35%	2.31%	97.69%		D 60=		
Nº 16	1.190	7.72	1.83%	3.64%	96.06%		D 30=		
Nº 20	0.840	8.48	1.79%	5.73%	94.27%		D 10=		
Nº 30	0.590	19.51	4.12%	9.85%	90.15%				
Nº 40	0.426	23.87	5.00%	14.86%	85.14%				
Nº 50	0.297	29.36	6.21%	21.07%	78.93%				
Nº 60	0.250	31.18	6.59%	27.66%	72.34%				
Nº 80	0.177	44.72	9.45%	37.11%	62.89%				
Nº 100	0.149	18.43	3.80%	41.01%	58.99%				
Nº 200	0.074	72.32	15.29%	56.30%	43.70%				
Fondo	0.01	206.71	43.70%	100.00%	0.00%				
PESO INICIAL		473.00							

Observaciones :  
 Arena arcillosa, suelo blando de color marrón con mezcla de amarillento, de baja plasticidad con respecto al LL y de baja plasticidad con respecto al IP con 43.70% de finos (Que pasa la malla Nº 200), LL = 24.70% e IP = 7.53%, de expansión baja en condición normal con respecto al IP.





Proyecto : Clínica la Luz Categoría II-1, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín  
 Localización: sector Jr. Shapaja Cdra. Nº 01/ Distrito de Tarapoto/ Provincia de San Martín/ Dpto.: San Martín  
 Muestra : SPT Nº 01 - Capa Nº 03 - Parte del fondo del terreno  
 Material : Conglomerado mezcla de grava arena limo y arcilla, con bolonetas, suelo denso de color amarillento  
 Para Uso : Construcción de Edificación

Perforación: Cielo Abierto  
 Kilometraje: -  
 Profundidad de Muestra: 4.45 - 9.00 mts.  
 Hecho Por: Ing. Civil Velarde Pezo Perea  
 Fecha: Febrero del 2015

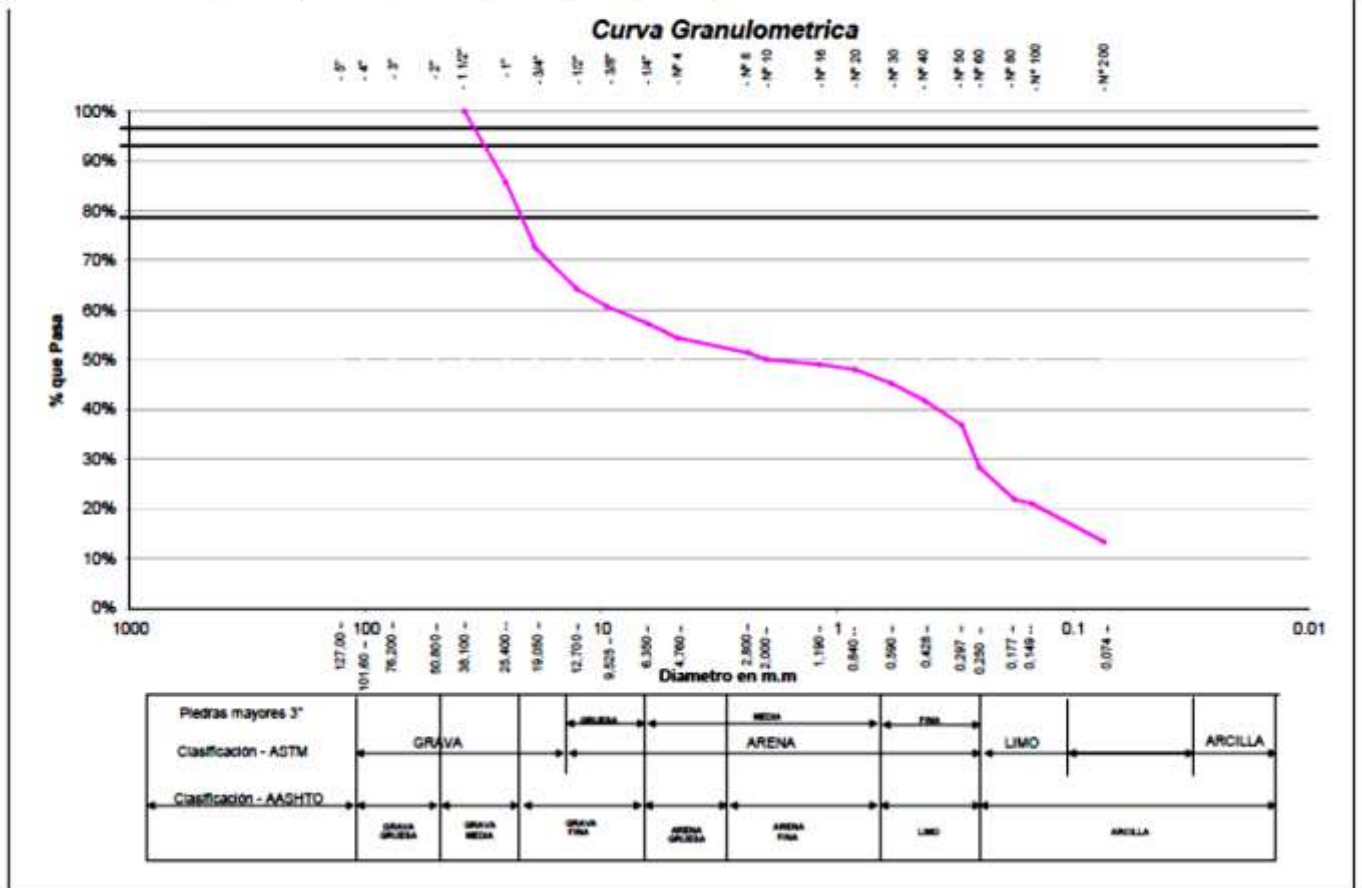
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF: _____
5"	127.00					Modulo de Fineza AG: _____
4"	101.60					Equivalente de Arena: _____
3"	76.20					Descripción Muestra: _____
2"	50.80					Conglomerado mezcla de grava arena limo y arcilla
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
1"	25.40	350.25	14.37%	14.37%	85.63%	
3/4"	19.050	320.11	13.13%	27.50%	72.50%	
1/2"	12.700	201.15	8.26%	35.76%	64.24%	
3/8"	9.525	84.30	3.46%	39.21%	60.79%	
1/4"	6.350	85.95	3.53%	42.73%	57.27%	
Nº 4	4.760	70.64	2.80%	45.63%	54.37%	
Nº 8	2.380	73.28	3.00%	48.64%	51.36%	
Nº 10	2.000	32.30	1.32%	49.96%	50.04%	
Nº 16	1.190	23.57	0.97%	50.93%	49.07%	
Nº 20	0.840	25.94	1.06%	51.99%	48.01%	
Nº 30	0.590	87.68	2.78%	54.77%	45.23%	
Nº 40	0.426	84.42	3.46%	58.23%	41.77%	
Nº 50	0.297	119.82	4.91%	63.14%	36.86%	
Nº 60	0.250	208.94	8.57%	71.71%	28.29%	
Nº 80	0.177	158.78	6.43%	78.15%	21.85%	
Nº 100	0.149	20.58	0.84%	78.99%	21.01%	
Nº 200	0.074	187.20	7.68%	86.67%	13.33%	
Fondo	0.01	325.06	13.33%	100.00%	0.00%	
PESO INICIAL	2438.00					

SUCS =	GC-GM	AASHTO =	A1-b(0)
LL =	21.37	WT =	
LP =	16.16	WT+SAL =	
IP =	5.21	WSAL =	
IG =		WT+SDL =	
D 90 =		WSDL =	
D 60 =		%ARC =	13.33
D 30 =		%ERR =	
D 10 =		Cc =	
		Cu =	

Observaciones :  
 Conglomerado mezcla de grava arena limo y arcilla, con bolonetas, suelo denso de color amarillento, de baja plasticidad con respecto al LL, y de baja plasticidad con respecto al IP con 13.33% de finos (Que pasa la malla Nº 200, LL = 21.37% e IP = 5.21%, de expansión baja en condición normal con respecto al IP.

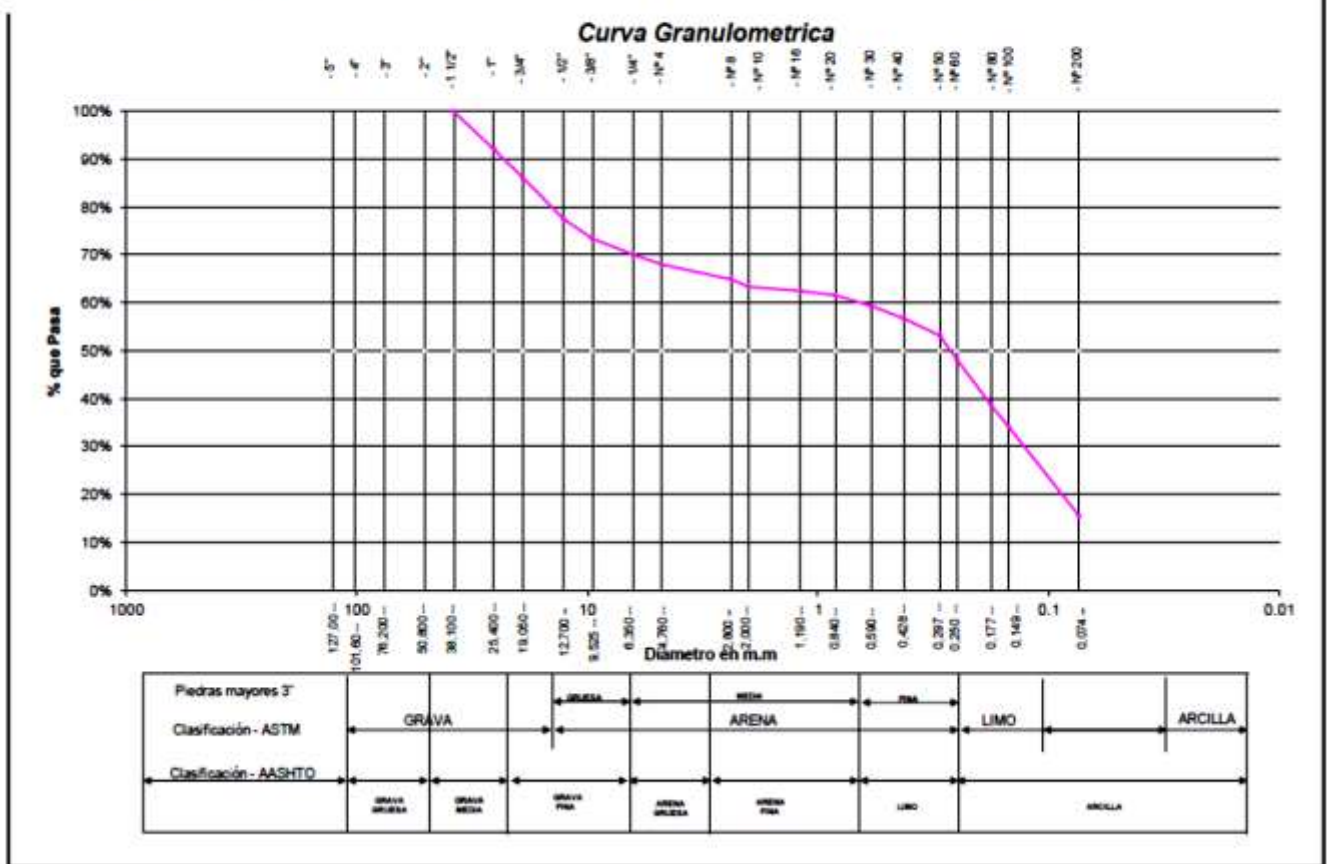


Proyecto : Clínica la Luz Categoría II-1, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín  
 Localización: sector Jr. Shapaja Cdra. N° 01/ Distrito de Tarapoto/ Provincia de San Martín/ Dpto. San Martín  
 Muestra : SPT N° 02 - Capa N° 03 - Parte Inicio del terreno  
 Material : Conglomerado mezcla de grava arena limo y arcilla, con boloneras, suelo denso, de color amarillento  
 Para Uso : Construcción de Edificación

Perforación: Cielo Abierto  
 Kilometraje: -  
 Profundidad de Muestra: 3.45 - 9.00 mts.  
 Hecho Por: Ing. Civil Velarde Pezo Perea  
 Fecha: Febrero del 2015

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

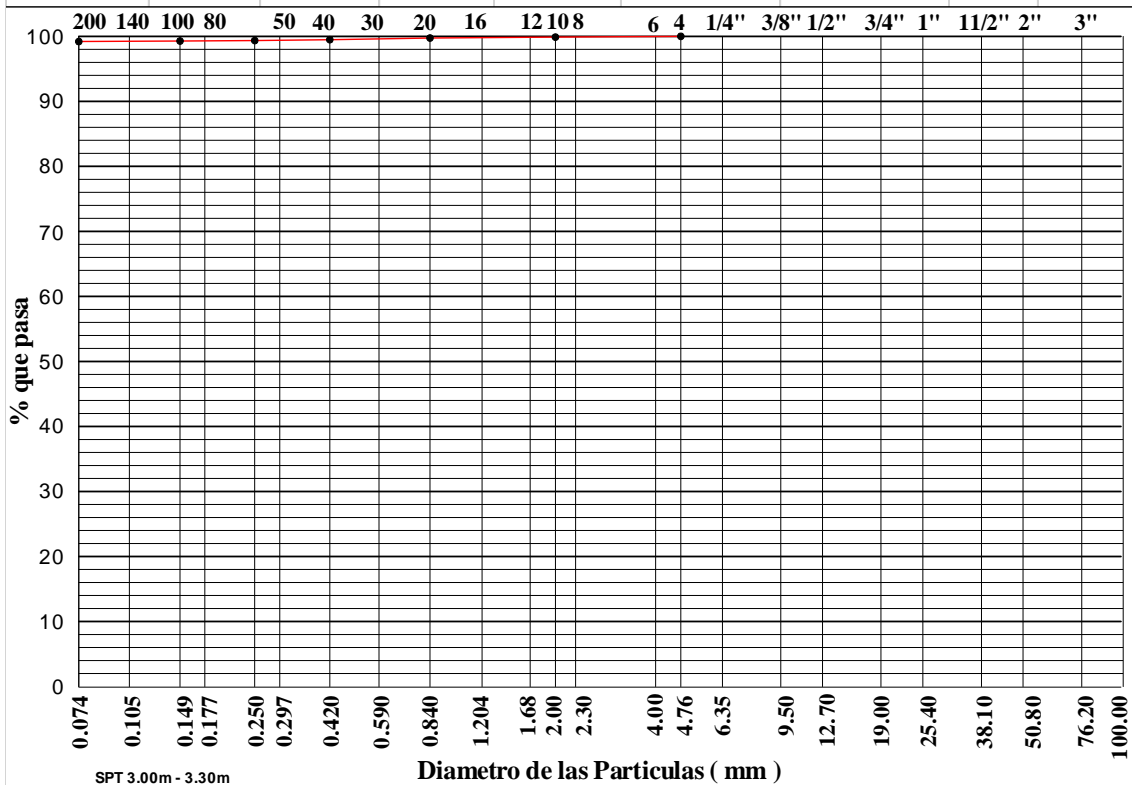
Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127.00						Modulo de Fineza AG:
4"	101.60						Equivalente de Arena:
3"	76.20						Descripción Muestra: Conglomerado mezcla de grava arena limo y arcilla
2"	50.80						
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		SUCS = GC AASHTO = A-2-4(0)
1"	25.40	205.05	12.46%	12.46%	87.54%		LL = 24.90 WT =
3/4"	19.050	150.15	9.10%	21.56%	78.44%		LP = 17.28 WT+SAL =
1/2"	12.700	202.15	12.25%	33.82%	66.18%		IP = 7.62 WSAL =
3/8"	9.525	160.44	9.72%	43.54%	56.46%		IG = WT+SDL =
1/4"	6.350	105.74	6.41%	49.95%	50.05%		D 90= %ARC = 16.30
Nº 4	4.760	95.65	5.80%	55.74%	44.26%		D 60= %ERR =
Nº 8	2.380	50.45	3.06%	58.80%	41.20%		D 30= Co =
Nº 10	2.000	12.70	0.77%	59.57%	40.43%		D 10= Cu =
Nº 16	1.190	8.40	0.51%	60.08%	39.92%		Observaciones:
Nº 20	0.840	7.32	0.44%	60.52%	39.48%		Conglomerado mezcla de grava arena limo y arcilla, con boloneras, suelo denso, de color amarillento, de baja plasticidad con respecto al LL y de baja plasticidad con respecto al IP con 16.30% de finos (Que pasa la malla Nº 200), LL = 24.90% e IP = 7.62%, de expansión baja en condición normal con respecto al IP.
Nº 30	0.590	18.31	1.11%	61.63%	38.37%		
Nº 40	0.426	21.46	1.30%	62.93%	37.07%		
Nº 50	0.297	29.15	1.77%	64.70%	35.30%		
Nº 60	0.250	42.53	2.58%	67.28%	32.72%		
Nº 80	0.177	80.14	4.86%	72.14%	27.86%		
Nº 100	0.149	36.14	2.19%	74.33%	25.67%		
Nº 200	0.074	154.88	9.37%	83.70%	16.30%		
Fondo	0.01	268.94	16.30%	100.00%	0.00%		
PESO INICIAL		1650.00					



