



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Obtención del ángulo de fricción interna mediante curvas granulométricas como alternativa al ensayo de corte directo, distrito Puerto Eten, Chiclayo. 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Pedro Periche Monteza

ASESOR:

Ing. Efraín Ordinola Luna

LINEA DE INVESTIGATION:

Mecánica de Suelos

CHICLAYO– PERÚ

2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 15:00 horas del día 21 de diciembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 3242-2018-UCV-CH, de fecha 19 de diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis "OBTENCION DEL ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO, DISTRITO PUERTO ETEN, CHICLAYO. 2018", presentada por el Bachiller PERICHE MONTEZA PEDRO con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Civil, ante el Jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- Presidente: Mg. Carlos Javier Ramírez Muñoz
- Secretario: Mg. Miguel Berrú Camino
- Vocal: Mg. Efraín Ordinola Luna

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por Mayoria

Siendo las 16:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 21 de diciembre del 2018

Mg. Carlos Javier Ramírez Muñoz
Presidente

Mg. Miguel Berrú Camino
Secretario

Mg. Efraín Ordinola Luna
Vocal

DEDICATORIA

A Dios, quien me guía y me brinda la salud y conocimiento para la realización de esta investigación.

A mis padres, quienes me ayudaron y me demostraron apoyo en todo momento, siendo mi ejemplo de lucha y superación.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Ing. Wesley Salazar Bravo por ser parte fundamental e indispensable en el desarrollo de mi tesis, por su paciencia y consejos que me permitieron fortalecer mis conocimientos.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Pedro Periche Monteza, con DNI N° 46027595 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 03 de agosto del 2018



Pedro Periche Monteza

Scanned by CamScanner

PRESENTACIÓN

Señores del Jurado:

En cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Obtención del ángulo de fricción interna mediante curvas granulométricas como alternativa al ensayo de corte directo, distrito Puerto Eten, Chiclayo. 2018”, la misma que pongo a consideración y esperando supere los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL. La tesis ha sido desarrollada en base a experiencia adquirida en el área de procesos constructivos y conocimiento en la investigación reforzando la investigación bibliografías vinculadas al tema de investigación. La presente tesis consta de siete capítulos. Capítulo I: Introducción, Capítulo II: Método, Capítulo III: Resultados, Capítulo IV: Discusiones. Capítulo V: Conclusiones, Capítulo VI: Recomendaciones, Capítulo VII: Referencias y Anexos

Esperando cumplir con los requerimientos de aprobación.

Pedro Periche Monteza

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iiiv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN.....	xxvii
ABSTRACT.....	xxviii
CAPITULO I.....	20
INTRODUCCIÓN.....	20
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	20
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	21
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	25
1.3.1. SUELOS.....	25
1.3.2. FASES DEL SUELO.....	27
1.3.3. TIPO DE SUELOS.....	31
1.3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	36
1.3.4.1. FORMA	36
1.3.4.2. PESO ESPECÍFICO.....	37
1.3.5. PLASTICIDAD	38
1.3.6. GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS.....	39
1.3.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	41
1.3.8. RESISTENCIA AL CORTE DE LOS SUELOS	44

1.3.8.1.	Cohesión.....	45
1.3.8.2.	Ángulo de fricción.....	46
1.3.9.	NORMAS DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. NORMA E.050: SUELOS Y CIMENTACIONES.	47
1.3.10.	NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP).	47
1.3.10.1.	NTP 339.128: 1999 (Suelos. Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico).....	47
1.3.10.2.	NTP 339.171:2002 (Suelos. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas).....	48
1.3.11.	MÉTODO NUMÉRICO	48
1.3.11.1.	Mínimos Cuadrados.....	48
1.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	50
1.5.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	50
1.6.	HIPÓTESIS.....	51
1.7.	OBJETIVOS.....	51
CAPITULO II.....		52
II. MÉTODO.....		52
2.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:.....	52
2.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:.....	52
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA:.....	53
2.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD:.....	53
2.4.1.	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:	53
2.4.2.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
2.4.2.1.	Fuentes y Programas.....	53
2.4.2.2.	Ensayos de Laboratorio	54

2.4.2.2.1. Extracción de las muestras	54
a) Definición:	54
2.4.2.2.2. Contenido de humedad.....	54
a) Definición:	54
b) Normativa.....	54
c) Objetivo del Ensayo	54
d) Instrumentos y Equipos.....	54
e) Procedimiento	55
f) Cálculos	55
2.4.2.2.3. Límites de plasticidad	56
a) Definición:	56
b) Normativa.....	56
c) Objetivo del Ensayo	56
d) Instrumentos y Equipos.....	56
e) Procedimiento	57
f) Cálculos	58
2.4.2.2.4. Granulometría	58
a) Definición:	58
b) Normativa.....	58
c) Objetivo del Ensayo	58
d) Instrumentos y Equipos.....	59
e) Procedimiento	59
f) Cálculos	61
2.4.2.2.5. Corte Directo.....	63

a) Definición:	63
b) Normativa.....	63
c) Objetivo del Ensayo	63
d) Instrumentos y Equipos.....	64
e) Procedimiento	64
f) Cálculos	65
2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	67
2.6. ASPECTOS ÉTICOS.....	67
CAPITULO III.....	68
RESULTADOS	68
3.1. GRANULOMETRÍA	68
3.2. CORTE DIRECTO	75
3.3. MODELO NUMÉRICO.....	81
CAPITULO IV	85
DISCUSIÓN.....	85
4.1. GRANULOMETRÍA	85
4.2. CORTE DIRECTO	88
4.3. MODELO NUMÉRICO.....	90
CAPITULO V	92
CONCLUSIONES.....	92
CAPITULO VI	93
RECOMENDACIONES	93
CAPITULO VII	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

ANEXOS.....	97
ACTA APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	121
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.....	122

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Valores prácticos de relación de vacíos	29
Tabla N° 2: Correlación entre la relación de vacíos y la porosidad.	30
Tabla N° 3: Clasificación internacional de suelos por su granulometría	40
Tabla N° 4: Clasificación M.I.T. según su granulometría	40
Tabla N° 5: Clasificación AASHTO.....	44
Tabla N° 6: Cuadro de Operacionalización de Variables.....	52
Tabla N° 7: Granulometría de la Muestra N°1	68
Tabla N° 8: Granulometría de la Muestra N°2	69
Tabla N° 9: Granulometría de la Muestra N°3	70
Tabla N° 10: Granulometría de la Muestra N°4	71
Tabla N° 11: Granulometría de la Muestra N°5	72
Tabla N° 12: Granulometría de la Muestra N°6	73
Tabla N° 13: Coeficientes de uniformidad y coeficientes de curvatura.....	74

LISTA DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Fases del suelo.....	28
Imagen N° 2: Depósito de grava.....	32
Imagen N° 3: Depósito de arena	33
Imagen N° 4: Depósito de limos	34
Imagen N° 5: Depósito de arcillas	34
Imagen N° 6: Depósito de loess	35
Imagen N° 7: Representación gráfica de la curva granulométrica.....	40
Imagen N° 8: Esquema del aparato de resistencia al corte directo	45
Imagen N° 9: Esquema del aparato de resistencia al corte directo	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 : Carta de plasticidad de Casagrande	43
Gráfico N° 2: Curva granulométrica de la muestra N°1	68
Gráfico N° 3: Curva granulométrica de la muestra N°2	69
Gráfico N° 4: Curva granulométrica de la muestra N°3	70
Gráfico N° 5: Curva granulométrica de la muestra N°4	71
Gráfico N° 6: Curva granulométrica de la muestra N°5	72
Gráfico N° 7: Curva granulométrica de la muestra N°6	73
Gráfico N° 8: Curva de resistencia de la muestra N°1	75
Gráfico N° 9: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°1	75
Gráfico N° 10: Curva de resistencia de la muestra N°2	76
Gráfico N° 11: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°2	76
Gráfico N° 12: Curva de resistencia de la muestra N°3	77
Gráfico N° 13: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°3	77
Gráfico N° 14: Curva de resistencia de la muestra N°4	78
Gráfico N° 15: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°4	78
Gráfico N° 16: Curva de resistencia de la muestra N°5	79
Gráfico N° 17: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°5	79
Gráfico N° 18: Curva de resistencia de la muestra N°6	80
Gráfico N° 19: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°6	80
Gráfico N° 20: Coeficiente de uniformidad vs Ángulo de Fricción	81
Gráfico N° 21: Coeficiente de Curvatura vs Ángulo de Fricción	82

Gráfico N° 22: Coeficiente de Curvatura y Coeficiente de Uniformidad vs Ángulo de Fricción	83
--	----