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO	:	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA EVALUACION DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCION DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR EL SAUCE SOBRE EL RIO HUALLAGA
SOLICITA	:	CONSORCIO LAGUNA AZUL
REALIZADO	:	GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.
UBICACIÓN	:	UTCURARCA - ALBERTO LEVEAU - SAN MARTÍN
FECHA	:	AGOSTO DEL 2012
MATERIAL	:	SPT
PROFUNDIDAD :	:	3,00m - 3,30m

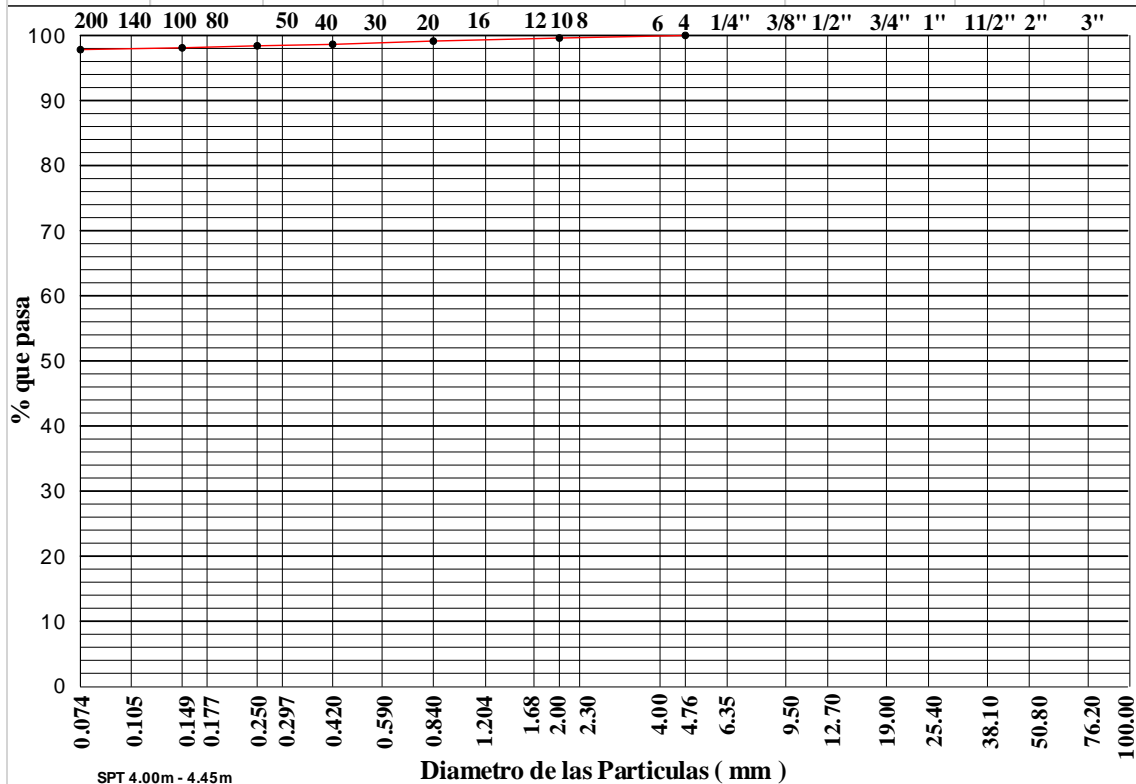
TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA			
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 28.10% L.P. = 17.34% I.P. = 10.76%  CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>CL</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A-6</b>  I.G. = <b>8</b> Cu = <b>1.18</b> Cc = <b>0.97</b>	
3"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"							
1/4"							
Nro. 4				100.00			
Nro. 10	0.30	0.13	0.13	99.87		<b>OBSERVACIONES :</b> MATERIAL (gr) <b>800</b> AGREG. GRUESO (gr) 0 0.00% AGREG. FINO (gr) 239.59 100.00%  Muestreo por Cuarteo (gr) <b>272.6</b> Humedad (%) 13.59% Fracción Seca (gr) <b>239.59</b>	
Nro. 20	0.33	0.14	0.26	99.74			
Nro. 40	0.60	0.25	0.51	99.49			
Nro. 60	0.32	0.13	0.65	99.35			
Nro. 100	0.18	0.08	0.72	99.28			
Nro. 200	0.19	0.08	0.80	99.20			
PASA Nro. 200	237.67	99.20	100.00	0.00			



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO	:	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA EVALUACION DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCION DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR EL SAUCE SOBRE EL RIO HUALLAGA
SOLICITA	:	CONSORCIO LAGUNA AZUL
REALIZADO	:	GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.
UBICACIÓN	:	UTCURARCA - ALBERTO LEVEAU - SAN MARTÍN
FECHA	:	AGOSTO DEL 2012
MATERIAL	:	SPT
PROFUNDIDAD	:	4,00m - 4,45m

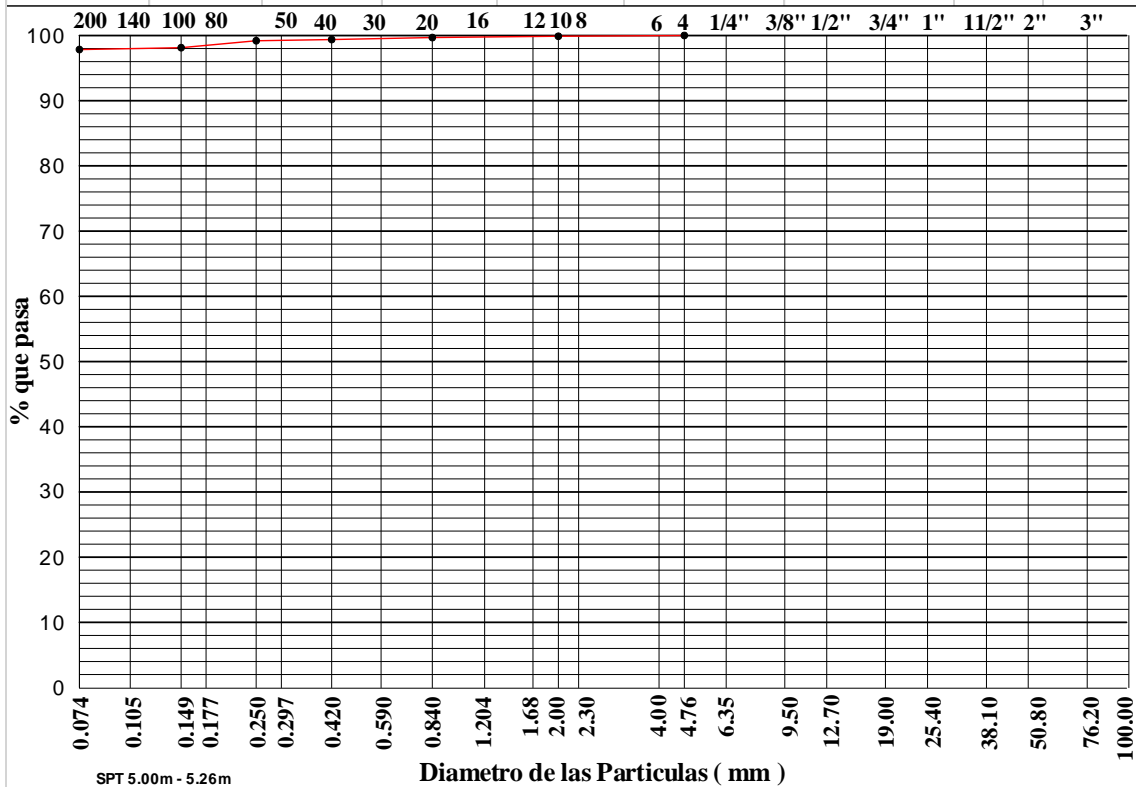
TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"						L.L. =	27.48%
3"						L.P. =	17.63%
2"						I.P. =	9.85%
1 1/2"						CLASIFICACIÓN S.U.C.S. =	CL
1"						CLASIFICACIÓN AASHTO =	A-4
3/4"						I.G. =	8
1/2"						Cu =	1.18
3/8"						Cc =	0.97
1/4"						OBSERVACIONES :	
Nro. 4						MATERIAL (gr)	800
Nro. 8				100.00		AGREG. GRUESO (gr)	0 0.00%
Nro. 10	1.47	0.40	0.40	99.60		AGREG. FINO (gr)	365.07 100.00%
Nro. 20	1.72	0.47	0.87	99.13		Muestreo por Cuarteo (gr)	414.09
Nro. 40	1.81	0.50	1.37	98.63		Humedad (%)	13.43%
Nro. 60	0.83	0.23	1.60	98.40		Fracción Seca (gr)	365.07
Nro. 100	1.14	0.31	1.91	98.09			
Nro. 200	1.01	0.28	2.19	97.81			
PASA Nro. 200	357.09	97.81	100.00	0.00			



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO	:	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA EVALUACION DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCION DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR EL SAUCE SOBRE EL RIO HUALLAGA
SOLICITA	:	CONSORCIO LAGUNA AZUL
REALIZADO	:	GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.
UBICACIÓN	:	UTCURARCA - ALBERTO LEVEAU - SAN MARTÍN
FECHA	:	AGOSTO DEL 2012
MATERIAL	:	SPT
PROFUNDIDAD	:	5,00m - 5,26m

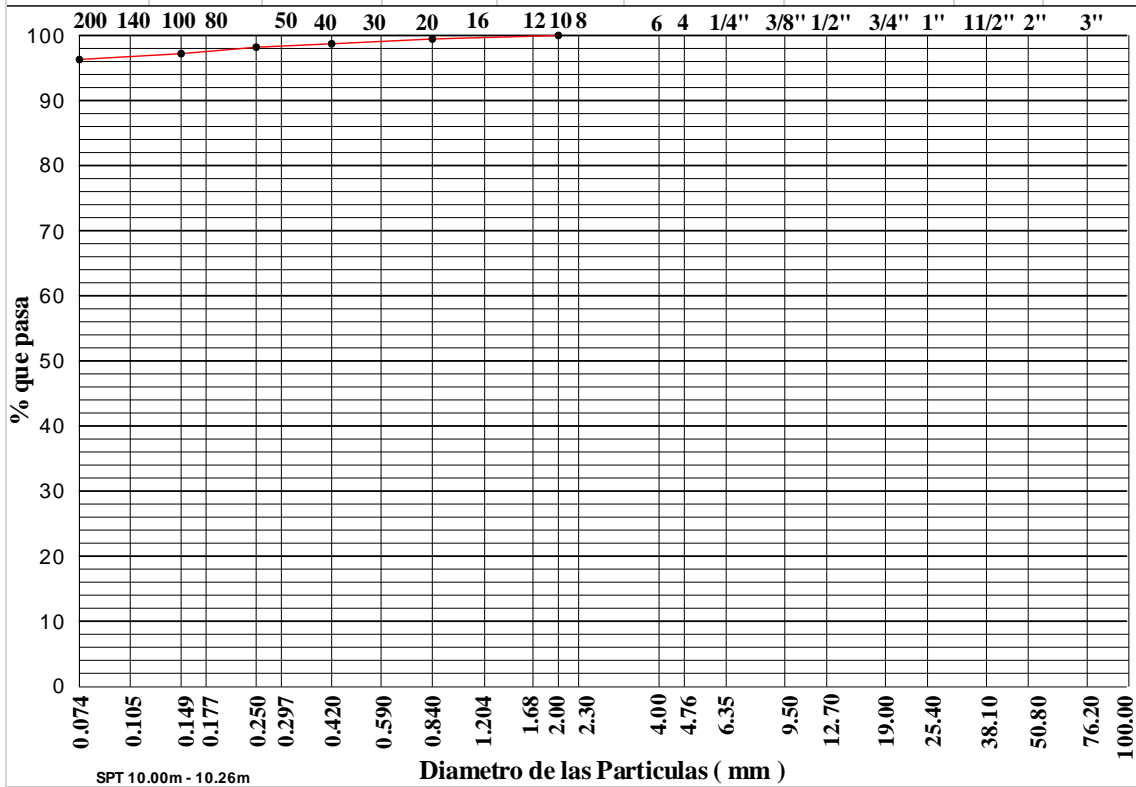
TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"							
3"							
2"						L.L. =	29.22%
1 1/2"						L.P. =	17.54%
1"						I.P. =	11.68%
3/4"						CLASIFICACIÓN S.U.C.S. =	CL
1/2"						CLASIFICACIÓN AASHTO =	A-6
3/8"						I.G. =	8
1/4"						Cu =	1.18
Nro. 4						Cc =	0.97
Nro. 8				100.00		OBSERVACIONES :	
Nro. 10	0.34	0.13	0.13	99.87		MATERIAL (gr)	800
Nro. 20	0.53	0.20	0.32	99.68		AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
						AGREG. FINO (gr)	27146    100.00%
Nro. 40	0.82	0.30	0.62	99.38		Muestreo por Cuarteo (gr)	322.43
Nro. 60	0.50	0.18	0.81	99.19		Humedad (%)	18.78%
Nro. 100	2.90	1.07	1.88	98.12		Fracción Seca (gr)	271.46
Nro. 200	0.76	0.28	2.16	97.84			
PASA Nro. 200	265.61	97.84	100.00	0.00			



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO	:	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA EVALUACION DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCION DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR EL SAUCE SOBRE EL RIO HUALLAGA
SOLICITA	:	CONSORCIO LAGUNA AZUL
REALIZADO	:	GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.
UBICACIÓN	:	UTCURARCA - ALBERTO LEVEAU - SAN MARTÍN
FECHA	:	AGOSTO DEL 2012
MATERIAL	:	SPT
PROFUNDIDAD:	:	10,00m - 10,26m

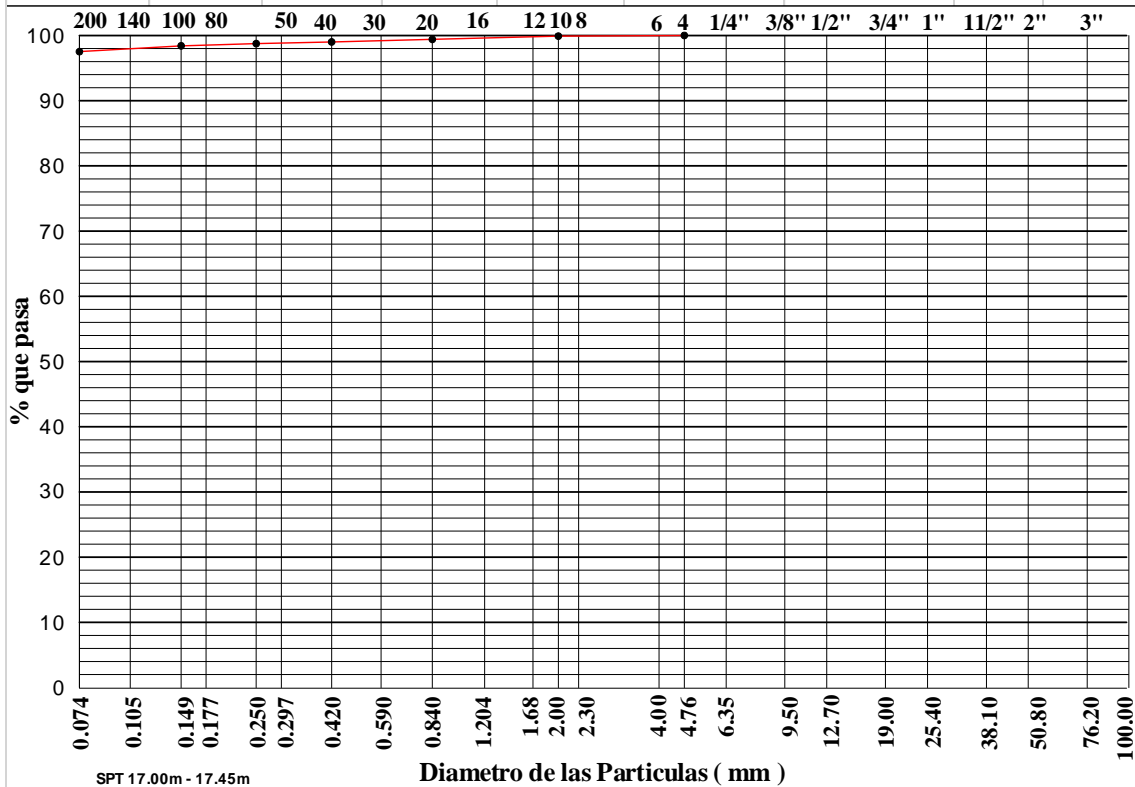
TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"						L.L. =	26.80%
3"						L.P. =	16.57%
2"						I.P. =	10.23%
1 1/2"						CLASIFICACIÓN S.U.C.S. =	CL
1"						CLASIFICACIÓN AASHTO =	A-4
3/4"						I.G. =	8
1/2"						Cu =	1.19
3/8"						Cc =	0.97
1/4"							
Nro. 4							
Nro. 8							
Nro. 10				100.00		OBSERVACIONES :	
Nro. 20	1.26	0.55	0.55	99.45		MATERIAL (gr)	800
						AGREG. GRUESO (gr)	0 0.00%
Nro. 40	1.70	0.74	1.29	98.71		AGREG. FINO (gr)	229.07 100.00%
Nro. 60	1.18	0.52	1.81	98.19			
Nro. 100	2.27	0.99	2.80	97.20		Muestreo por Cuarteo (gr)	268.99
Nro. 200	2.08	0.91	3.71	96.29		Humedad (%)	17.43%
PASA Nro. 200	220.58	96.29	100.00	0.00		Fracción Seca (gr)	229.07



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO	:	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA EVALUACION DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCION DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR EL SAUCE SOBRE EL RIO HUALLAGA
SOLICITA	:	CONSORCIO LAGUNA AZUL
REALIZADO	:	GEOMASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.
UBICACIÓN	:	UTCURARCA - ALBERTO LEVEAU - SAN MARTÍN
FECHA	:	AGOSTO DEL 2012
MATERIAL	:	SPT
PROFUNDIDAD:	:	17,00m - 17,45m

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO	
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"						L.L. = 28.90%	
3"						L.P. = 19.28%	
2"						I.P. = 9.62%	
1 1/2"						CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL	
1"						CLASIFICACIÓN AASHTO = A-4	
3/4"						I.G. = 8	
1/2"						Cu = 1.18	
3/8"						Cc = 0.97	
1/4"							
Nro. 4							
Nro. 8				100.00			
Nro. 10	0.28	0.10	0.10	99.90		OBSERVACIONES :	
Nro. 20	1.35	0.49	0.60	99.40		MATERIAL (gr) 800	
						AGREG. GRUESO (gr) 0 0.00%	
Nro. 40	1.08	0.40	0.99	99.01		AGREG. FINO (gr) 272.85 100.00%	
Nro. 60	0.70	0.26	1.25	98.75			
Nro. 100	0.93	0.34	1.59	98.41		Muestreo por Cuarteo (gr) 31179	
Nro. 200	2.42	0.89	2.48	97.52		Humedad (%) 14.27%	
PASA Nro. 200	266.09	97.52	100.00	0.00		Fracción Seca (gr) 272.85	



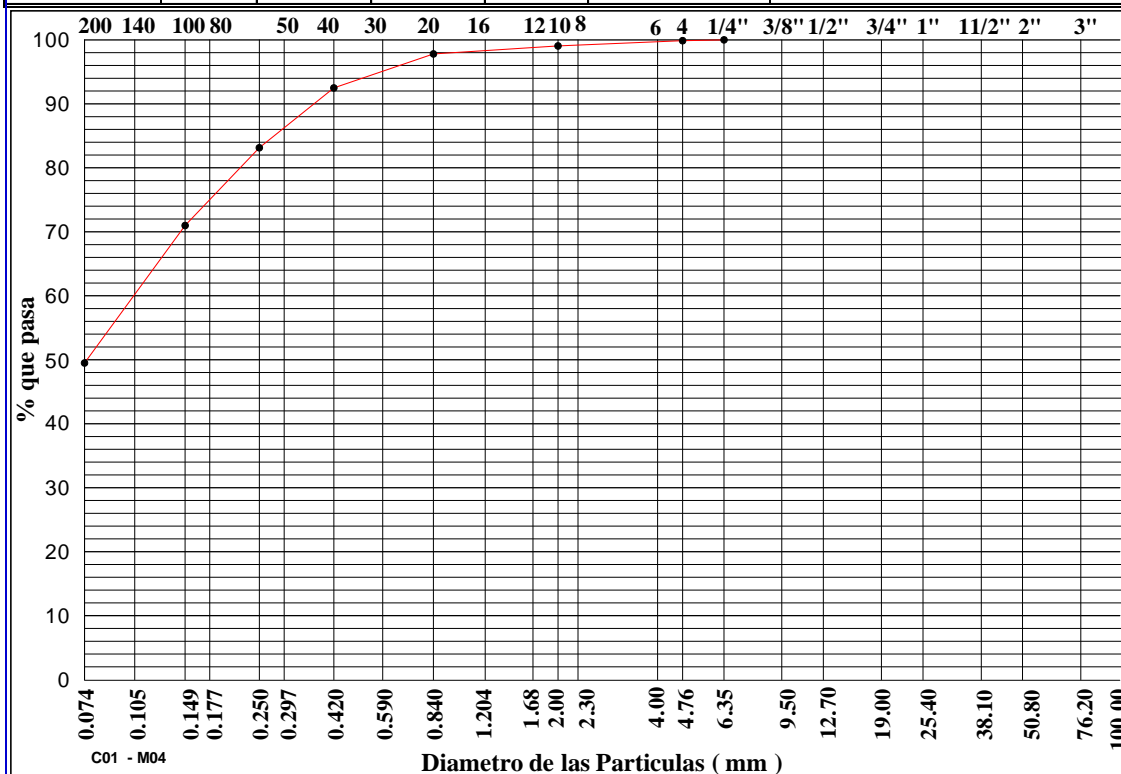
## **ANEXO 5 - ANTECEDENTES DE LA LOCALIDAD DE JUANJUI**



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE FORMACION UNIVERSITARIA  
**SOLICITA** : ING. VELARDE PEZO  
**REALIZADO** : ING. MARCO HERNANDEZ AGUILAR M.Sc.  
**UBICACIÓN** : FACULTAD DE AGROINDUSTRIAS DE LA UNMS SEDE JUANJUI  
**MUESTRA** : CALICATA 1 MUESTRA 04 PROFUNDIDAD : De 1.85 m  
**FECHA** : 11 DE MARZO DEL 2014

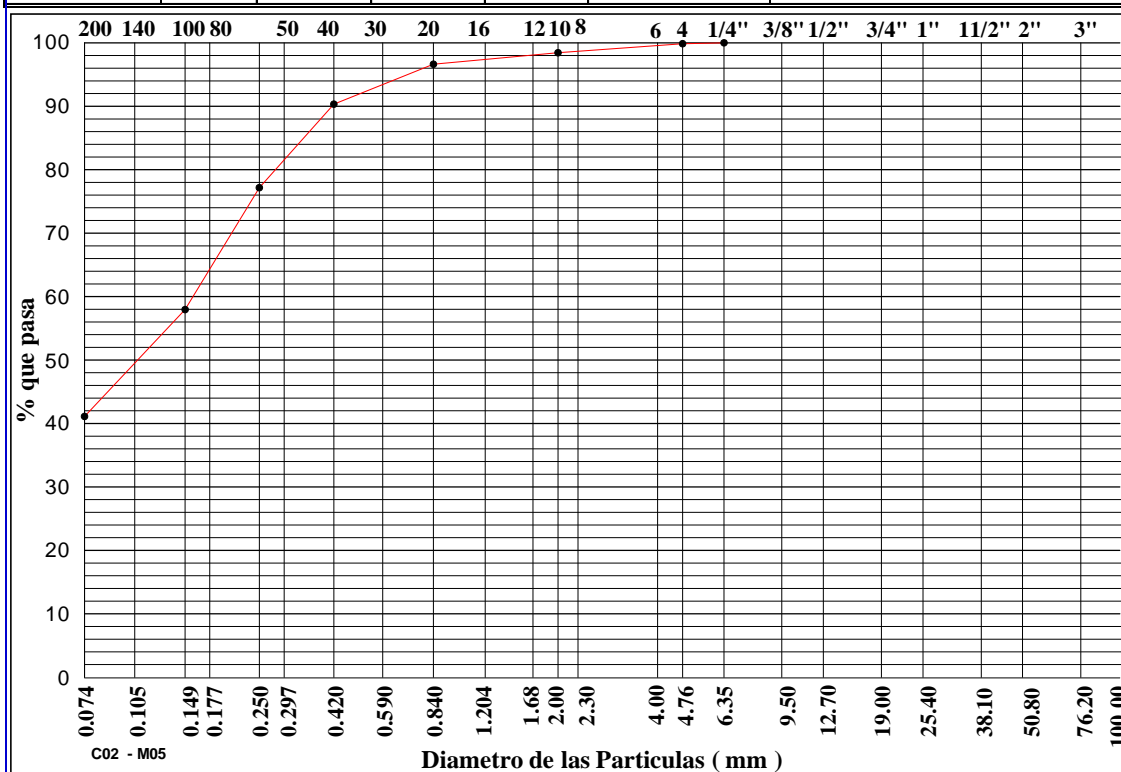
TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 23.40% L.P. = 19.68% I.P. = 3.72%  CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>SM</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A-4</b>  I.G. = 2 Cu = Cc =
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"				100.00		
Nro, 4	1.00	0.13	0.13	99.87		
Nro, 8						
Nro, 10	6.30	0.82	0.95	99.05		<b>OBSERVACIONES :</b>  MATERIAL (gr) <b>767.0</b> AGREG. GRUESO (gr) <b>1.00</b> <b>0.13%</b> AGREG. FINO (gr) <b>766</b> <b>99.87%</b>  Fracción Humeda (gr) <b>970.39</b> Humedad (%) <b>26.51%</b> Fracción Seca (gr) <b>767.02</b>
Nro, 20	9.57	1.25	2.20	97.80		
Nro, 30						
Nro, 40	40.75	5.31	7.51	92.49		
Nro, 50						
Nro, 60	71.73	9.35	16.86	83.14		
Nro 80						
Nro, 100	93.25	12.16	29.02	70.98		
Nro, 200	164.82	21.49	50.51	49.49		
PASA Nro. 200	379.60	49.49	100.00	0.00		



## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

**PROYECTO :** MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE FORMACION UNIVERSITARIA  
**SOLICITA :** ING. VELARDE PEZO  
**REALIZADO :** ING. MARCO HERNANDEZ AGUILAR M.Sc.  
**UBICACIÓN :** FACULTAD DE AGROINDUSTRIAS DE LA UNMS SEDE JUANJUI  
**MUESTRA :** CALICATA 2 MUESTRA 05 PROFUNDIDAD : De 1.8 m  
**FECHA :** 11 DE MARZO DEL 2014

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  L.L. = 22.00% L.P. = 18.66% I.P. = 3.34% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = <b>SM</b> CLASIFICACIÓN AASHTO = <b>A-4</b> I.G. = 1 Cu = Cc =
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"				100.00		
Nro, 4	1.32	0.14	0.14	99.86		
Nro, 8						
Nro, 10	13.30	1.42	1.57	98.43		
Nro, 20	16.90	1.81	3.37	96.63		
Nro, 30						
Nro, 40	58.79	6.29	9.67	90.33		
Nro, 50						
Nro, 60	122.94	13.16	22.83	77.17		
Nro 80						
Nro, 100	179.45	19.21	42.05	57.95		
Nro, 200	157.31	16.84	58.89	41.11		
PASA Nro. 200	383.95	41.11	100.00	0.00		
<b>OBSERVACIONES :</b>						
MATERIAL (gr)					934.0	
AGREG. GRUESO (gr)					1.32	0.14%
AGREG. FINO (gr)					933	99.86%
Fracción Humeda (gr)					1161.32	
Humedad (%)					24.34%	
Fracción Seca (gr)					933.96	