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1 Mallas Granulométricas en el Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.....	98
Fotografía N° 2 Equipo de Corte Directo en el Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.....	98
Fotografía N° 3 Extracción de la muestra N°1	99
Fotografía N° 4 Extracción de la muestra N°2	99
Fotografía N° 5 Extracción de la muestra N°3	100
Fotografía N° 6 Extracción de la muestra N°4	100
Fotografía N° 7 Extracción de la muestra N°5	101
Fotografía N° 8 Extracción de la muestra N°6	101

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula N°1 Relación de Vacíos.....	29
Fórmula N°2 Porosidad	29
Fórmula N°3 Grado de saturación	29
Fórmula N°4 Contenido de humedad	29
Fórmula N°5 Grado de saturación del aire	29
Fórmula N°6 La porosidad expresada en términos de relación de vacíos.....	30
Fórmula N°7 La relación de vacíos expresada en términos de porosidad.....	30
Fórmula N° 8 Resistencia al esfuerzo cortante.....	44
Fórmula N° 9 Ecuación lineal esperada por mínimos cuadrados	49
Fórmula N° 10 Pendiente de la recta.....	49
Fórmula N° 11 Coeficiente de la Recta	49
Fórmula N° 12 Sistema de ecuaciones para determinar la regresión por mínimos cuadrados polinómica.....	49
Fórmula N° 11 Coeficientes para la ecuación polinómica	49
Fórmula N° 14 Fórmula para obtener el contenido de humedad.	55
Fórmula N° 15 Fórmula para obtener el contenido de humedad a 15, 25 y 35 golpes en el límite líquido.	58
Fórmula N°16 Porcentaje del peso retenido	61
Fórmula N°17 Coeficiente de uniformidad.....	62
Fórmula N°18 Coeficiente de curvatura.....	62
Fórmula N°19 Cálculo de los D ₁₀ , D ₃₀ y D ₆₀	63
Fórmula N°20 Esfuerzo cortante nominal.....	65
Fórmula N°21 Velocidad de deformación	65
Fórmula N°22 Esfuerzo de corte	66

Fórmula N°23 Deformación tangencial.....	66
Fórmula N° 24 Ecuación del ángulo de fricción en base al coeficiente de curvatura	81
Fórmula N° 25 Ecuación del ángulo de fricción en base al coeficiente de curvatura	82
Fórmula N° 26 Ecuación del ángulo de fricción en base al coeficiente de curvatura	83
Fórmula N° 27 Ecuación del ángulo de fricción en base al coeficiente de curvatura	84

RESUMEN

La presente tesis, titulada “Obtención del ángulo de fricción interna mediante curvas granulométricas como alternativa al ensayo de corte directo, distrito Puerto Eten, Chiclayo. 2018” es una investigación que tiene por objetivo determinar la relación existente entre el ángulo de fricción y parámetros de una curva granulométrica como lo son el coeficiente de uniformidad o el coeficiente de curvatura.

La investigación consta de 7 capítulos, el capítulo I es una introducción explica los motivos y factores por los que se realizó la investigación, esto se puede ver en realidad problemática, luego revisamos los antecedentes, los cuales son investigaciones realizadas anteriormente. Así mismo, revisamos las bases teóricas que harán entender la investigación desde un punto de vista científico. Luego nos planteamos la formulación del problema, la justificación, la hipótesis y los objetivos tanto generales como secundarios.

El capítulo II trata sobre la metodología que usaremos para alcanzar los objetivos planteados, realizando así cada paso que se debe seguir en un trabajo de investigación, como diseño de investigación, cuadro de operacionalización de variables, determinación de la población y muestra y las técnicas que usaremos para la recolección de datos, en este último punto veremos los ensayos y los cálculos que se han realizado para obtener el coeficiente de uniformidad, coeficiente de curvatura y el ángulo de fricción de manera experimental.

En el capítulo III tenemos los resultados, tanto de granulometría como de corte directo y en el capítulo IV tenemos la discusión de estos resultados y la comparación con otras investigaciones.

En el capítulo V tenemos las conclusiones, en el VI las recomendaciones y finalizamos con las referencias bibliográficas que sirvieron para poder realizar esta investigación.

Palabras clave: Curva granulométrica, Corte directo, coeficiente de uniformidad, coeficiente de curvatura, ángulo de fricción.

ABSTRACT

The present thesis, entitled "Obtaining the angle of internal friction by the granulometric curves as an alternative to the direct cutting test, Puerto Eten district, Chiclayo, 2018" is an investigation that aims at the relationship between the angle of friction and the parameters of a granulometric curve such as the uniformity coefficient or the curvature coefficient.

The research consists of 7 chapters, chapter I is an introduction explains the reasons and factors by which the research was conducted, this can be seen in fact problematic, then we review the background, which are previous research. Likewise, we review the theoretical bases that will make the research understood from a scientific point of view. Then we consider the formulation of the problem, the justification, the hypothesis and the objectives, both general and secondary.

Chapter II deals with the methodology that we will use to achieve the proposed objectives, thus carrying out each step that must be followed in a research work, such as research design, operationalization of variables, determination of the population and sample and the techniques that we will use for the data collection, in this last point we will see the tests and the calculations that have been made to obtain the coefficient of uniformity, coefficient of curvature and the angle of friction experimentally.

In chapter III we have the results, both of granulometry and of direct cut and in chapter IV we have the discussion of these results and the comparison with other investigations.

In chapter V we have the conclusions, in the VI the recommendations and we finish with the bibliographical references that served to be able to carry out this investigation.

Key words: Granulometric curve, Direct cut, uniformity coefficient, curvature coefficient, friction angle.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el mundo, toda obra de edificación u obra civil se encuentra apoyada y transmite las cargas al suelo mediante su cimentación, pero el terreno de fundación no es el mismo para toda estructura, es por eso que un estudio de mecánica de suelos adecuado es importante para conocer las características geomecánicas del suelo.

En el Perú y en otros países que se encuentran en zonas costeras, o al costado de grandes cordilleras suelen presentarse depósitos de materiales gruesos (arena y grava) y a la hora de realizar el estudio de mecánica de suelos puede presentarse la dificultad de no poder realizar algunos ensayos de resistencia debido a la escasez de equipos o por el elevado costo que demanda hacer uno de estos ensayos. Los depósitos de materiales gruesos son comunes en el país, sobre todo en la zona de la costa, aunque se presentan más en la parte sur que en la parte norte del país según el Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú del Ministerio del ambiente en el año 2011.

En el departamento de Lambayeque, en el año 2003, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) realizó un estudio de riesgos denominado “Plan de Prevención ante Desastres: Uso del suelo y medidas de mitigación”, el cual nos brinda información sobre el tipo de suelo en diferentes sectores de cada ciudad del departamento. Dicho estudio nos indicó que el suelo de Puerto Eten debido a la poca distancia con el mar, presentaba depósitos de arena en gran parte de sus sectores.

Teniendo en cuenta la presencia de suelos granulares en el área de estudio, es importante buscar métodos alternativos al corte directo, ensayo de penetración estándar (SPT) o triaxial convencional, es por eso que esta investigación propone el desarrollo del modelo matemático para obtener a través de correlaciones con los parámetros de las curvas granulométricas, el ángulo de fricción.

Debido a la capacidad portante elevada que suelen presentar los suelos granulares, un estudio de mecánica de suelos detallado y realizado de manera correcta, podría reducir costos del proyecto, debido a la eficiencia y optimización que puede presentar el diseño estructural y geotécnico.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Ochoa Osorio, C. A., & Bonilla Gallo, E. Y. (2010). Correlación entre el ángulo de fricción interna y el CBR en arenas arcillosas (SC). Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Esta investigación tuvo como objetivo principal calcular una correlación entre el ángulo de fricción interna y el CBR en arenas arcillosas, relacionando así indirectamente el ensayo de corte directo con el de CBR. Se utilizó una metodología cuantitativa, debido a que para llegar a relacionar el ángulo de fricción con el CBR se tuvo que hacer utilizar el porcentaje de humedad de cada uno de los ensayos, teniendo así un número de muestras considerable para tener un menor error en el análisis de datos, para esto se manejaron 3 porcentajes de humedad: 8%, 12% (humedad óptima según el proctor modificado) y 16%. Obteniendo resultados que para un contenido de humedad de 8%, su ángulo de fricción es de 40.50°, para un contenido de humedad de 12%, el ángulo de fricción interna es de 43.77° y para humedad de 16% un ángulo de fricción interna de 24.79°. Llegando a la conclusión que un valor alto de CBR se obtiene con un contenido de humedad de 8% y el ángulo de fricción interna se obtiene con el 10% de humedad, y no con el porcentaje óptimo de humedad como se esperaba. Esta investigación es de ayuda para la presente tesis, debido a que relaciona parámetros provenientes de los diferentes ensayos de mecánica de suelos para obtener los valores de una manera más simplificada y con menor costo.