## **ANEXO 6 - ANTECEDENTES DE LA LOCALIDAD DE SAPOSOA**

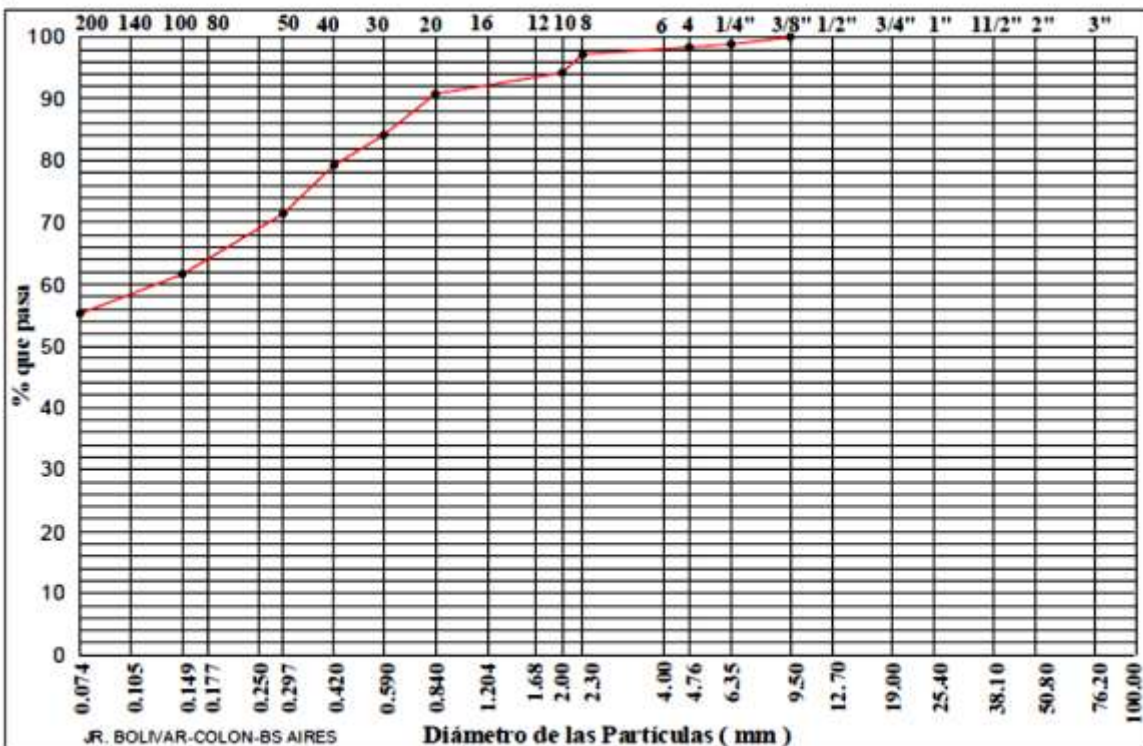


## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SAPOSO  
 SOLICITA : CONSORCIO ALIANZA  
 REALIZADO : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
 UBICACIÓN : CALLE BOLIVAR - COLON Y BUENOS AIRES  
 MUESTRA : MATERIAL PROPIO  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2011

SUPERVISA : ACRUTA & TAPIA

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  LL = 27.00% LP = 17.67% LP = 9.33% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A-4 LG = 4 Cu = 2.25 Cc = 0.56
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"				100.00		
1/4"	6	1.16	1.16	98.84		
Nro, 4	3	0.53	1.68	98.32		
Nro, 8	5.50	1.16	2.84	97.16		
Nro, 10	14.00	2.94	5.78	94.22		
Nro, 16	16.50	3.47	9.24	90.76		
Nro, 30	31.50	6.62	15.86	84.14		
Nro, 40	23.50	4.94	20.80	79.20		
Nro, 50	37.00	7.77	28.57	71.43		
Nro, 60						
Nro 80						
Nro, 100	46.50	9.77	38.34	61.66		
Nro, 200	30.50	6.41	44.75	55.25		
PASA Nro. 200	263.00	55.25	100.00	0.00		
OBSERVACIONES :						
MATERIAL (gr)						12500
AGREG. GRUESO (gr)						8      1.68%
AGREG. FINO (gr)						468      98.32%
Fracción Humeda						511.55
Humedad						7.47%
Fracción Seca						476.00





**Ingeniería Consultores**

Uk. Inscripción de Bases Urbanas D-104 B  
Bd. Máximo Fernández  
Barrios de Surco

**GEOMASTER S.A.C.**

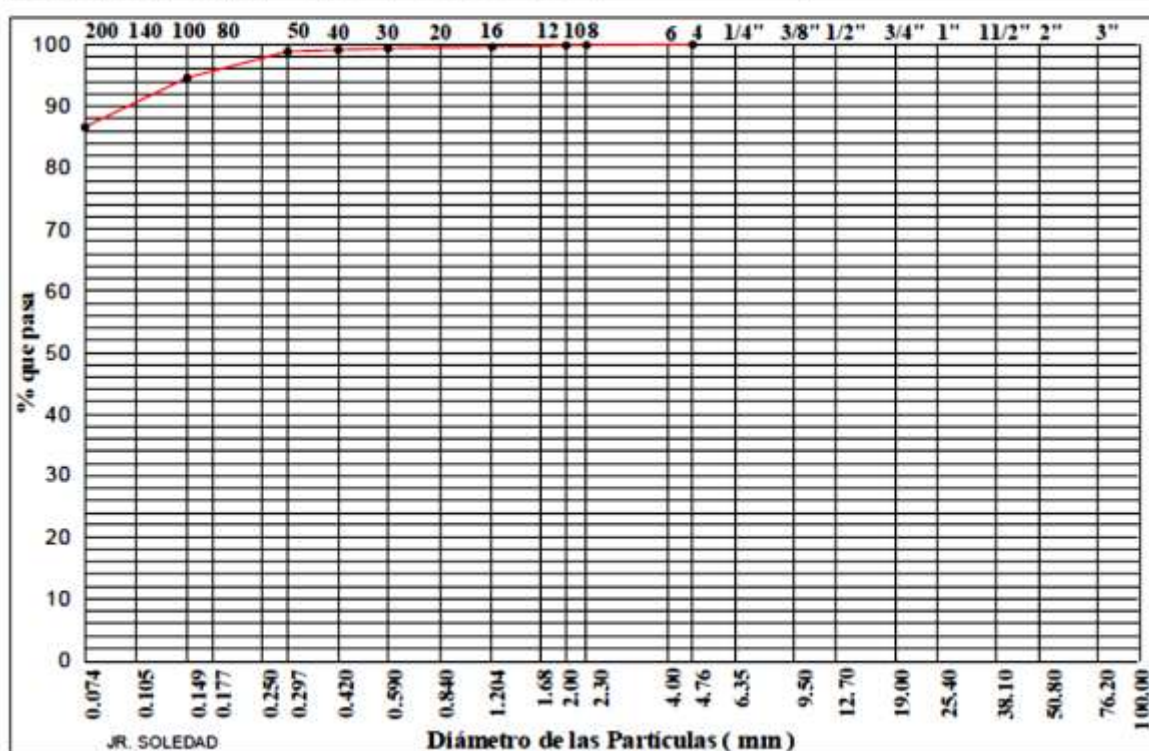
Teléfono : (01) 4388110  
www.geomaster.com

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SAPOSOA  
SOLICITA : CONSORCIO ALIANZA.  
REALIZADO : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
UBICACIÓN : JIRON SOLEDAD  
MUESTRA : MATERIAL PROPIO  
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2011

SUPERVISA : ACRUTA & TAPIA

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = 43.10% L.P. = 26.50% I.P. = 16.60% CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = OL CLASIFICACIÓN AASHTO = A-7-6 I.G. = 20 Cu = 1.21 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro. 4				100.00		
Nro. 8	0.34	0.08	0.08	99.92		
Nro. 10	0.19	0.04	0.12	99.88		
Nro. 16	1.13	0.26	0.38	99.62		
Nro. 30	1.10	0.25	0.63	99.37		
Nro. 40	1.18	0.27	0.89	99.11		
Nro. 50	1.07	0.24	1.13	98.87		
Nro. 60						
Nro. 80						
Nro. 100	18.92	4.29	5.42	94.58		
Nro. 200	35.33	8.00	13.42	86.58		
PASA Nro. 200	382.25	86.58	100.00	0.00		
OBSERVACIONES :						
MATERIAL (gr)						15410
AGREG. GRUESO (gr)						0      0.00%
AGREG. FINO (gr)						442      100.00%
Fracción Humeda						463.00
Humedad						4.87%
Fracción Seca						441.51



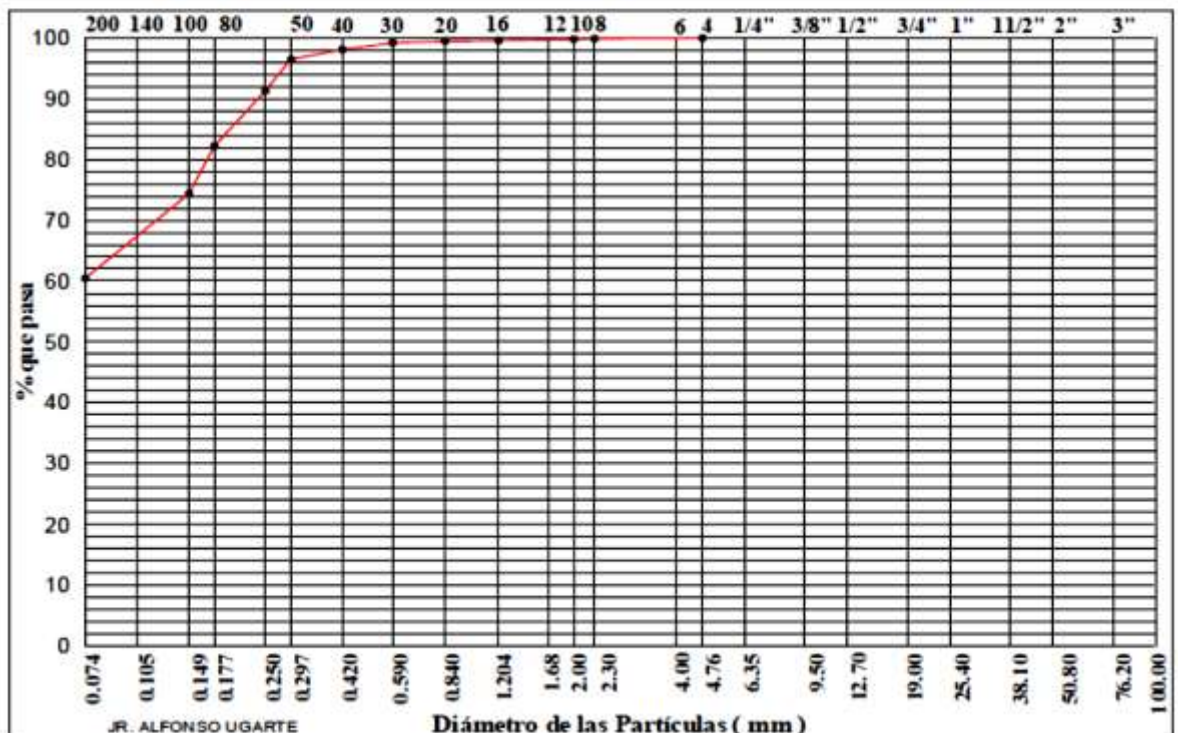


## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO NORMA ASTM D 422

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SAPOSOA  
 SOLICITA : CONSORCIO ALIANZA.  
 REALIZADO : GEO MASTER INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
 UBICACIÓN : JIRON ALFONSO UGARTE Y RAMON CASTILLA  
 MUESTRA : MATERIAL PROPIO  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2011

SUPERVISA : ACRUTA & TAPIA

TAMIZES ASTM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
4"						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  L.L. = 31.20% L.P. = 18.25% I.P. = 12.95%  CLASIFICACIÓN S.U.C.S. = CL CLASIFICACIÓN AASHTO = A-6  I.G. = 5 Cu = 1.29 Cc = 0.97
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nro, 4				100.00		
Nro, 8	0.43	0.10	0.10	99.90		
Nro, 10	0.32	0.07	0.17	99.83	OBSERVACIONES :	
Nro, 16	1.05	0.24	0.40	99.60	MATERIAL (gr)	14780
Nro, 20	0.24	0.05	0.46	99.54	AGREG. GRUESO (gr)	0      0.00%
Nro, 30	1.29	0.29	0.75	99.25	AGREG. FINO (gr)	445      100.00%
Nro, 40	5.05	1.13	1.88	98.12		
Nro, 50	7.24	1.63	3.51	96.49		
Nro, 60	22.85	5.13	8.64	91.36		
Nro, 80	40.80	9.16	17.80	82.20	Fracción Humeda (	570.00
Nro, 100	34.70	7.79	25.59	74.41	Humedad (	28.00%
Nro, 200	62.04	13.93	39.52	60.48	Fracción Seca (	445.33
PASA Nro. 200	269.32	60.48	100.00	0.00		



## ANEXO 7 – ENSAYOS MUESTRA SAPOSOA

### ENSAYOS PRELIMINARES - MUESTRA SAPOSOA

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (W%) NORMA ASTM D - 221</b>		<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Ensayo 3</b>
1	Numero de Recipiente	R - 3	R - A	83
2	Peso de Recipiente (gr)	49.72	34.53	13.85
3	Peso de Recipiente + muestra húmeda (gr)	180.07	226.49	103.55
4	Peso de Recipiente + muestra seca (gr)	141.92	170.13	77.49
5	Peso del agua (gr)	38.15	56.36	26.06
6	Peso de muestra seca (gr)	92.20	135.6	63.64
7	Humedad (%)	41.38%	41.56%	40.95%
8	Humedad Promedio (%)	41.30%		

<b>PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SOLIDOS (Gs)</b>		
1	Numero de Frasco	3
2	Peso de Frasco (gr)	343.15
3	Peso de Frasco + muestra húmeda (gr)	368.82
4	Numero de Recipiente	H
5	Peso del Recipiente (gr)	67.54
6	Peso del recipiente + muestra seca (gr)	108.08
7	Peso de la muestra seca	40.54
8	Gs	2.73
9	Gs promedio	2.73

<b>PESO ESPECIFICO NATURAL (Y gr/cc)</b>		
1	Peso de muestra húmeda (gr)	110.89
2	Peso de muestra húmeda + parafina (gr)	127.64
3	Volumen de agua en probeta (cc)	700.00
4	Volumen de muestra + parafina+ agua (cc)	790.00
5	Peso de parafina (gr)	16.75
6	Volumen de Parafina (cc)	19.25
7	Volumen de la muestra (cc)	70.75
8	Peso especifico natural (gr/cc)	1.57

**LIMITES DE CONSISTENCIA - MUESTRA SAPOSOA**

<b>LIMITE LIQUIDO (LL)</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Numero de Recipiente	107	108	109	110
2	Numero de Golpes	38	30	23	16
3	Peso del Recipiente (gr)	16.65	16.22	15.95	16.78
4	Peso del Recipiente + Muestra Humeda (gr)	35.67	33.48	34.77	36.05
5	Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr)	27.61	26.09	26.56	27.52
6	Peso del Agua (gr)	8.06	7.39	8.21	8.53
7	Peso de Muestra seca (gr)	10.96	9.87	10.61	10.74
8	Humedad (%)	73.54%	74.87%	77.38%	79.42%

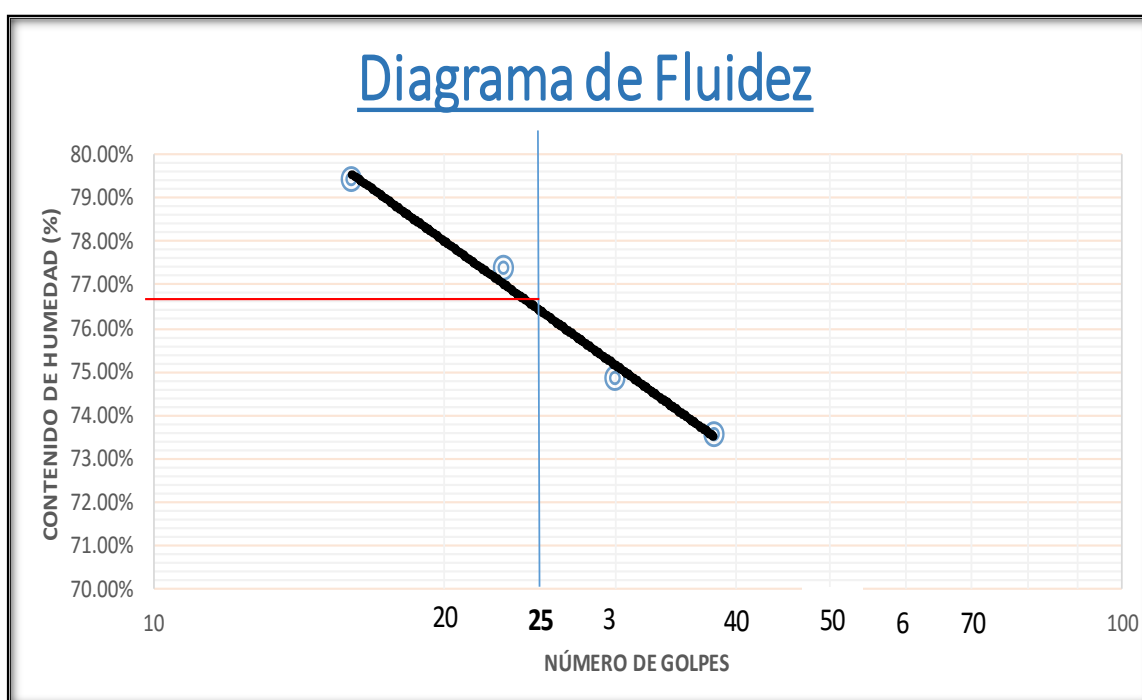
<b>LIMITE PLASTICO (LP)</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Numero de Recipiente	111	112	122
2	Peso de Recipiente (gr)	16.14	14.39	17.34
3	Peso de Recipiente + Muestra Humeda (gr)	24.04	22.04	24.14
4	Peso de Recipiente + Muestra Seca (gr)	21.37	19.93	22.25
5	Peso del Agua (gr)	2.67	2.11	1.89
6	Peso de Muestra Seca (gr)	5.23	5.54	4.91
7	Limite Plastico (%)	51.05%	38.09%	38.49%
8	Limite Plastico Promedio (%)	42.54%		

<b>LIMITE DE CONTRACCIÓN</b>		<b>1</b>	<b>2</b>
1	Número de Recipiente	1	2
2	Peso del recipiente (gr)	14.71	14.66
3	Peso de Recipiente + Muestra Humeda (gr)	40.36	40.48
4	Peso de Recipiente + Muestra Seca (gr)	29.98	30.02
5	Volumen de Recipiente (cc)	16.984	16.996
6	Volumen de Contracción (cc)	7.5	7.4
7	Peso del Agua (gr)	10.38	10.46
8	Peso de Muestra Seca (gr)	15.27	15.36
9	Humedad (%)	67.98%	68.10%
10	Limite de contracción (%)	5.87%	5.62%
11	LC Promedio (%)	5.75%	

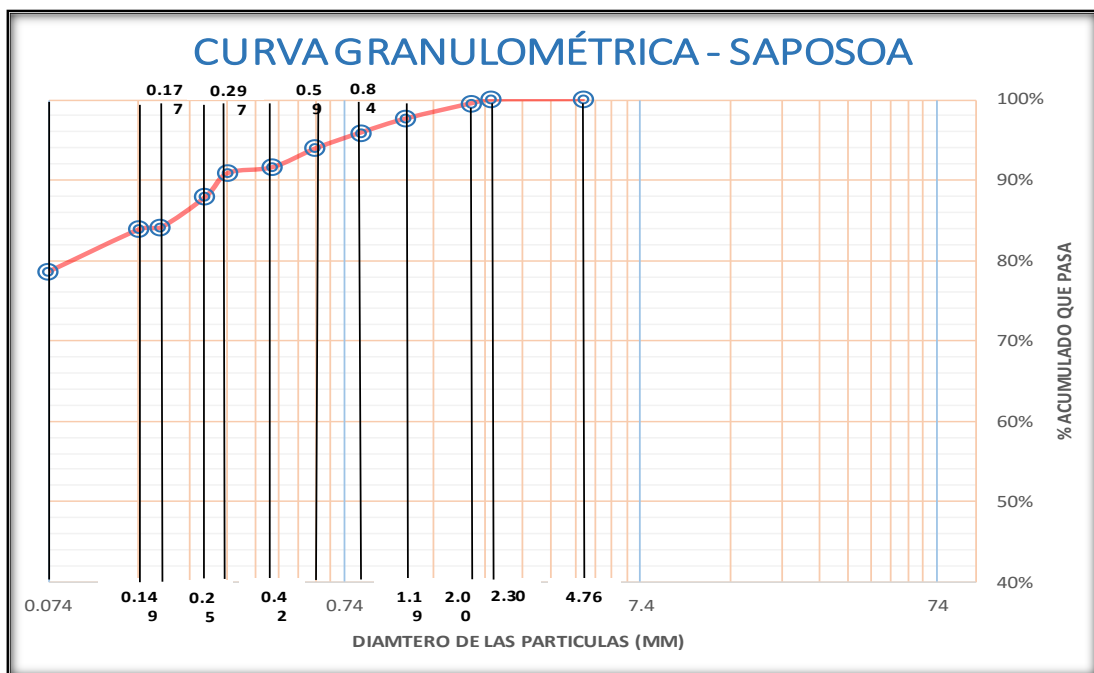


SAPOSOA		
Limite Liquido	(L.L.)	76.40%
Limite Plastico	(L.P.)	42.54%
Indice de Plasticidad	(I.P.)	33.86%

LIMITE LIQUIDO	
N. GOLPES	HUMEDAD %
38	73.54%
30	74.87%
23	77.38%
16	79.42%

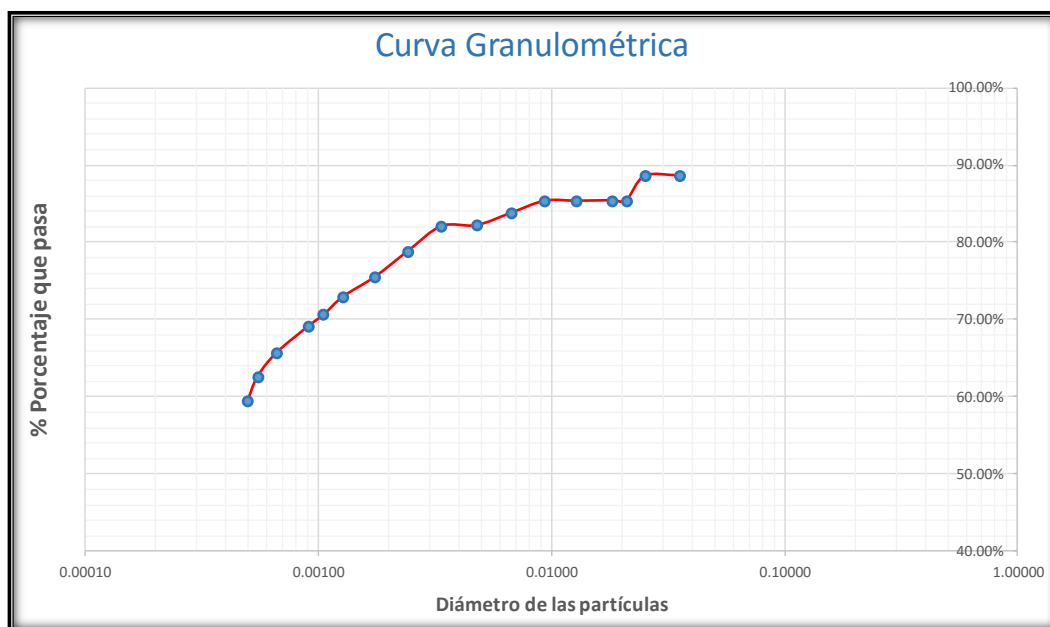


MUESTRA SAPOSOA						
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 333.128 ASTM D422						
mm	TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			TAMAÑO MÁXIMO
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
125.00	5"	0.00		0.00%	100.00%	Descripción de la muestra L.L. = 76.40% L.P. = 42.54% I.P. = 33.86%
100.00	4"	0.00		0.00%	100.00%	
76.20	3"	0.00		0.00%	100.00%	
50.80	2"	0.00		0.00%	100.00%	
38.10	1 1/2"	0.00		0.00%	100.00%	Clasificación S.U.C.S = MH Clasificación AASHTO = A7-5
25.40	1"	0.00		0.00%	100.00%	
19.00	3/4"	0.00		0.00%	100.00%	
12.70	1/2"	0.00		0.00%	100.00%	
9.50	3/8"	0.00		0.00%	100.00%	OBSERVACIONES :
6.35	1/4"	0.00		0.00%	100.00%	MATERIAL (gr) 462.33
4.76	Nro, 4	0.00		0.00%	100.00%	AGREG. GRUESO (gr) 0 0.00%
2.30	Nro, 8	0.31	0.07%	0.07%	99.93%	AGREG. FINO (gr) 462 100.00%
2.00	Nro, 10	1.88	0.41%	0.47%	99.53%	Peso de Recipiente (gr) 168.38 Peso Recip. + M. Húmeda (gr) 821.64 Peso de muestra Húmeda (gr) 653.26 Humedad (%) 41.30% Peso de Muestra Seca (gr) 462.33
1.19	Nro, 16	8.90	1.93%	2.40%	97.60%	
0.84	Nro, 20	8.00	1.73%	4.13%	95.87%	
0.59	Nro, 30	9.13	1.97%	6.10%	93.90%	
0.42	Nro, 40	10.96	2.37%	8.47%	91.53%	
0.297	Nro, 50	3.38	0.73%	9.21%	90.79%	
0.25	Nro, 60	13.54	2.93%	12.13%	87.87%	
0.177	Nro 80	17.61	3.81%	15.94%	84.06%	
0.149	Nro, 100	1.24	0.27%	16.21%	83.79%	
0.074	Nro, 200	24.13	5.22%	21.43%	78.57%	
	PASA Nro. 200	363.25	78.57%	100.00%	0.00%	



MUESTRA SAPOSOA - ANALISIS GRANULOMETRICO POR SEDIMENTACION - ASTM D422 - 90																
FECHA	HORA DE LECTURA	TIEMPO t (min)	Lectura	Rd	Temperatura (°C)	Corrección de temperatura (Ct)	Corrección por menisco (Cm) * 10 <sup>-3</sup>	Deflucante (Cd) 10 <sup>-3</sup>	Rc	Porcentaje de Finos %	Lectura corregida por menisco (R)	L (mm)	v(Lt)	K	D (mm)	% de finos equivalentes
13/08/2015	10:33am	1	1.0340	34.00	20.4	0.08	0.6	6	28.080	88.62%	1.0346	71.20	8.4380	0.0042	0.03544	69.63%
	10:34am	2	1.0340	34.00	20.3	0.06	0.6	6	28.060	88.56%	1.0346	71.20	5.9666	0.0042	0.02506	69.58%
	10:35am	3	1.0330	33.00	20.3	0.06	0.6	6	27.060	85.40%	1.0336	74.20	4.9733	0.0042	0.02089	67.10%
	10:36am	4	1.0330	33.00	20.3	0.06	0.6	6	27.060	85.40%	1.0336	74.20	4.3070	0.0042	0.01809	67.10%
	10:40am	8	1.0330	33.00	20.2	0.04	0.6	6	27.040	85.34%	1.0336	74.20	3.0455	0.0042	0.01279	67.05%
	10:47am	15	1.0330	33.00	20.2	0.04	0.6	6	27.040	85.34%	1.0336	74.20	2.2241	0.0042	0.00934	67.05%
	11:02am	30	1.0325	32.50	20.2	0.04	0.6	6	26.540	83.76%	1.0331	75.70	1.5885	0.0042	0.00667	65.81%
	11:32am	60	1.0320	32.00	20.2	0.04	0.6	6	26.040	82.18%	1.0326	76.80	1.1314	0.0042	0.00475	64.57%
	12:32pm	120	1.0320	32.00	20.0	0.00	0.6	6	26.000	82.05%	1.0326	76.80	0.8000	0.0042	0.00336	64.47%
	2:32pm	240	1.0310	31.00	19.9	-0.02	0.6	6	24.980	78.84%	1.0316	79.20	0.5745	0.0042	0.00241	61.94%
	6:32pm	480	1.0300	30.00	19.6	-0.08	0.6	6	23.920	75.49%	1.0306	82.20	0.4138	0.0042	0.00174	59.31%
14/08/2015	2:32am	960	1.0293	29.30	19.1	-0.18	0.6	6	23.120	72.97%	1.0299	84.20	0.2962	0.0043	0.00127	57.33%
	10:32am	1440	1.0285	28.50	19.4	-0.12	0.6	6	22.380	70.63%	1.0291	85.80	0.2441	0.0043	0.00105	55.49%
	6:32pm	1960	1.0280	28.00	19.6	-0.08	0.6	6	21.920	69.18%	1.0286	87.20	0.2109	0.0043	0.00091	54.35%
15/08/2015	2:32am	3840	1.0270	27.00	19.1	-0.18	0.6	6	20.820	65.71%	1.0276	90.20	0.1533	0.0043	0.00066	51.63%
	10:32am	5760	1.0260	26.00	19.2	-0.16	0.6	6	19.840	62.61%	1.0266	92.80	0.1269	0.0043	0.00055	49.20%
16/08/2015	10:32am	7200	1.0250	25.00	19.2	-0.16	0.6	6	18.840	59.46%	1.0256	95.20	0.1150	0.0043	0.00049	46.72%

<b>Muestra:</b>	<b>Saposa</b>
<b>Gravedad específica de los suelos :</b>	<b>2.73</b>
<b>Corrección por Gravedad Específica ( a ):</b>	<b>0.983</b>



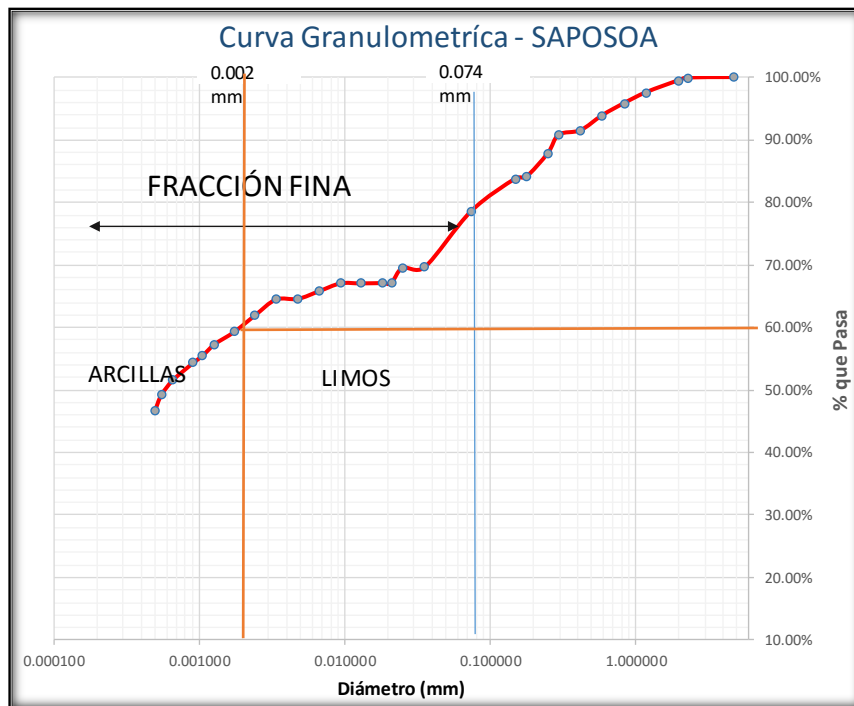
VALORES DE K PARA: n en (Pa.s); Yw en (g/cm <sup>3</sup> ); L en (mm); T en (min.)									
TEMP. °C	Gs								
	2.45	2.5	2.55	2.6	2.65	2.7	2.75	2.8	2.85
16	0.0049	0.0048	0.0047	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043
17	0.0048	0.0047	0.0046	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042
18	0.0047	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042
19	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041
20	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041
21	0.0046	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040
22	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040
23	0.0045	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039
24	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039
25	0.0044	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039
26	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038
27	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038
28	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037
29	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0037	0.0037
30	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037	0.0037