González de Celis, G., De Barcia, E., Sulbaran, Y., & Ucar Navarro, R. (2014). Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción (ϕ) y su relación con los parámetros de resistencia relativa (D_r) y relación de vacíos (e) en suelos granulares. Mérida: Universidad de los Andes. Este

artículo de investigación tiene como objetivo principal establecer una correlación entre el ángulo de fricción interno con la densidad relativa, así como sus parámetros como lo son la relación de vacíos en suelos granulares. La metodología es cuantitativa, puesto que los datos obtenidos los relacionará experimental y estadísticamente para obtener ecuaciones y gráficas que ofrezcan correlaciones entre los parámetros. Después de analizar los datos provenientes de los ensayos de laboratorio, se concluyó que se pudo corroborar la hipótesis planteada al principio de la investigación donde nos indica que el ángulo de fricción interna tiende a aumentar cuando la relación de vacíos disminuye y la densidad relativa aumenta.

Karem Heydi de la Hoz Álvarez (2007), en su tesis “Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos”, para optar el grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería con mención en Ingeniería Geotécnica en la Universidad de Chile, 311 pp. Esta investigación planteó como objetivo general definir las características que un suelo granular grueso y con eso evaluar la factibilidad del uso de las curvas granulométricas para determinar los parámetros de resistencia al corte como lo es el ángulo de fricción y proponer metodologías alternas en el caso que no sea factible utilizar el método, utilizando una metodología cuantitativa debido al análisis de datos que realizó de manera estadística, obteniendo como resultado que la muestra equivalente presenta un ángulo de fricción diferente al resto de las muestras (menor), lo cual diferencia las resistencias de las muestras llegando a la conclusión que el método de curvas granulométricas entrega un buen resultado siempre y cuando la granulometría cumpla con algunas condiciones como el paralelismo entre las gráficas de las curvas, contenga un porcentaje de finos menor al 10% y que la forma de las partículas no varíe conforme aumenta su tamaño.

Gaspar Antonio Besio Hernandez (2012), en su investigación “Uso del método de curvas homotéticas en la representación de ensayos monotónicos y cíclicos en suelos gruesos”, para optar al título en Ingeniería Civil en la Universidad de Chile, 138 pp. Esta investigación planteó como

objetivo general replicar la resistencia peak de los materiales con partículas con tamaño máximo de 177.8 mm sometidos a pruebas en triaxiales monotónicos y cíclicos para 3 presiones de confinamiento: 5,10 y 15 (kgf/cm²). Esto se realizó a través de probetas de material creado por el método de las curvas homotéticas con un tamaño máximo de 4.75 mm. Se utilizó una metodología cuantitativa debido a que se analizaron los datos de manera numérica. Finalmente se llegó a la conclusión que a pesar que se ensayaron muestras con una presión de 10 kg/cm², se pudo replicar la máxima resistencia realizada en pruebas triaxiales de gran escala mediante el método de las curvas homotéticas, además de concluir que se debe variar el parámetro de índice de vacíos hasta alcanzar la resistencia planteada, puesto que, fue imposible obtener curvas homotéticas iguales con el mismo índice de vacíos.

Apaza Pinto, Y. (2018). Estimación del parámetro de resistencia al corte, ángulo de fricción en suelos granulares mediante ensayos de escala reducida. Universidad Peruana Unión: Lima. Esta investigación tiene como objetivo determinar el ángulo de fricción en suelos granulares mediante ensayos de escala reducida, debido a que en partículas de gran tamaño es difícil y costoso determinar las características geotécnicas de un material así. Es una investigación de tipo cuantitativa debido a la cantidad de ensayos y datos a analizar para relacionar los dos parámetros. La metodología de esta investigación para relacionar el ángulo de fricción con la densidad relativa fue a través de un escalonamiento de la curva granulométrica; obteniendo como resultado 3 nuevas curvas granulométricas con coeficientes de uniformidad diferentes para determinar con esos parámetros las relaciones de vacíos máximos y mínimos escalados. Finalmente se llegó a la conclusión que no existe una diferencia significativa entre las muestras, determinándose así confiabilidad en el método propuesto.

Gonzales Hajar, L. S. (2015). Estimación de los valores de la cohesión y fricción del macizo rocoso de baja resistencia a partir de ensayos de corte directo in-situ. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Esta investigación tiene como objetivo estimar valores de cohesión y fricción de un macizo rocoso de baja resistencia desde ensayos de corte directo realizados in situ. La metodología empleada fue cuantitativa por los ensayos de laboratorio que se deben realizar para obtener los resultados, realizándose 3 ensayos de corte directo in situ. El resultado se presenta en un gráfico esfuerzo de corte – esfuerzo normal con 3 puntos, y luego se dibuja la recta para definirse la cohesión y el ángulo de fricción según la ecuación de la falla de Coulomb.

Salazar Villacorta, A., & Heredia Sarmiento, J. (2017). Influencia de la granulometría en la estabilidad de los taludes de la gravera Shudal, Cajamarca, 2017. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Esta investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la granulometría de los suelos, en la estabilidad de taludes de la gravera Shudal en Cajamarca, refiriéndose indirectamente con estabilidad de taludes al ángulo de fricción interna del suelo. Se utilizó una metodología cuantitativa, debido a que se hicieron uso de ensayos de laboratorio, se determinó en primer lugar, la influencia del material fino en la determinación de una altura adecuada de los taludes, luego se determinó la influencia del mismo material en el ángulo de inclinación de los taludes. Luego se hizo lo mismo con la influencia del material grueso en la geometría del talud. Los resultados obtenidos fueron que la granulometría de los taludes contienen 8.6% de materiales finos y 91.4 de materiales gruesos, las alturas oscilan entre 2.5 a 7 metros y los ángulos de 30° a 90° además de ser aplicada ya que permite analizar una situación real. Finalmente se llegó a la conclusión, que la granulometría del suelo junto con la altura y los ángulos influyen de manera significativa en la estabilidad de los taludes.

Barrantes Alberca, S., & León Montenegro, A. (2017). Ángulo de reposo en suelos granulares de Lambayeque, 2017. Chiclayo: Universidad Señor de Sipán. Esta investigación tiene por objetivo determinar el ángulo de reposo

de los suelos granulares y que relación se tiene con el ángulo de fricción interna. La metodología es cuantitativa y la investigación es de tipo experimental, se seleccionaron un total de 15 muestras, las cuales fueron obtenidas mediante. Para su clasificación se utilizó el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Para la determinación del ángulo de fricción interna se hicieron 8 ensayos de corte directo, no consolidado no drenado, consolidado no drenado y consolidado drenado. Se obtuvieron resultados que demostraron que ángulo de reposo en estado saturado no consolidado es igual al ángulo de fricción interna cuando se encuentra en estado saturado no consolidado, se disminuye en un 43% cuando el ángulo de fricción interna se encuentra en estado seco no consolidado, se disminuye en un 14% cuando el ángulo de fricción interna se encuentra en estado saturado consolidado (CU) y se disminuye en un 37% cuando el ángulo de fricción interna se encuentra en estado saturado consolidado (CD). Y el ángulo de reposo en estado seco no consolidado es igual al ángulo de fricción interna cuando se encuentra en estado seco no consolidado (UU), aumenta 81% cuando el ángulo de fricción interna se encuentra en estado saturado no consolidado (UU), aumenta 56% cuando el ángulo de fricción interna se encuentra en estado saturado consolidado (CU) y aumenta 14% cuando el ángulo de fricción interna se encuentra en estado saturado consolidado (CD). Finalmente se concluyó que el ángulo de reposo es inversamente proporcional a su porcentaje de saturación y directamente proporcional a su consolidación.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. SUELOS

De manera general, el globo terrestre está conformado por un conjunto de capas: Primero, por un núcleo que está conformado principalmente por hierro y níquel; luego tenemos un manto que envuelve al núcleo denominado magma. Este manto se encuentra envuelto por la corteza terrestre, la cual es una capa que conforme aumenta su profundidad, lo hace de igual manera su densidad. En la parte superior de la corteza terrestre, se encuentra una pequeña capa que se encuentra constituida por la descomposición y desintegración de los materiales que se encuentran en esta misma capa.

Esta pequeña capa se denomina suelo. (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

Es incorrecto pensar que el suelo es solo el conjunto de partículas orgánicas e inorgánicas, sin tener organización alguna. El suelo es tiene una organización definida y propiedades que varían de forma vectorial, el cual tiene cambios más significativos verticalmente (debido a la sedimentación y la estratificación) que horizontalmente. (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

Debido a la gran cantidad de profesionales en el mundo que se relacionan con la palabra “suelo” es que se tiene diferentes definiciones:

Para el ingeniero agrónomo, el suelo es la parte superficial de la corteza terrestre en la cual se sustenta la vida vegetal, el manto en el cual penetran las raíces y succionan el agua y demás nutrientes para su existencia. Para este profesional, el suelo es utilizado para el aprovechamiento de los recursos naturales. (Tschebotarioff, 1972)

Para un geólogo, el suelo es todo material que se ha desintegrado y descompuesto por agentes atmosféricos en el lugar en el que se encuentra proveniente de las rocas. (Chiossi, 1979)

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez en el tomo I de su libro “Mecánica de suelos”, definen al suelo como “todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves”. Escapan de esta definición todo lo que tiene que ver con rocas, además de considerar el agua como parte fundamental de la estructura del suelo. (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

Por otro lado, en el libro de Mecánica de suelos y cimentaciones de Carlos Crespo indica que el suelo es “una delgada capa que se encuentra en la parte superficial de la corteza terrestre que proviene de la desintegración y/o alteración físico química de las rocas”.

Teniendo en cuenta estas definiciones es que llegamos a la conclusión que el suelos es un material que se encuentra en la superficie de la corteza terrestre, además, este material proviene de la desintegración o descomposición de las rocas y puede contener materia orgánica e inorgánica.

Así mismo, en ingeniería, se le da otro enfoque a la palabra “suelo”, empleando las técnicas y métodos de ingeniería en el suelo. A este enfoque se le denomina mecánica de suelos.

Si hablamos de mecánica de suelos, es importante mencionar al padre de esta rama de la ingeniería, el Dr. Ing. Karl Terzaghi, el cual da la mejor definición de “Mecánica de suelos” en su libro “Theoretical Soil Mechanics” nos dice que “la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica e hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de tengan o no contenido de materia orgánica”.

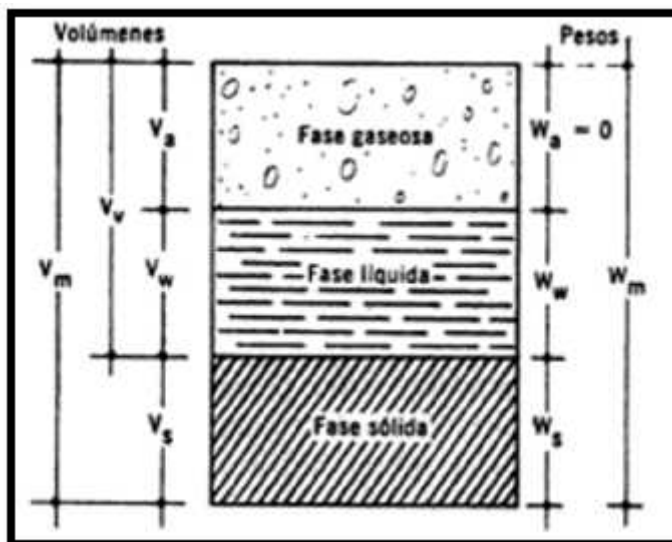
1.3.2. FASES DEL SUELO

En el suelo se pueden encontrar tres fases que lo constituyen: líquido, sólido y gaseoso. En la fase sólida se encuentran minerales del suelo, en la fase líquida el agua y en la fase gaseosa se encuentra sobre todo el aire (Formado por los espacios vacíos entre las partículas). (Juaréz Badillo & Rico Rodríguez, 2012)

La parte líquida y sólida del suelo suelen presentarse en el volumen de vacíos, mientras que la parte sólida, como su mismo nombre lo dice, en el volumen de sólidos. Por otro lado, se dice que un suelo está totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. En ese caso, el suelo solo presenta dos fases: Líquida y sólida. Esto puede presentarse, por ejemplo, en suelos que se encuentran debajo del nivel freático. (Juaréz Badillo & Rico Rodríguez, 2012)

A continuación se muestra un esquema donde se muestra la constitución y las fases del suelo:

Imagen N° 1: Fases del suelo



Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005.

El significado de cada símbolo es el siguiente:

V_m : Volumen total de la muestra de suelo.

V_s : Volumen de la fase sólida del suelo.

V_w : Volumen de la fase líquida del suelo.

V_g : Volumen de la fase gaseosa del suelo.

V_v : Volumen de vacíos del suelo.

W_m : Peso total del suelo.

W_s : Peso de la fase sólida del suelo.

W_w : Peso de la fase líquida del suelo.

W_g : Peso de la fase gaseosa del suelo.

Cada fase del suelo se puede relacionar entre sí, encontrándose relaciones volumétricas y gravimétricas. Entre las principales tenemos:

Fórmula N°1 Relación de Vacíos

$$e = \frac{V}{V}$$

Esta relación puede encontrarse en la práctica como:

Tabla N° 1: Valores prácticos de relación de vacíos

Tipo de Suelo	Relación de Vacíos
Arenas muy compactas con finos	> 0.25
Arcillas altamente comprensibles	<15

Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005.

Fórmula N°2 Porosidad

$$n(\%) = \frac{V}{V} \times 100$$

Valores reales pueden oscilar entre 20% y 95%. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2012)

Fórmula N°3 Grado de saturación

$$G_s (\%) = \frac{V}{V} \times 100$$

Varias desde 0% hasta 100%, estado en el que se encuentra un suelo totalmente saturado.

Fórmula N°4 Contenido de humedad

$$W(\%) = \frac{W}{W} \times 100$$

$$\frac{W}{W} \times$$

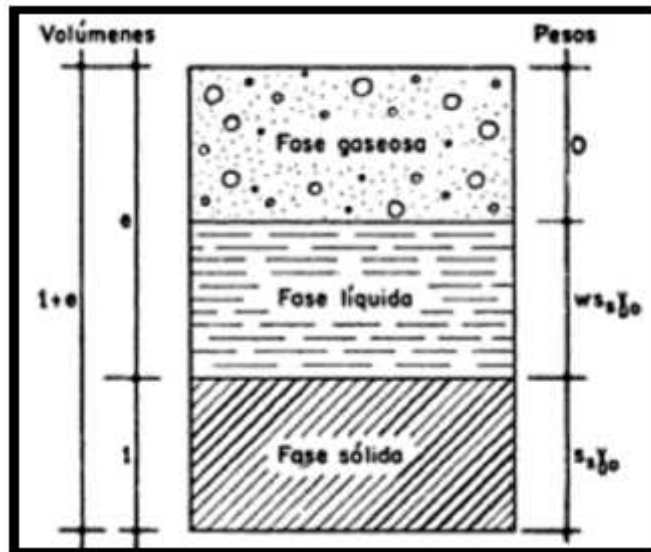
Fórmula N°5 Grado de saturación del aire

$$G_A(\%) = \frac{V_A}{V} \times 100$$

Esta relación es de poco uso en la práctica profesional, si se compara con las anteriores.

También podemos observar la siguiente correlación:

Tabla N° 2: Correlación entre la relación de vacíos y la porosidad.



Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005.

De este gráfico podemos deducir las siguientes relaciones:

Fórmula N°6 La porosidad expresada en términos de relación de vacíos

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

Fórmula N°7 La relación de vacíos expresada en términos de porosidad

$$e = \frac{n}{n - 1}$$

1.3.3. TIPO DE SUELOS

Según Carlos Crespo, en su libro *Mecánica de suelos y cimentaciones*, indica que el suelo se puede clasificar según su origen pueden ser orgánicos e inorgánicos.

En suelos inorgánicos, el mismo intemperismo de las rocas permanece en el sitio en el que se formó inicialmente, lo cual da origen a un suelo residual, si sucede todo lo contrario se forma un suelo transportado cualquiera que sea el agente transportador: por gravedad, agua, aire o glaciares. (Crespo Villalaz, 2013)

Así mismo, en suelos orgánicos, se suelen formar por lo general in situ ya sea en forma de humus o materia sin descomponer.

A continuación se muestran algunos tipos de suelos, con nombres generalmente utilizados en la ingeniería civil:

Gravas

Las gravas pertenecen al grupo de los suelos granulares gruesos. Son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas, y tienen más de 0.002 m de diámetro. Por su origen, cuando son transportadas por los ríos o el agua en general, adopta formas redondeadas producto de la erosión. Como material suelto puede encontrarse en los lechos de los ríos o en las márgenes, o en depresiones de terrenos que son rellenados por el transporte de los ríos. (Crespo Villalaz, 2013)

Según Braja, las gravas son fragmentos de rocas con partículas de minerales como lo son el cuarzo y el feldespato. A veces pudiéndose presentarse en granos de otros minerales.

La forma de las gravas y su mineralogía depende de la historia de su formación encontrándose formas desde redondeadas hasta prismáticas. (Crespo Villalaz, 2013)

Imagen N° 2: Depósito de grava



Fuente: Áridos y Canteras EGA, 2009

Arenas

Las arenas también pertenecen al grupo de los suelos granulares, con la diferencia que estos son finos procedentes de la trituración de las rocas, estas partículas varían su diámetro entre 2 mm y 0.05 mm. Se puede decir que su origen es análogo con el de las gravas, debido a que ambos materiales pueden encontrarse en el mismo depósito. Los ríos contienen generalmente arenas que vienen con grandes cantidades de grava y arcilla. Las arenas se contraen al secarse debido a que contienen nula plasticidad y no son comprensibles, aunque que si se aplica una carga distribuida suele compactarse de manera instantánea. (Crespo Villalaz, 2013)

Debido a que esta investigación tiene como campo de estudio a este tipo de suelo, es necesario conocerlo bien desde su definición hasta las propiedades que lo caracterizan.