HIDROMETRO 151H	
Lectura Real	Prof.Efectiva
1.000	163
1.001	160
1.002	158
1.003	155
1.004	152
1.005	150
1.006	147
1.007	144
1.008	142
1.009	139
1.010	137
1.011	134
1.012	131
1.013	129
1.014	126
1.015	123
1.016	121
1.017	118
1.018	115
1.019	113
1.020	110
1.021	107
1.022	105
1.023	102
1.024	100
1.025	97
1.026	94
1.027	92
1.028	89
1.029	86
1.030	84
1.031	81
1.032	78
1.033	76
1.034	73
1.035	70
1.036	68
1.037	65
1.038	62

CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	
Temp. °C	Densidad (g/cm3)
10	-0.0013
11	-0.0012
12	-0.0011
13	-0.0010
14	-0.0009
15	-0.0008
16	-0.0006
17	-0.0005
18	-0.0003
19	-0.0002
20	0
21	0.0002
22	0.0004
23	0.0006
24	0.0008
25	0.001
26	0.0013
27	0.0015
28	0.0018
29	0.002
30	0.0023

**Curva Granulométrica Total – Muestra Saposoa**  
**Fuente: Elaboración Propia**

Curva Granulométrica	
Diametros (mm)	% Que pasa
4.760000	100.00%
2.300000	99.93%
2.000000	99.53%
1.190000	97.60%
0.840000	95.87%
0.590000	93.90%
0.420000	91.53%
0.297000	90.79%
0.250000	87.87%
0.177000	84.06%
0.149000	83.79%
0.074000	78.57%
0.035440	69.63%
0.025060	69.58%
0.020888	67.10%
0.018089	67.10%
0.012791	67.05%
0.009341	67.05%
0.006672	65.81%
0.004752	64.57%
0.003360	64.47%
0.002413	61.94%
0.001738	59.31%
0.001273	57.33%
0.001050	55.49%
0.000907	54.35%
0.000659	51.63%
0.000546	49.20%
0.000494	46.72%



Arcillas =

**MUESTRA SAPOSOA**

Clasificación	A	Mineral predominante
Baja	$A \leq 0.75$	Caolínítico
Mediana	$1 < A \leq 1.25$	Ilítico
Alta	$A > 1.25$	Montmorilonítico

Actividad =  $\frac{IP}{C} = \frac{33.86\%}{60\%}$

A =  **Caolínítico**

## ANEXO 8 – ENSAYOS MUESTRA MOYOBAMBA

### ENSAYOS PRELIMINARES

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%) NORMA ASTM D - 221		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
1	Numero de Recipiente	R - 4	R - B	85
2	Peso de Recipiente (gr)	47.15	30.73	13.51
3	Peso de Recipiente + muestra húmeda (gr)	142.80	128.86	87.14
4	Peso de Recipiente + muestra seca (gr)	120.09	105.83	70.15
5	Peso del agua (gr)	22.71	23.03	16.99
6	Peso de muestra seca (gr)	72.94	75.1	56.64
7	Humedad (%)	31.14%	30.67%	30.00%
8	Humedad Promedio (%)	30.60%		

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SOLIDOS (Gs)		
1	Numero de Frasco	2
2	Peso de Frasco (gr)	337.36
3	Peso de Frasco + muestra húmeda (gr)	367.8
4	Numero de Recipiente	1
5	Peso del Recipiente (gr)	68.64
6	Peso del recipiente + muestra seca (gr)	116.08
7	Peso de la muestra seca	47.44
8	Gs	2.79
9	Gs promedio	2.79

PESO ESPECIFICO NATURAL (Y gr/cc)		
1	Peso de muestra húmeda (gr)	160.25
2	Peso de muestra húmeda + parafina (gr)	174.15
3	Volumen de agua en probeta (cc)	700.00
4	Volumen de muestra + parafina+ agua (cc)	800.00
5	Peso de parafina (gr)	13.90
6	Volumen de Parafina (cc)	15.98
7	Volumen de la muestra (cc)	84.02
8	Peso especifico natural (gr/cc)	1.91

**LIMITES DE CONSISTENCIA MUESTRA MOYOBAMBA**

<b>LIMITE LIQUIDO (LL)</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Numero de Recipiente	114	115	116	0
2	Numero de Golpes	36	30	22	0
3	Peso del Recipiente (gr)	16.43	16.51	16.49	0
4	Peso del Recipiente + Muestra Humeda (gr)	39.96	35.78	38.2	0
5	Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr)	31.47	28.56	29.87	0
6	Peso del Agua (gr)	8.49	7.22	8.33	0
7	Peso de Muestra seca (gr)	15.04	12.05	13.38	0
8	Humedad (%)	56.45%	59.92%	62.26%	

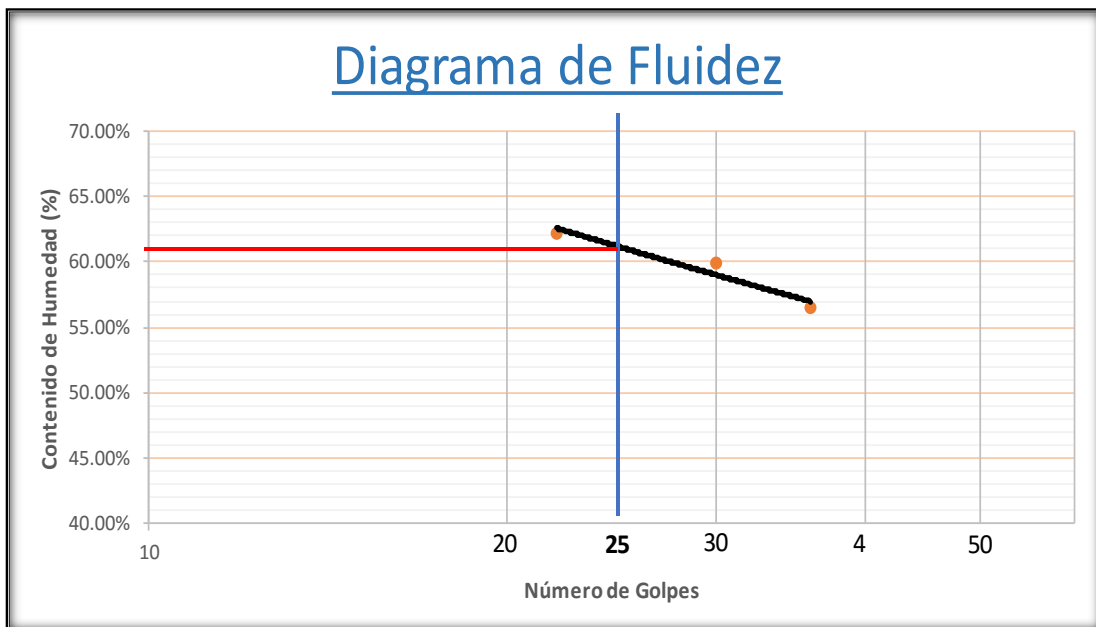
<b>LIMITE PLASTICO (LP)</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Numero de Recipiente	117	118	119
2	Peso de Recipiente (gr)	16.28	16.28	14.82
3	Peso de Recipiente + Muestra Humeda (gr)	22.48	22.75	21.92
4	Peso de Recipiente + Muestra Seca (gr)	21.15	21.37	20.39
5	Peso del Agua (gr)	1.33	1.38	1.53
6	Peso de Muestra Seca (gr)	4.87	5.09	5.57
7	Limite Plastico (%)	27.31%	27.11%	27.47%
8	Limite Plastico Promedio (%)	27.30%		

<b>LIMITE DE CONTRACCIÓN</b>			
1	Número de Recipiente	3	4
2	Peso del recipiente (gr)	13.91	14.56
3	Peso de Recipiente + Muestra Humeda (gr)	41.13	41.27
4	Peso de Recipiente + Muestra Seca (gr)	31.17	31.47
5	Volumen de Recipiente (cc)	16.794	16.784
6	Volumen de Contracción (cc)	8.7	8.1
7	Peso del Agua (gr)	9.96	9.8
8	Peso de Muestra Seca (gr)	17.26	16.91
9	Humedad (%)	57.71%	57.95%
10	Limite de contracción (%)	10.81%	6.60%
11	LC Promedio (%)	8.71%	

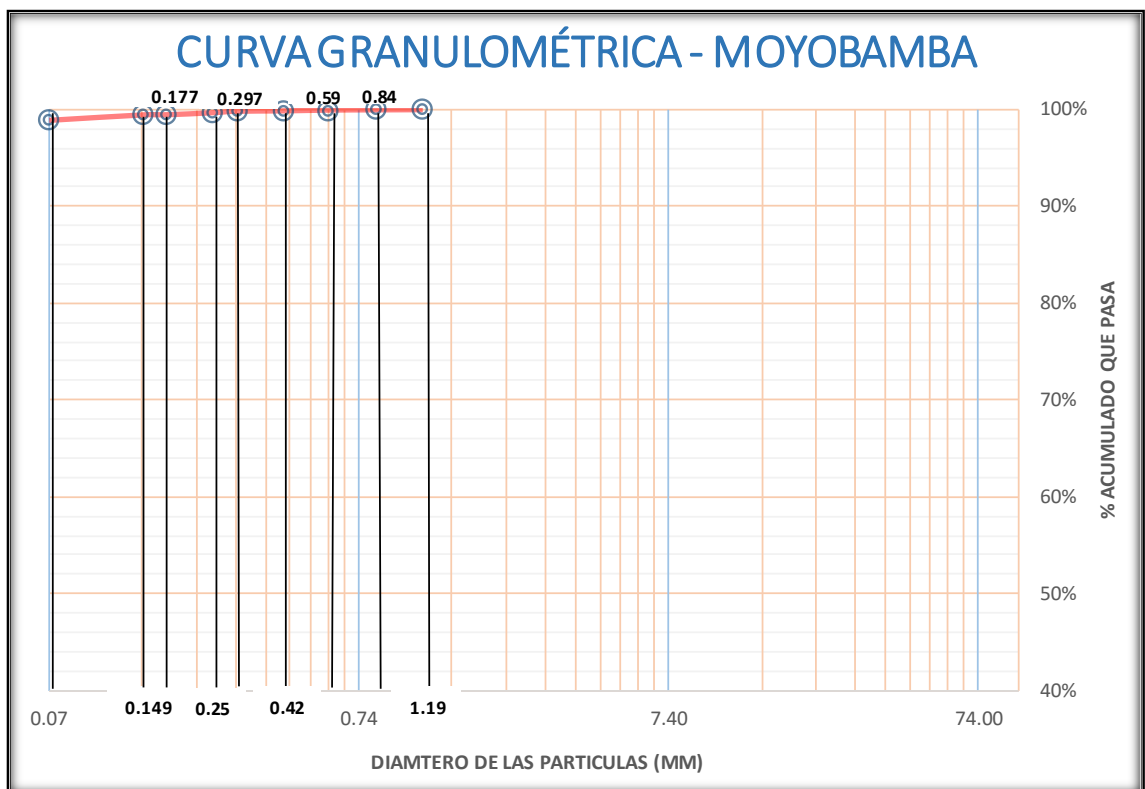


MOYOBAMBA		
Limite Liquido	(L.L.)	61.00%
Limite Plastico	(L.P.)	27.30%
Indice de Plasticidad	(I.P.)	33.70%

LIMITE LIQUIDO	
N. GOLPES	HUMEDAD %
36	56.45%
30	59.92%
22	62.26%
0	0.00%

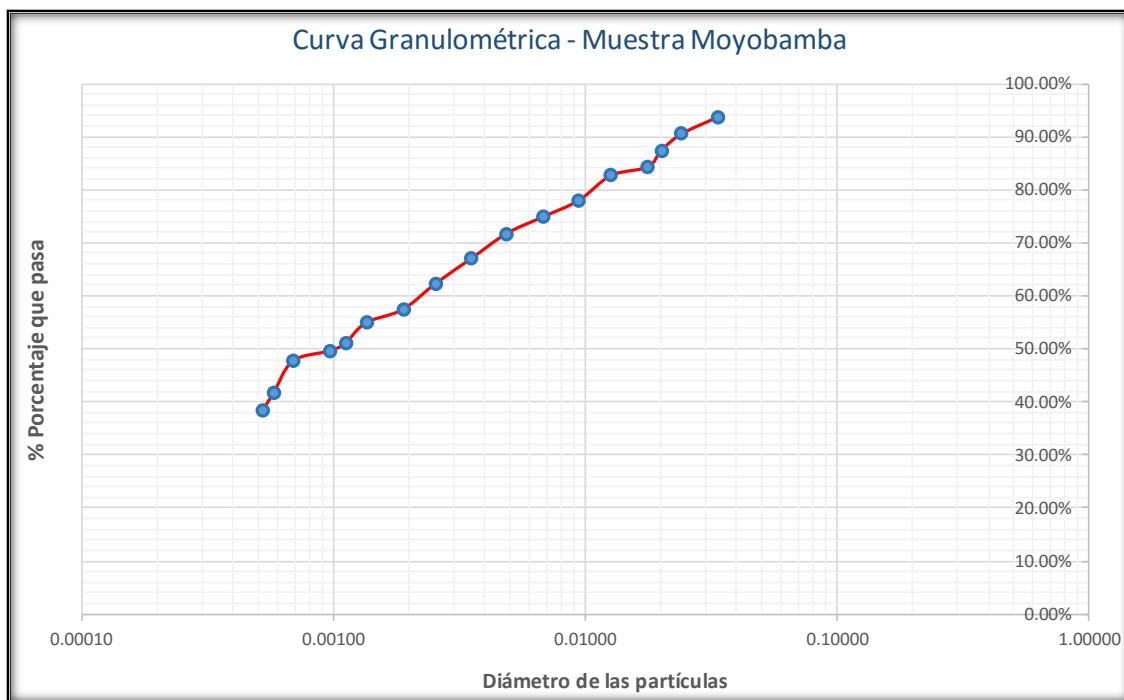


MUESTRA MOYOBAMBA							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 333.128 ASTM D422							
mm	TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			TAMAÑO MÁXIMO	
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
125.00	5"	0.00		0.00%	100.00%	Descripción de la muestra	
100.00	4"	0.00		0.00%	100.00%	L.L. =	61.00%
76.20	3"	0.00		0.00%	100.00%	L.P. =	27.30%
50.80	2"	0.00		0.00%	100.00%	I.P. =	33.70%
38.10	1 1/2"	0.00		0.00%	100.00%		
25.40	1"	0.00		0.00%	100.00%	Clasificación S.U.C.S =	CH
19.00	3/4"	0.00		0.00%	100.00%	Clasificación AASHTO =	A7-6
12.70	1/2"	0.00		0.00%	100.00%		
9.50	3/8"	0.00		0.00%	100.00%	OBSERVACIONES :	
6.35	1/4"	0.00		0.00%	100.00%	MATERIAL (gr)	539.85
4.76	Nro, 4	0.00		0.00%	100.00%	AGREG. GRUESO (gr)	0.00
2.30	Nro, 8	0.00		0.00%	100.00%	AGREG. FINO (gr)	539.85
2.00	Nro, 10	0.00		0.00%	100.00%		100.00%
1.19	Nro, 16	0.00		0.00%	100.00%		
0.84	Nro, 20	0.09	0.02%	0.02%	99.98%	Peso de Recipiente (gr)	182.77
0.59	Nro, 30	0.11	0.02%	0.04%	99.96%	Peso Recip. + M. Húmeda (gr)	887.81
0.42	Nro, 40	0.45	0.08%	0.12%	99.88%	Peso de muestra Húmeda (gr)	705.04
0.297	Nro, 50	0.19	0.04%	0.16%	99.84%	Humedad (%)	30.60%
0.25	Nro, 60	0.79	0.15%	0.30%	99.70%	Peso de Muestra Seca (gr)	539.85
0.177	Nro 80	1.11	0.21%	0.51%	99.49%		
0.149	Nro, 100	0.06	0.01%	0.52%	99.48%		
0.074	Nro, 200	2.97	0.55%	1.07%	98.93%		
	PASA Nro.200	534.08	98.93%	100.00%	0.00%		