Imagen N° 3: Depósito de arena



Fuente: Google Imágenes.

Limos

Los limos es un tipo de suelo que contiene partículas finas con poca o nula plasticidad. Estos pueden ser inorgánicos (Canteras) u orgánicos (suele presentarse en el lecho de los ríos), siendo este el que tiene características más plásticas debido a su contenido de materia orgánica. Su diámetro varía entre 0.05 mm a 0.005.

Los limos de manera general, es un tipo de suelo que tiene poca resistencia y poca capacidad portante, sobre todo si el medio por el cual se transfiere las cargas son zapatas. El color puede variar, presentándose desde un gris claro hasta un gris oscuro. Contiene un índice de permeabilidad baja y una gran compresibilidad si se trata de limos orgánicos. Son considerados suelos inadecuados para realizar fundaciones. (Crespo Villalaz, 2013)

Imagen N° 4: Depósito de limos



Fuente: Google Imágenes.

Arcillas

Por lo general, se le da el nombre arcillas a toda partícula que tiene un diámetro menor a 0.005 mm, la cual adquiere propiedades plásticas al entrar en contacto con el agua. Si hablamos de manera química, la arcilla es un silicato de alumina hidratado, aunque también contiene hierro y magnesio. Tiene átomos los cuales están dispuestos en capas delgadas o laminares. (Crespo Villalaz, 2013)

Según Crespo (2013), hay dos tipos de estas láminas: Silico y alumínico.

Imagen N° 5: Depósito de arcillas



Fuente: Google Imágenes.

Loess

Los suelos mencionados anteriormente son los suelos que con mucha frecuencia se estudian dentro del campo de la ingeniería civil, pero además de estos, tenemos a este tipo de suelo llamado loess. Los loess son partículas sedimentadas de manera eólica, y presentan granos uniformes y cohesivos. Esta cohesión es producto de un material cementante calcáreo y el diámetro de las partículas varía desde 0.01 mm hasta 0.05 mm. Este tipo de suelo especial se puede distinguir por los agujeros verticales que se formaron producto de las raíces extintas. Se recomienda no cimentar sobre este tipo de suelo debido a que se consideran suelos colapsables, aunque esta característica tiene a bajar conforme aumenta el peso volumétrico. (Crespo Villalaz, 2013)

También tenemos otros tipos de suelos especiales como lo son el caliche, la diatomita, el gumbo y tepetate.

Imagen N° 6: Depósito de loess



Fuente: Google Imágenes.

1.3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Luego de describir los principales tipos de suelos, veremos las características físicas y mecánicas de estos. Las características físicas se pueden distinguir de una forma fácil, debido a que éstas se basan más en la forma geométrica ponderal, en cambio las mecánicas definen el comportamiento de este frente a excitaciones externas o internas. (Graux, 1975)

Es importante además conocer las características físicas del suelo en un Estudio de mecánica de suelos, debido a que podemos predecir después de un análisis de los resultados, el comportamiento de un terreno en un futuro, cuando se encuentre expuesto a diferentes estados, con diferentes contenidos de humedad y bajo cargas actuantes diferentes. (Crespo Villalaz, 2013)

Además, es de importante considerar un mejoramiento en el comportamiento de estas características que por lo general se evita, no proyectando las construcciones de edificaciones sobre terrenos inadecuados. Aunque muchas veces (en carreteras u obras de saneamiento) no se puede escoger. Es por eso que se recomienda un trabajo de reconocimiento de campo adecuado. (Cambefort , 1975)

1.3.4.1. FORMA

Esta característica es de vital importancia en un suelo debido a que se puede definir el comportamiento mecánico que puede tener un suelo. En los suelos gruesos, suelen presentar aristas, ángulos o formas redondeadas, estas últimas son menos recomendables para el comportamiento adecuado de un suelo grueso debido a que presentan problemas en la adherencia. Así podemos clasificar a los suelos gruesos según su forma en: Redondeada, subredondeada, subangulosa y angulosa. Por otro lado, las arenas sedimentadas o transportadas por acción del aire (dunas, arena de playa), suelen

presentar granos finos y redondeados. (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

Por otro lado, en suelos finos la forma de las partículas suele ser lamina o aplastada sobre todo en las arcillas. En estos suelos pueden presentarse dos formas: lamina y acicular. En este caso, la forma puede intervenir en propiedades superficiales como la adsorción. La forma laminar es más común, en cambio la acicular es un poco más rara (se encuentran la haloisita y otros materiales). (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

1.3.4.2. PESO ESPECÍFICO

El peso específico de un suelo por el peso de una muestra de suelo que ocupa un determinado volumen. Se define también como peso específico relativo varía muchas veces entre valores de 2.6 a 2.9 gr/cm^3 (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

Se pueden distinguir 4 tipos de peso específico:

Peso específico Y : Se define como el peso de la muestra que se ocupa en un determinado volumen.

Peso específico seco Y_d : Comprende el peso de la muestra seca de una muestra en un determinado volumen.

Peso específico saturado Y_{sat} : Comprende el peso de la muestra después de estar sometido a una inmersión o saturación en agua.

Peso específico saturado Y' : Comprende el peso de la muestra cuando está sometido a una inmersión o saturación en agua.

La información mostrada en los tipos de peso específico fue extraída del libro fundamentos de mecánica de suelo, proyectos de muros y cimentaciones.

1.3.5. PLASTICIDAD

Muchas veces los suelos suelen tener una característica consistencia que desde hace mucho tiempo se le denomina plástica. Esta propiedad se presenta generalmente en arcillas. Si hablamos en términos generales de plasticidad, decir que un suelo tiene un comportamiento plástico no es suficiente, porque por ejemplo, una arena que contiene granos finos y a la vez se encuentra en estado saturado, puede tener características, sin embargo no se le considera plástica. El comportamiento de estos tipos de suelos se puede explicar: el volumen del suelo arcilloso se mantiene constante durante el tiempo en que se deforma, en cambio, el volumen de la arena varía, además de desmoronarse si se acelera la deformación. (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

En el libro de Mecánica de suelos, se define a la plasticidad como “la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse”. (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

Límites de plasticidad:

Atterberg definió 5 estados según el contenido de agua en orden decreciente:

Límite líquido: Apariencia de un líquido o de partículas suspendidas en un líquido.

Límite semilíquido: Apariencia de un líquido viscoso.

Límite plástico: Se comporta plásticamente pudiendo ser muy trabajable.

Límite semisólido: Aparentemente es un cuerpo sólido, aunque se puede contraer volumétricamente según el tiempo de secado.

Límite sólido: Aparentemente es un sólido y no se contrae volumétricamente según el tiempo de secado.

Debido a que nuestro suelo de estudio no será de consistencia plástica (arena seca), no se hará un análisis profundo de esta propiedad de los suelos.

1.3.6. GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS

Hace muchos años, en los inicios de la investigación de la mecánica de suelos se pensaba que las propiedades físico – mecánicas de un suelo se podrían conocer con el hecho de conocer el tamaño de las partículas. Sin embargo, ese a medida que se investigaba más, un investigador de mecánica de suelos puede pensar que con la experiencia puede determinar esas propiedades a grandes rasgos.

Si hablamos de suelos gruesos, cuya distribución de los granos puede determinarse a partir de mallas, la experiencia puede determinar algo acerca del comportamiento de esos suelos, con parámetros como lo son el coeficiente de uniformidad o el coeficiente de curvatura. Sin embargo, el comportamiento definitivo de estos suelos está determinado por su compactación y la disposición de estos granos, dejando de lado así, la teoría que con la granulometría se pueden obtener conclusiones definitivas. Esto podría influenciar en futuros investigadores en formular teorías o modelos matemáticas que permitan predecir el comportamiento inalterado a partir de la distribución de las partículas, como es el caso de esta investigación. (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

Por otro lado, en suelos finos inalterados, estas propiedades dependen mucho de la estructuración de los minerales y de su historia geológica, tanto así que su granulometría muchas veces resulta inútil. Sin embargo, el que estudia mecánica de suelos debe conocer dicha distribución, puesto que nos puede indicar el porcentaje en suelos finos, que pertenecen a las arcillas o a los limos. (Juaréz Badillo & Rico Rodriguez, 2012)

A continuación, se muestran algunas clasificaciones a partir de su granulometría:

Clasificación Internacional:

Tabla N° 3: Clasificación internacional de suelos por su granulometría

Tipo de suelo	Medida (mm)
Arena Gruesa	2.0 - 0.2
Arena fina	0.2 - 0.02
Limo	0.02 - 0.002
Arcilla	0.002 - 0.0002
Ultra arcilla	< 0.0002

Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005

Clasificación M.I.T.:

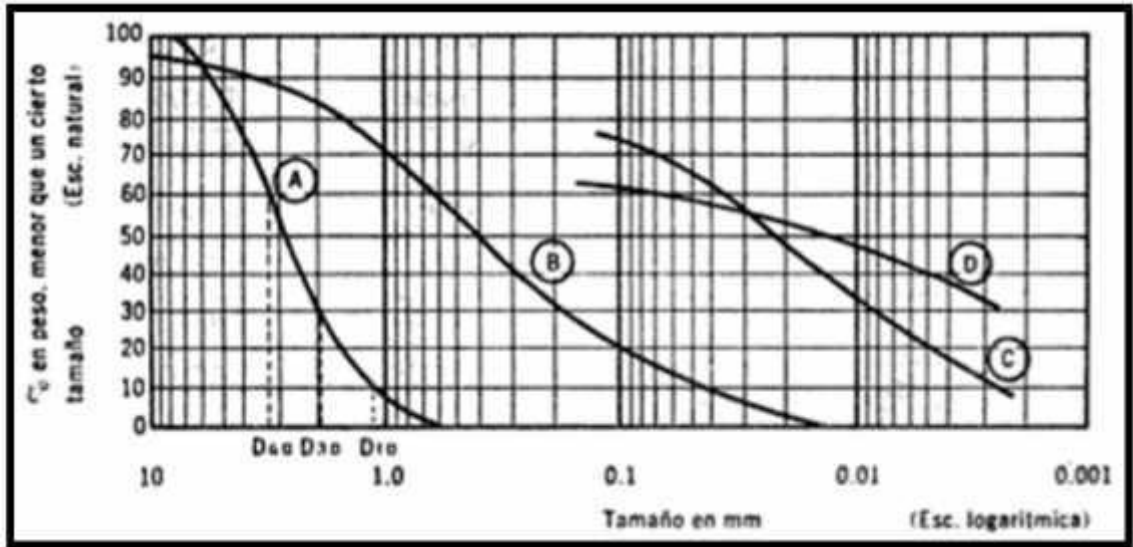
Tabla N° 4: Clasificación M.I.T. según su granulometría

Tipo de suelo	Tamaño	Medida (mm)
Arena	Gruesa	2.0 - 0.6
	Media	0.6 - 0.2
	Fina	0.2 - 0.06
Limo	Grueso	0.06 - 0.02
	Medio	0.02 - 0.006
	Fino	0.006 - 0.002
Arcilla	Gruesa	0.002 - 0.0006
	Media	0.0006 - 0.0002
	Fina (Coloides)	< 0.0002

Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005.

Además, el libro de Mecánica de suelos de Juárez Badillo y Rico Rodríguez nos da el siguiente gráfico, el cual es una representación de las diferentes formas que puede adoptar una curva granulométrica:

Imagen N° 7: Representación gráfica de la curva granulométrica



Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005

Del gráfico podemos acotar los siguientes puntos:

Punto A: Arena muy uniforme.

Punto B: Suelo bien graduado.

Punto C: Arcilla (granulometría obtenida con hidrómetro).

Punto D: Arcilla (granulometría obtenida con hidrómetro).

1.3.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Después de haber estudiado la plasticidad y granulometría de los suelos, podemos entrar a la clasificación de estos, lo cual según la norma E.050: Suelos y cimentaciones, es una obligación dentro de un estudio de mecánica de suelos.

Podemos encontrar 2 tipos de clasificación que se usan en el país, la clasificación AASHTO y la clasificación SUCS. La primera es utilizada para el estudio de las carreteras o vías de comunicación, y la clasificación SUCS es utilizada para el diseño de cimentaciones. Como este proyecto es del tipo investigativo, definiremos las dos de manera general.

Clasificación SUCS:

Esta clasificación se denomina el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y está basado en un método llamado Método de Aeropuertos. Se basa principalmente en la división de suelos y finos a través de la malla granulométrica N°200. Un suelo se considera grueso si más del 50% de este tienen partículas mayores a la de la malla N°200, y es fino si más del 50% tiene partículas menores a la de la malla N°200. (Juaréz Badillo & Rico Rodríguez, 2012)

De manera general, podemos simbolizar los suelos de la siguiente manera:

Grava: G

Arena: S

Arcilla: C

Limos: M

De acuerdo al estado físico de cada suelo, o de una posible combinación de estos salen las siguientes notaciones:

GW y SW: Gravas y arenas bien graduadas.

GP y SP: Gravas y arenas pobremente graduadas.

GM y SM: Gravas y arenas limosas

GC y SC: Gravas y arenas arcillosas.

Y sin son suelos finos, pueden tener también las siguientes notaciones:

CL y CH: Arcillas de baja y alta plasticidad respectivamente.

ML y MH: Limos de baja y alta plasticidad respectivamente.

OL y OH: Suelos orgánicos de baja y alta plasticidad respectivamente. Pertenece a los limos también esta clasificación.

Esta clasificación se podría determinar del siguiente gráfico llamado la Carta de Casagrande:

Gráfico N° 1 : Carta de plasticidad de Casagrande



Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005

Podemos ver así, que para la clasificación de un suelo por el sistema unificado de clasificación de suelos, es necesario conocer los límites de plasticidad y la granulometría de este.

Clasificación AASHTO:

Este tipo de clasificación, de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales o por su siglas en inglés, AASHTO, separa a los suelos en 8 grupos: desde el A-1 hasta A-8, en base a la granulometría y sus límites de plasticidad. Los materiales de grano grueso se encuentran en el grupo A-1, A-2 y A-3, en el cual el 35% pasa por la malla N°200. Si más del 35% pasa por la malla granulométrica N°200 ya se considera con un material fino y se encuentran en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Donde al igual que la clasificación SUCS, contienen limo y arcilla. Este tipo de clasificación de suelos se utiliza para caminos y carreteras, para la clasificación de la subrasante y la rasante. (Das, 2001)

Tabla N° 5: Clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o más de la muestra que pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limos - arcillas (más del 35% de la muestra pasa a malla N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Punto de tamaje que pasa N° 10 (2mm)	50 máx										
N° 40 (0,425mm)	30 máx	30 máx	51 mín								
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	30 mín	30 mín	30 mín	30 mín
Características de la fracción que pasa la malla N°40											
Límite líquido				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad	8 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipos de material	Fragmentos de pedras, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Grado de durabilidad	De excelente a bueno							De regular a pobre			
NOTA:	Si el IP < LL - 30, pertenece al grupo A-7-5							Si el suelo es NP al IG = 0, Si el IG es < 0 al IG = 0			
	Si el IP > 11 - 30, pertenece al grupo A-7-6							El IG = 0 de los suelos que pertenecen a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3			

Nota: IP=Índice de plasticidad; LL=Límite líquido; NP=No plástico; IG=Índice de grupo

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotecnia, Braja M. Das, 2001.

1.3.8. RESISTENCIA AL CORTE DE LOS SUELOS

La resistencia al esfuerzo cortante del suelo determina diversos factores, como lo son la capacidad portante del suelo para una fundación, el empuje de suelo contra un muro de retención o el análisis de la estabilidad de un talud. (Duque Escobar & Escobar Potes , 2002)

Dicha resistencia al corte, fue analizada por Coulomb (1976), para después hacer la ecuación de la falla de Coulomb. Él mediante observación, descubrió que si “el empuje de un suelo contra un muro se produce un desplazamiento, en el suelo retenido se forma un plano recto de deslizamiento”. (Duque Escobar & Escobar Potes , 2002)

Además, la máxima resistencia al corte estaría dada por la siguiente formulación:

Fórmula N° 8 Resistencia al esfuerzo cortante

$$\tau_f = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

Donde:

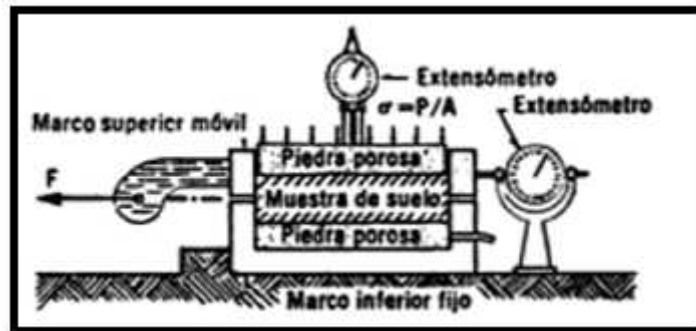
T_f : Resistencia máxima al esfuerzo cortante

σ = Esfuerzo normal al plano de falla.

φ = Es el ángulo de fricción interna del suelo (si solo se presenta este parámetro, se considera una arena)

c = Es la cohesión del suelo (si solo se presenta este parámetro, se considera una arcilla).