MUESTRA MOYOBA MIBA - ANALISIS GRANULOMETRICO POR SEDIMENTACION - ASTM D422 - 90																
FECHA	HORA DE LECTURA	TIEMPO t (min)	Lectura	Rd	Temperatura (°C)	Corrección de temperatura	Corrección por menisco (Cm) * 10 <sup>-3</sup>	Defluculante (Cd) 10 <sup>-3</sup>	Rc	Porcentaje de Finos %	Lectura corregida por menisco (R)	L (mm)	v(L <sup>4</sup> )	K	D(mm)	% de finos equivalentes
13/08/2015	10.54am	1	1.0360	36.00	20.2	0.04	0.6	6	30.040	93.64%	1.0366	66.20	8.1363	0.0041	0.03336	92.64%
	10.55am	2	1.0350	35.00	20.2	0.04	0.6	6	29.040	90.52%	1.0356	68.80	5.8652	0.0041	0.02405	89.56%
	10.56am	3	1.0340	34.00	20.2	0.04	0.6	6	28.040	87.41%	1.0346	71.20	4.8717	0.0041	0.01997	86.47%
	10.57am	4	1.0330	33.00	20.2	0.04	0.6	6	27.040	84.29%	1.0336	74.20	4.3070	0.0041	0.01766	83.39%
	11.01am	8	1.0325	32.50	20.1	0.02	0.6	6	26.520	82.67%	1.0331	75.70	3.0761	0.0041	0.01261	81.78%
	11.08am	15	1.0310	31.00	20.1	0.02	0.6	6	25.020	77.99%	1.0316	79.20	2.2978	0.0041	0.00942	77.16%
	11.23am	30	1.0300	30.00	20.1	0.02	0.6	6	24.020	74.88%	1.0306	82.20	1.6553	0.0041	0.00679	74.07%
	11.53am	60	1.0290	29.00	20.1	0.02	0.6	6	23.020	71.76%	1.0296	84.80	1.1888	0.0041	0.00487	70.99%
	12.53pm	120	1.0275	27.50	20.0	0.00	0.6	6	21.500	67.02%	1.0281	88.70	0.8597	0.0041	0.00352	66.30%
	2.52pm	240	1.0260	26.00	20.0	0.00	0.6	6	20.000	62.34%	1.0266	92.80	0.6218	0.0041	0.00255	61.68%
	6.53pm	480	1.0245	24.50	19.6	-0.08	0.6	6	18.420	57.42%	1.0251	96.70	0.4488	0.0042	0.00189	56.81%
14/08/2015	2.53am	960	1.0238	23.80	19.1	-0.18	0.6	6	17.620	54.93%	1.0244	98.80	0.3208	0.0042	0.00135	54.34%
	10.53am	1440	1.0225	22.50	19.4	-0.12	0.6	6	16.380	51.06%	1.0231	101.80	0.2659	0.0042	0.00112	50.51%
	6.53pm	1960	1.0220	22.00	19.6	-0.08	0.6	6	15.920	49.63%	1.0226	103.20	0.2295	0.0042	0.00096	49.10%
15/08/2015	2.53am	3840	1.0215	21.50	19.1	-0.18	0.6	6	15.320	47.76%	1.0221	104.70	0.1651	0.0042	0.00069	47.25%
	12.53pm	5760	1.0195	19.50	19.2	-0.16	0.6	6	13.340	41.58%	1.0201	109.70	0.1380	0.0042	0.00058	41.14%
16/08/2015		7200	1.0185	18.50	19.2	-0.16	0.6	6	12.340	38.47%	1.0191	112.70	0.1251	0.0042	0.00053	38.06%

<b>Muestra:</b>	<b>Moyobamba</b>
<b>Gravedad específica de los suelos :</b>	<b>2.79</b>
<b>Corrección por Gravedad Específica ( a ):</b>	<b>0.970</b>



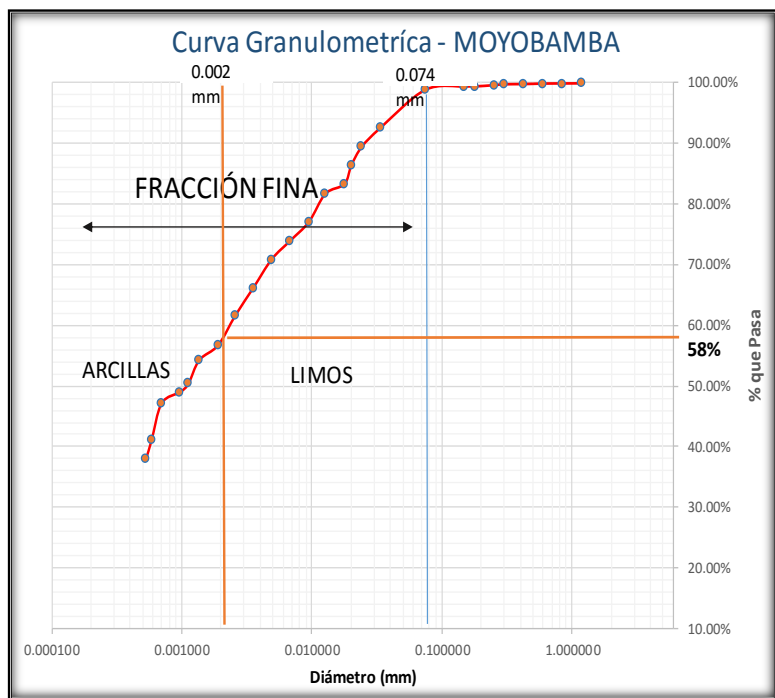
VALORES DE K PARA: n en (Pa.s); Yw en (g/cm³); L en (mm); T en (min.)									
TEMP. °C	Gs								
	2.45	2.5	2.55	2.6	2.65	2.7	2.75	2.8	2.85
16	0.0049	0.0048	0.0047	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043
17	0.0048	0.0047	0.0046	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042
18	0.0047	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042
19	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041
20	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041
21	0.0046	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040
22	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040
23	0.0045	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039
24	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039
25	0.0044	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039
26	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038
27	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038
28	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037
29	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0037	0.0037
30	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037	0.0037

HIDROMETRO 151H	
Lectura Real	Prof.Efectiva
1.000	163
1.001	160
1.002	158
1.003	155
1.004	152
1.005	150
1.006	147
1.007	144
1.008	142
1.009	139
1.010	137
1.011	134
1.012	131
1.013	129
1.014	126
1.015	123
1.016	121
1.017	118
1.018	115
1.019	113
1.020	110
1.021	107
1.022	105
1.023	102
1.024	100
1.025	97
1.026	94
1.027	92
1.028	89
1.029	86
1.030	84
1.031	81
1.032	78
1.033	76
1.034	73
1.035	70
1.036	68
1.037	65
1.038	62

CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	
Temp. °C	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
10	-0.0013
11	-0.0012
12	-0.0011
13	-0.0010
14	-0.0009
15	-0.0008
16	-0.0006
17	-0.0005
18	-0.0003
19	-0.0002
20	0
21	0.0002
22	0.0004
23	0.0006
24	0.0008
25	0.001
26	0.0013
27	0.0015
28	0.0018
29	0.002
30	0.0023

**Curva Granulométrica Total – Muestra Moyobamba**  
**Fuente: Elaboración Propia**

Curva Granulométrica	
Diametros (mm)	% Que pasa
4.760000	
2.300000	
2.000000	
1.190000	100.00%
0.840000	99.98%
0.590000	99.96%
0.420000	99.88%
0.297000	99.84%
0.250000	99.70%
0.177000	99.49%
0.149000	99.48%
0.074000	98.93%
0.033359	92.64%
0.024047	89.56%
0.019974	86.47%
0.017659	83.39%
0.012612	81.78%
0.009421	77.16%
0.006787	74.07%
0.004874	70.99%
0.003525	66.30%
0.002549	61.68%
0.001885	56.81%
0.001347	54.34%
0.001117	50.51%
0.000964	49.10%
0.000694	47.25%
0.000580	41.14%
0.000525	38.06%



Arcillas =

**MUESTRA MOYOBAMBA**

Clasificación	A	Mineral predominante
Baja	$A \leq 0.75$	Caolínítico
Mediana	$0.75 < A \leq 1.25$	Ilítico
Alta	$A > 1.25$	Montmorilonítico

Actividad =  $\frac{IP}{C} = \frac{33.70\%}{58\%}$

A =  **Caolínítico**

## ANEXO 9 - MUESTRA TARAPOTO

### ENSAYOS PRELIMINARES

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (W%) NORMA ASTM D - 221</b>		<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Ensayo 3</b>
1	Numero de Recipiente	R - 5	R - C	84
2	Peso de Recipiente (gr)	49.21	32.82	14.8
3	Peso de Recipiente + muestra humeda (gr)	241.52	242.71	145.82
4	Peso de Recipiente + muestra seca (gr)	221.47	221.03	133.04
5	Peso del agua (gr)	20.05	21.68	12.78
6	Peso de muestra seca (gr)	172.26	188.21	118.24
7	Humedad (%)	11.64%	11.52%	10.81%
8	Humedad Promedio (%)	11.32%		

<b>PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SOLIDOS (Gs)</b>		
1	Numero de Frasco	1
2	Peso de Frasco (gr)	341.11
3	Peso de Frasco + muestra humeda (gr)	381.61
4	Numero de Recipiente	J
5	Peso del Recipiente (gr)	78.3
6	Peso del recipiente + muestra seca (gr)	143.04
7	Peso de la muestra seca	64.74
8	Gs	2.67
9	Gs promedio	2.67

<b>PESO ESPECIFICO NATURAL (Y gr/cc)</b>		
1	Peso de muestra humeda (gr)	84.72
2	Peso de muestrahumeda + parafina (gr)	98.01
3	Volumen de agua en probeta (cc)	700.00
4	Volumen de muestra + parafina+ agua (cc)	760.00
5	Peso de parafina (gr)	13.29
6	Volumen de Parafina (cc)	15.28
7	Volumen de la muestra (cc)	44.72
8	Peso especifico natural (gr/cc)	1.89

**LIMITES DE CONSISTENCIA - MUESTRA TARAPOTO**

<b>LIMITE LIQUIDO (LL)</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Numero de Recipiente	136	137	138	
2	Numero de Golpes	23	35	43	
3	Peso del Recipiente (gr)	19.91	20.86	16.96	
4	Peso del Recipiente + Muestra Humeda (gr)	45.98	47.61	41.7	
5	Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr)	40.67	42.42	37.05	
6	Peso del Agua (gr)	5.31	5.19	4.65	0
7	Peso de Muestra seca (gr)	20.76	21.56	20.09	0
8	Humedad (%)	25.58%	24.07%	23.15%	

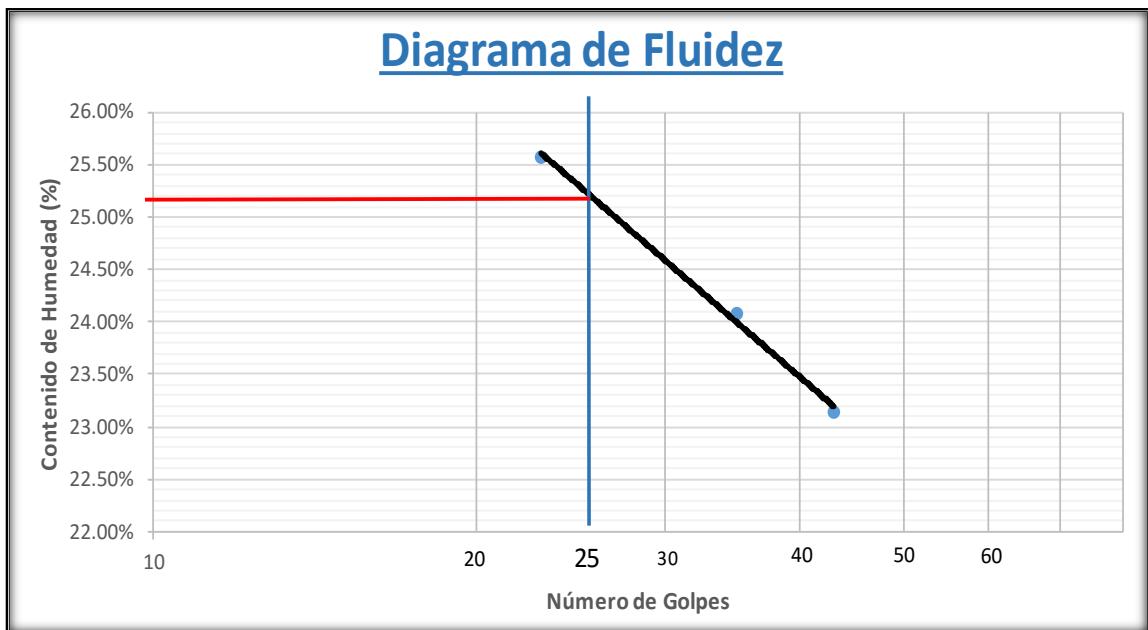
<b>LIMITE PLASTICO (LP)</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Numero de Recipiente	39	141	40
2	Peso de Recipiente (gr)	20.46	17.85	18.5
3	Peso de Recipiente + Muestra Humeda (gr)	22.92	31.81	20.54
4	Peso de Recipiente + Muestra Seca (gr)	22.51	29.41	20.20
5	Peso del Agua (gr)	0.41	2.4	0.34
6	Peso de Muestra Seca (gr)	2.05	11.56	1.7
7	Limite Plastico (%)	20.00%	20.76%	20.00%
8	Limite Plastico Promedio (%)	20.25%		

<b>LIMITE DE CONTRACCIÓN</b>			
1	Número de Recipiente	1	2
2	Peso del recipiente (gr)	14.71	14.66
3	Peso de Recipiente + Muestra Humeda (gr)	40.36	40.48
4	Peso de Recipiente + Muestra Seca (gr)	29.98	30.02
5	Volumen de Recipiente (cc)	16.984	16.996
6	Volumen de Contracción (cc)	7.5	7.4
7	Peso del Agua (gr)	10.38	10.46
8	Peso de Muestra Seca (gr)	15.27	15.36
9	Humedad (%)	67.98%	68.10%
10	Limite de contracción (%)	5.87%	5.62%
11	LC Promedio (%)	5.75%	