Imagen N° 8: Esquema del aparato de resistencia al corte directo



Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005

1.3.8.1. Cohesión

Esta propiedad suele presentarse en las arcillas. Se define a cohesión como la atracción que tienen las partículas entre sí y las mantienen unidas. Esta propiedad no será un objeto de estudio a mucha profundidad en esta investigación, puesto que el suelo estudiado será una arena seca, cuya cohesión según la norma E.050: Suelos y cimentaciones, es nula.

1.3.8.2. Ángulo de fricción

Es una característica de los suelos por el cual se determina el ángulo máximo que puede estar un suelo en estado de reposo.

El ángulo de fricción depende de muchas características físicas de los suelos, principalmente de la compacidad, forma y rugosidad de las partículas, grosor de las partículas y la granulometría (uniformidad). Como podemos observar, las 3 últimas características son propiedades físicas de las partículas, y eso nos demuestra que desde hace mucho tiempo investigaciones querían plantear modelos matemáticos para la determinación del ángulo de fricción interna a partir de este tipo de características.

Imagen N° 9: Esquema del aparato de resistencia al corte directo

$\phi = 36^\circ + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4$			
Compacidad.....	ϕ	suelta	- 6°
		media	0
		compacta	+ 6°
Forma y rugosidad de los granos.	ϕ	aguda	+ 1°
		media	0
		redondeada	- 3°
		muy redondeada	- 5°
Grosor de los Granos...	ϕ	arena	0
		grava fina	+ 1°
		grava gruesa	+ 2°
		uniforme	- 3°
Granulometria.....	ϕ	media	0
		abierta	+ 3°

Fuente: Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción (ϕ) y su relación con los parámetros de resistencia relativa (D_r) y relación de vacíos (e) en suelos granulares, 2014.

1.3.9. NORMAS DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. NORMA E.050: SUELOS Y CIMENTACIONES.

Esta norma es tomada como referencia para la siguiente investigación debido a que los ensayos realizados se mencionan en esta norma para la realización de los estudios de mecánica de suelos (EMS)

El objetivo principal de esta norma es establecer los parámetros necesarios para la realización de un adecuado estudio de mecánica de suelos, con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las edificaciones y obras civiles durante su vida útil. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

En el primer capítulo toca temas generales, como los objetivos de la norma y el ámbito de aplicación de esta, mencionando aquí sus limitaciones y que las exigencias presentadas en la norma son mínimas. También nos indica los casos donde hay obligatoriedad de un estudio de mecánica de suelos.

En el segundo capítulo nos da la información necesaria para realizar el estudio así como la información previa y las técnicas de investigación (ensayos y métodos), así como el programa de investigación.

El capítulo 3, 4 y 5 nos dan las consideraciones a tener en cuenta para el diseño de las cimentaciones, desde el punto de vista geotécnico. El capítulo 6 trata sobre los problemas que se pueden presentar en la cimentación debido a algún fenómeno que se puede presentar en el suelo. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

1.3.10. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP).

1.3.10.1. NTP 339.128: 1999 (Suelos. Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico)

Esta norma establece los lineamientos necesarios para realizar el ensayo de laboratorio del análisis granulométrico, indicando los objetivos del ensayo, el procedimiento y el cálculo de los parámetros

del análisis granulométrico como lo son el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura. Esta norma técnica fue revisada en el año 2014. (Instituto Nacional de Calidad, 1999)

1.3.10.2. NTP 339.171:2002 (Suelos. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas)

Esta norma establece los lineamientos necesarios para realizar el ensayo de laboratorio del corte directo en suelos bajo condiciones drenadas, indicando los objetivos del ensayo, el procedimiento y el cálculo de los parámetros del corte directo como lo son el ángulo de fricción interna y la cohesión. (Instituto Nacional de la Calidad, 2002)

1.3.11. MÉTODO NUMÉRICO

Para la presente investigación, se usará un modelo matemático realizado mediante un método numérico llamado “Aproximación por mínimos cuadrados”.

Se define a los métodos numéricos como métodos que consisten en encontrar soluciones de manera aproximada a problemas complejos, utilizando operaciones matemáticas básicas como lo son la suma, resta, multiplicación y división, en algunos casos se utilizan derivadas e integrales, pero solucionan problemas complicados que normalmente se hacen con ayuda de computadoras (estas computadoras a su vez, están programadas con métodos numéricos). (Nieves Hurtado & Dominguez Sánchez, 2014)

1.3.11.1. Mínimos Cuadrados

Es un método numérico en el cual se obtiene una ecuación aproximada, a través de una gráfica ajustada a los puntos que se presentan en un gráfico determinado. (Nieves Hurtado & Dominguez Sánchez, 2014)

De manera general, la regresión puede ser polinómica o lineal, haciéndose uso para esta investigación de ambas.

Regresión Lineal por Mínimos Cuadrados:

Fórmula N° 9 Ecuación lineal esperada por mínimos cuadrados

$$y = mx + b$$

Donde:

Fórmula N° 10 Pendiente de la recta

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n x_i (x_i - \bar{x})}$$

Fórmula N° 11 Coeficiente de la Recta

$$b = \bar{y} - m\bar{x}$$

\bar{x} = Promedio de las abscisas

\bar{y} = Promedio de las ordenadas

Regresión Polinómica por Mínimos Cuadrados

Fórmula N° 12 Sistema de ecuaciones para determinar la regresión por mínimos cuadrados polinómica

$$\begin{bmatrix} m & \sum x & \sum x^2 \\ \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum yx \\ \sum yx^2 \end{bmatrix}$$

Fórmula N° 13 Coeficientes para la ecuación polinómica

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Coeficiente independiente} \\ \text{Coeficiente del } x \\ \text{ } \end{bmatrix}$$

a Coeficiente del x

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible establecer una relación entre el ángulo de fricción interna (ϕ) y los parámetros de la curva granulométrica como lo son el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura en arenas secas extraídas de Puerto Eten?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En toda obra civil o de edificaciones, la estructura se encuentra apoyada en el suelo, es por eso que en ingeniería civil es importante conocer sus propiedades mecánicas.

La obtención de estas propiedades puede significar ensayos de laboratorio costosos como lo son el corte directo, ensayo de penetración estándar (SPT) o triaxial, los cuales se realizan con la finalidad de conocer las propiedades geomecánicas del suelo como la capacidad portante o la resistencia del suelo. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

Dentro de este campo, aparece el parámetro denominado ángulo de fricción interna (ϕ), que es un parámetro propio de cada tipo de suelo.

Desde el punto de vista económico, esta investigación puede ayudar a disminuir costos a la hora de realizar un estudio de mecánica de suelos, debido a que un ensayo triaxial para solo una muestra puede costar alrededor de 500 soles, y el alquiler de equipos para la prueba de penetración estándar puede costar hasta 300 soles, en cambio, un ensayo de curva granulométrica está alrededor de 30 soles en el laboratorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (Chiclayo).

Desde el punto de vista técnico, es importante una correlación entre el ángulo de fricción interna y los parámetros de la curva granulométrica debido a que permite simplificar el tiempo y la dificultad de análisis para obtener el ángulo de fricción interna conociendo solamente los parámetros dados en la curva granulométrica.

Desde el punto de vista científico, esta investigación genera un aporte a la ingeniería, debido a que un parámetro más estará relacionado el ángulo de fricción interna conociendo los parámetros de la curva granulométrica, esto lo tuvieron en cuenta los ingenieros Eulalio Juárez Badillo y Rico Rodríguez en su libro Mecánica de Suelos del año 2005, en su capítulo granulometría de los suelos indicaba la importancia de conocer propiedades mecánicas de los suelos a través de su granulometría.

Esta tesis abrirá campo a futuras investigaciones, para que puedan ir perfeccionando las técnicas de correlación para así tener datos más precisos, simplificar aún más los costos y correlaciones entre otras propiedades mecánicas del suelo.

1.6. HIPÓTESIS

Es posible la formulación de una correlación entre los parámetros de la curva granulométrica (Coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura) y el ángulo de fricción interna en arenas secas extraídas de Puerto Eten.

1.7. OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer una relación entre los parámetros de la curva granulométrica y ángulo de fricción interna de suelos arenosos secos de Puerto Eten.

Objetivos específicos

- Realizar los ensayos correspondientes a las muestras de suelo y clasificar los suelos.
- Comparar los resultados obtenidos de los ensayos (Granulometría y Corte Directo).
- Establecer una correlación mediante gráficas y un modelo numérico (ecuación) entre los parámetros obtenidos de las curvas granulométricas y el ángulo de fricción interno de suelos arenosos secos de Puerto Eten.