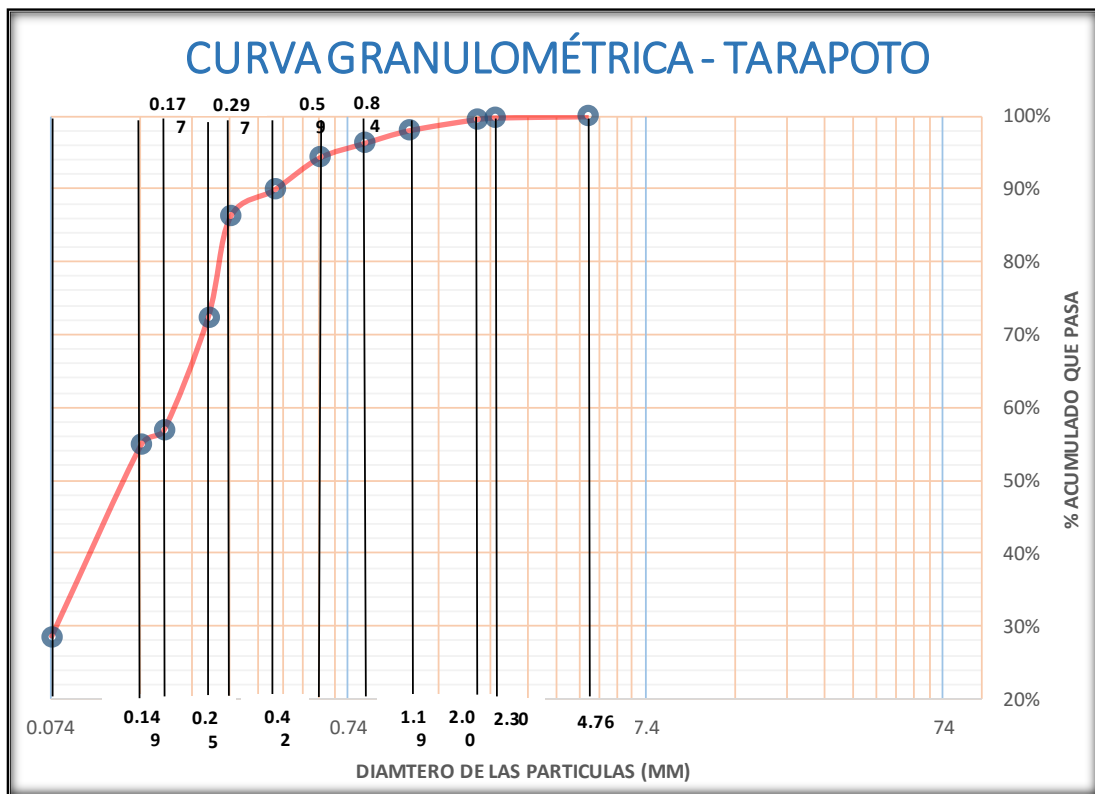


TARAPOTO		
Limite Liquido	(L.L.)	25.20%
Limite Plastico	(L.P.)	20.25%
Indice de Plasticidad	(I.P.)	4.95%

LIMITE LIQUIDO - TARAPOTO	
N. GOLPES	HUMEDAD %
23	25.58%
35	24.07%
43	23.15%
0	0.00%

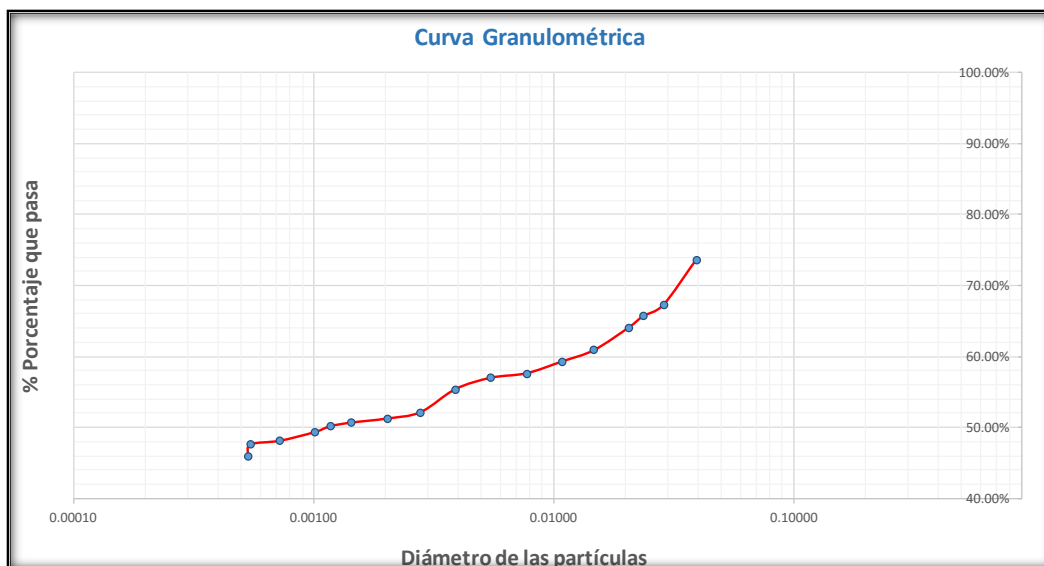


MUESTRA TARAPOTO						
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 333.128 ASTM D422						
mm	TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			TAMAÑO MÁXIMO
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
125.00	5"	0.00		0.00%	100.00%	Descripción de la muestra
100.00	4"	0.00		0.00%	100.00%	
76.20	3"	0.00		0.00%	100.00%	L.P. = 20.25%
50.80	2"	0.00		0.00%	100.00%	I.P. = 4.95%
38.10	1 1/2"	0.00		0.00%	100.00%	
25.40	1"	0.00		0.00%	100.00%	Clasificación S.U.C.S = SC - SM
19.00	3/4"	0.00		0.00%	100.00%	Clasificación AASHTO = A - 2 - 6
12.70	1/2"	0.00		0.00%	100.00%	
9.50	3/8"	0.00		0.00%	100.00%	OBSERVACIONES :
6.35	1/4"	0.00		0.00%	100.00%	MATERIAL (gr) 957.83
4.76	Nro, 4	0.00		0.00%	100.00%	AGREG. GRUESO (gr) 0 0.00%
2.30	Nro, 8	1.70	0.18%	0.18%	99.82%	AGREG. FINO (gr) 958 100.00%
2.00	Nro, 10	2.09	0.22%	0.40%	99.60%	
1.19	Nro, 16	14.59	1.52%	1.92%	98.08%	
0.84	Nro, 20	16.89	1.76%	3.68%	96.32%	Peso de Recipiente (gr) 203.38
0.59	Nro, 30	19.53	2.04%	5.72%	94.28%	Peso de Recip. + M. Humeda 1269.66
0.42	Nro, 40	41.11	4.29%	10.01%	89.99%	Peso de muestra Humeda (g) 1066.28
0.297	Nro, 50	36.21	3.78%	13.79%	86.21%	Humedad (%) 11.32%
0.25	Nro, 60	131.94	13.77%	27.57%	72.43%	Peso de Muestra Seca (gr) 957.83
0.177	Nro 80	149.21	15.58%	43.15%	56.85%	
0.149	Nro, 100	18.00	1.88%	45.03%	54.97%	
0.074	Nro, 200	254.26	26.55%	71.57%	28.43%	
	PASA Nro. 200	272.30	28.43%	100.00%	0.00%	



MUESTRA TARAPOTO - ANALISIS GRANULOMETRICO POR SEDIMENTACION - ASTM D422 - 90																
FECHA	HORA DE LECTURA	TIEMPO t(min)	Lectura	Rd	Temperatura (°C)	Corrección de temperatura (Ct)	Corrección por menisco (Cm) *10 <sup>-3</sup>	Defluculante (Cd)10 <sup>-3</sup>	Rc	Porcentaje de Finos %	Lectura corregida por menisco (R)	L (mm)	v(%)	K	D(mm)	% de finos equivalentes
13/08/2015	11.14am	1	1.0290	29.00	20.2	0.04	0.6	6	23.040	73.67%	1.0296	84.80	9.2087	0.0043	0.03960	20.94%
	11.15am	2	1.0270	27.00	20.2	0.04	0.6	6	21.040	67.28%	1.0276	90.20	6.7157	0.0043	0.02888	19.13%
	11.16am	3	1.0265	26.50	20.2	0.04	0.6	6	20.540	65.68%	1.0271	91.70	5.5287	0.0043	0.02377	18.67%
	11.17am	4	1.0260	26.00	20.2	0.04	0.6	6	20.040	64.08%	1.0266	92.80	4.8166	0.0043	0.02071	18.22%
	11.21am	8	1.0250	25.00	20.2	0.04	0.6	6	19.040	60.88%	1.0256	95.20	3.4496	0.0043	0.01483	17.31%
	11.28am	15	1.0245	24.50	20.2	0.04	0.6	6	18.540	59.28%	1.0251	96.70	2.5390	0.0043	0.01092	16.85%
	12.13pm	60	1.0238	23.80	20.1	0.02	0.6	6	17.820	56.98%	1.0244	98.80	1.2832	0.0043	0.00552	16.20%
	1.13pm	120	1.0233	23.30	20.1	0.02	0.6	6	17.320	55.38%	1.0239	100.20	0.9138	0.0043	0.00393	15.74%
	3.13pm	240	1.0223	22.30	20.0	0.00	0.6	6	16.300	52.12%	1.0229	102.30	0.6529	0.0043	0.00281	14.82%
	7.13pm	480	1.0221	22.10	19.6	-0.08	0.6	6	16.020	51.22%	1.0227	102.90	0.4630	0.0044	0.00204	14.56%
14/08/2015	3.13am	960	1.0220	22.00	19.2	-0.16	0.6	6	15.840	50.65%	1.0226	103.20	0.3279	0.0044	0.00144	14.40%
	11.13am	1440	1.0218	21.80	19.4	-0.12	0.6	6	15.680	50.14%	1.0224	103.80	0.2685	0.0044	0.00118	14.25%
	7.13pm	1960	1.0215	21.50	19.6	-0.08	0.6	6	15.420	49.31%	1.0221	104.70	0.2311	0.0044	0.00102	14.02%
15/08/2015	3.13am	3840	1.0212	21.20	19.2	-0.16	0.6	6	15.040	48.09%	1.0218	105.40	0.1657	0.0044	0.00073	13.67%
	11.13am	6760	1.0210	21.00	19.4	-0.12	0.6	6	14.880	47.58%	1.0216	105.80	0.1251	0.0044	0.00055	13.53%
		7200	1.0205	20.50	19.4	-0.12	0.6	6	14.380	45.98%	1.0211	106.80	0.1218	0.0044	0.00054	13.07%

<b>Muestra:</b>	<b>Tarapoto</b>
<b>Gravedad específica de los suelos :</b>	<b>2.67</b>
<b>Corrección por Gravedad Específica ( a ):</b>	<b>0.995</b>



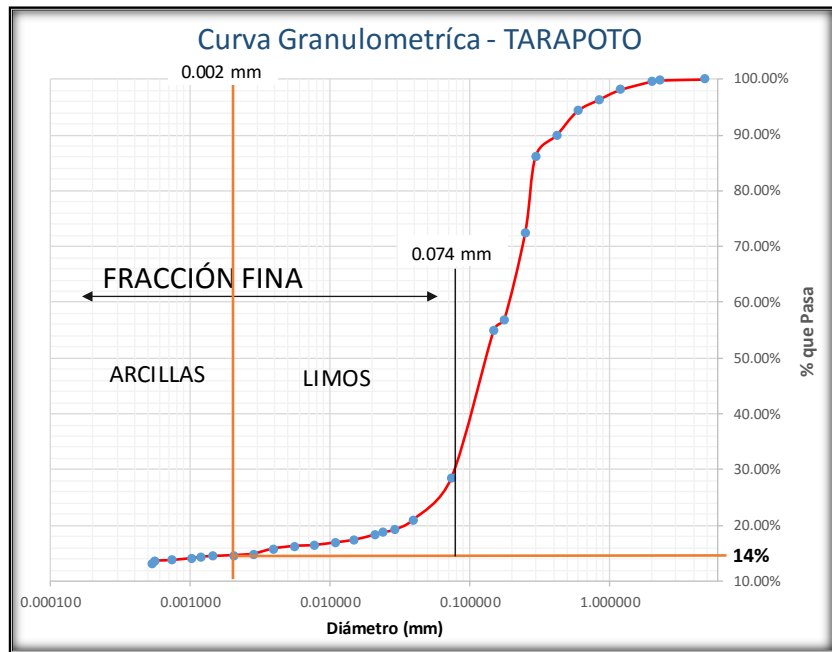
VALORES DE K PARA: n en (Pa.s); Yw en (g/cm³); L en (mm); T en (min.)									
TEMP. °C	Gs								
	2.45	2.5	2.55	2.6	2.65	2.7	2.75	2.8	2.85
16	0.0049	0.0048	0.0047	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043
17	0.0048	0.0047	0.0046	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042
18	0.0047	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042
19	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041
20	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041
21	0.0046	0.0045	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040
22	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040
23	0.0045	0.0044	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039
24	0.0044	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039
25	0.0044	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039
26	0.0043	0.0042	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038
27	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038
28	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037
29	0.0042	0.0041	0.0040	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0037	0.0037
30	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038	0.0037	0.0037

HIDROMETRO 151H	
Lectura Real	Prof.Efectiva
1.000	163
1.001	160
1.002	158
1.003	155
1.004	152
1.005	150
1.006	147
1.007	144
1.008	142
1.009	139
1.010	137
1.011	134
1.012	131
1.013	129
1.014	126
1.015	123
1.016	121
1.017	118
1.018	115
1.019	113
1.020	110
1.021	107
1.022	105
1.023	102
1.024	100
1.025	97
1.026	94
1.027	92
1.028	89
1.029	86
1.030	84
1.031	81
1.032	78
1.033	76
1.034	73
1.035	70
1.036	68
1.037	65
1.038	62

CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	
Temp. °C	Densidad (g/cm3)
10	-0.0013
11	-0.0012
12	-0.0011
13	-0.0010
14	-0.0009
15	-0.0008
16	-0.0006
17	-0.0005
18	-0.0003
19	-0.0002
20	0
21	0.0002
22	0.0004
23	0.0006
24	0.0008
25	0.001
26	0.0013
27	0.0015
28	0.0018
29	0.002
30	0.0023

**Curva Granulométrica Total – Muestra Tarapoto**  
**Fuente: Elaboración Propia**

Curva Granulométrica	
Diámetros (mm)	% Que pasa
4.760000	100.00%
2.300000	99.82%
2.000000	99.60%
1.190000	98.08%
0.840000	96.32%
0.590000	94.28%
0.420000	89.99%
0.297000	86.21%
0.250000	72.43%
0.177000	56.85%
0.149000	54.97%
0.074000	28.43%
0.039597	20.94%
0.028877	19.13%
0.023773	18.67%
0.020712	18.22%
0.014833	17.31%
0.010918	16.85%
0.007780	16.38%
0.005518	16.20%
0.003929	15.74%
0.002807	14.82%
0.002037	14.56%
0.001443	14.40%
0.001181	14.25%
0.001017	14.02%
0.000729	13.67%
0.000550	13.53%
0.000536	13.07%



Arcillas = 14%

MUESTRA TARAPOTO		
Potencial de Cambio de Volumen	A	Mineral predominante
Baja	$A \leq 0.75$	Caolinitico
Mediana	$0.75 < A \leq 1.25$	Ilítico
Alta	$A > 1.25$	Montmorilonítico

Actividad = IP = 4.95%  
C = 14%

A = 0.35 **Caolinitico**