CAPITULO II

II. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Esta investigación es de tipo experimental, puesto que se ha realizado una toma de muestras en distintos puntos de la playa de Puerto Eten para ser ensayadas posteriormente en un laboratorio. Luego, se analizan los resultados y el ángulo de fricción interna obtenido a través del ensayo de corte directo se correlaciona con los parámetros de la granulometría (Coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura), obteniéndose así un modelo matemático que facilite el cálculo de este parámetro de resistencia en las arenas.

Se determinó que la investigación es exploratoria o experimental debido a que el objetivo es examinar, investigar o analizar un tema poco estudiado, se tienen muchas preguntas y no se ha abordado con profundidad antes. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010)

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

Tabla N° 6: Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ÍNDICE
Modelo numérico que relaciona el ángulo de fricción interna y la granulometría	Composición del Suelo	Extracción del Suelo	Puntos de investigación del suelo	Norma E.050: Suelos y Cimentaciones	Adimensional
		Ensayo de Laboratorio	Contenido de Humedad	NTP 339.127/ Registro de porcentaje de humedad	%
			Límites de Consistencia	NTP 339 129 / Registro de porcentajes de humedad	%
			Granulometría	NTP 339.128 / Curva Granulométrica	%
	Resistencia al Corte del Suelo	Ensayo de Laboratorio	Ensayo de Corte Directo	NTP 339.171 / Gráfica de Esfuerzo de Corte vs Esfuerzo	kg/cm ²
	Método Numérico	Modelo Matemático	Aproximaciones por mínimos cuadrados	Coeficiente de determinación	Adimensional

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA:

Dentro de la población y muestra de esta investigación se encontrarían todas las arenas o tipos de suelos con características similares a las utilizadas en esta tesis. Podría decirse que las arenas secas, con cohesión nula, entrarían dentro de la población de esta investigación debido a que se podrían aplicar los conocimientos adquiridos a cualquier suelo que cumpla esas condiciones en el mundo.

Con respecto a la muestra, serán 6 calicatas que se harán en distintos puntos de la playa de Puerto Eten con la finalidad de obtener arenas con características similares.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD:

2.4.1. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Las técnicas para el desarrollo de la siguiente investigación son las siguientes:

Observación directa: Este punto se refiere a la observación de las variables en su estado natural.

Experimentación: Se manejarán y manipularán las variables independientes, modificando así la manera en la que se comportarán las variables dependientes con el fin de realizar una medición apropiada de sus propiedades.

Análisis de contenidos: Se interpretaron las fuentes bibliográficas que se utilizaron en el desarrollo del informe, para así poder llegar al análisis del modelo matemático después de haber manipulado físicamente las muestras.

2.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.4.2.1. Fuentes y Programas

Las normas utilizadas son:

- Norma E.050: Suelos y cimentaciones del Reglamento nacional de edificaciones.
- Normas técnicas peruanas revisadas por el instituto nacional de la calidad (INACAL)
- Fuentes de información empleadas en la investigación que se encuentran en las referencias bibliográficas.

Los programas utilizados son:

Microsoft: Excel, Word y power point.

2.4.2.2. Ensayos de Laboratorio

2.4.2.2.1. Extracción de las muestras

a) Definición:

Las muestras fueron extraídas de diversos puntos de la playa de Puerto Eten, con la finalidad de tener una muestra de mayor alcance.

2.4.2.2.2. Contenido de humedad

a) Definición:

Se define como la relación entre el peso del agua contenido en una muestra de agua entre el peso seco de la misma.

b) Normativa

Está basado en la norma NTP 339.127.

c) Objetivo del Ensayo

Determinar el peso de agua en una muestra de suelo (%).

d) Instrumentos y Equipos

El equipo usado para realizar este ensayo es:

Un horno eléctrico, que mantenga la temperatura constante a 105 grados centígrados.

Una balanza con precisión a 0.1 gramos.

Una charola y cápsula de aluminio.

Una espátula.

e) Procedimiento

El procedimiento que se debe de seguir para poder realizar este ensayo es el siguiente:

En primer lugar, se pesan 5 taras en una balanza que proporciona datos precisos.

Segundo, se coloca las muestras en las taras y luego llenar cada tara hasta $\frac{3}{4}$ con suelo.

Tercero, se anota el peso de la tara con la muestra húmeda.

Cuarto, se colocan las taras con muestras de cada extracto en el horno a 110°C por 24 horas.

Quinto, luego de haberse pasado las 24 horas retiramos cada muestra seca del horno se deja enfriar a temperatura ambiente.

Sexto, se pesa la muestra seca más la tara.

f) Cálculos

Fórmula N° 14 Fórmula para obtener el contenido de humedad.

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

W_w = Peso de la muestra húmeda

W_s = Peso de la muestra seca

2.4.2.2.3. Límites de plasticidad

a) Definición:

Se han desarrollado muchos criterios para definir la plasticidad de los suelos, siendo el más conocido el de Atterberg, el cual indica que la plasticidad es una propiedad circunstancial y depende del contenido de agua.

Según el contenido de humedad, el suelo puede ser plástico o puede estar en cualquiera de los estados definidos anteriormente.

b) Normativa

La norma empleada es la NTP 339.129 y fue empleada para analizar las propiedades del suelo.

c) Objetivo del Ensayo

Determinar el límite líquido del suelo, debido a que las arenas son materiales sin cohesión alguna y por lo tanto, sin plasticidad.

d) Instrumentos y Equipos

El equipo y material usado para realizar el ensayo es el siguiente:

Copa de Casagrande.

Un ranurador laminar o ranurador curvo.

Una cápsula de porcelana.

Una espátula.

Unas charolas de aluminio o vidrio de reloj.

Malla N°40.

Un horno con temperatura constante de 105°C.

Una balanza con aproximación de 0.01 gramos.

Un molde para contracción lineal.

Un calibrador Vernier.

Una placa de vidrio.

Un alambre con un diámetro de 3.2 mm.

Una piseta.

Una franela.

Agua.

Papel absorbente.

e) Procedimiento

El procedimiento que se debe de seguir es el descrito a continuación:

En primer lugar, el suelo debe pasarse por la malla N°40 y luego ser secado en el horno por 24 horas.

Segundo, deben pesarse las taras, 4 en total.

Tercero, para el límite líquido, el suelo es mezclado con agua destilada hasta que se obtenga una mezcla manejable, luego se coloca en la cápsula de porcelana y posteriormente en la cuchara de Casagrande de manera uniforme.

Cuarto, se hace una ranura en la parte media del suelo, utilizando el ranurador, de manera perpendicular a la cuchara de Casagrande.

Quinto, se da golpes en la copa con una frecuencia de 2 golpes por segundo, hasta que los taludes separados por el ranurados se unan hasta 13 mm. Los golpes son contados y se registran. Debe darse una condición: deben ser entre 4 y 40 golpes. Pueden ser en los siguientes intervalos: 30 y 40 para el primer contenido de humedad, 20 y 30 para el segundo. 10 y 20 para el tercero y finalmente 4 y 10. Para así definir mejor la curva de fluidez.

Sexto, estas muestras son introducidas al horno para determinar el contenido de humedad en cada ensayo.

f) Cálculos

Fórmula N° 15 Fórmula para obtener el contenido de humedad a 15, 25 y 35 golpes en el límite líquido.

$$W = \frac{W}{W} * 100\%$$

W_w = Peso de la muestra húmeda

W_s = Peso de la muestra seca

2.4.2.2.4. Granulometría

a) Definición:

Es la distribución de las partículas de un suelo dependiendo de su tamaño.

b) Normativa

Este ensayo estará realizado según la norma técnica peruana NTP 339.128.

c) Objetivo del Ensayo

La finalidad del ensayo es separar la fracción de gruesos y finos de la muestra ensayada.

d) Instrumentos y Equipos

El material y el equipo usado para este ensayo es el siguiente:

Unas mallas granulométricas (3", 2", 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°04, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y la Charola).

Un cucharón.

Una balanza con aproximación a 0.1gr.

Unas charolas rectangulares de 0.4 x 0.6 m

Una espátula y vidrio de reloj.

Un partidor de muestras o cuarteador.

La malla N°200, para el lavado del suelo que pasó la malla N°4.

Un alambrcn de 5mm de diámetro, con punta redondeada.

Un horno o estufa.

Unas charolas de aluminio.

Un vaso de aluminio.

Agua.

La muestra de suelo que se estudiará.

e) Procedimiento

El procedimiento que se debe de seguir es el descrito a continuación:

En primer lugar, la muestra de suelo se debe someter a un secado natural (secado al sol), disgregado y cuarteado sobre una superficie. Luego se debe tener una muestra representativa y se anota el peso correspondiente.

Segundo, se pasa la muestra representativa por una serie de mallas, las cuales estarán ordenadas de mayor a menor diámetro.

Tercero, el material retenido en cada malla se va pesando y anotando en la columna de peso retenido.

Cuarto, todo lo anterior debe de ser realizado hasta la malla N°04 y con el material que pasa esta malla; se procede a obtener una porción de suelo que sea representativa, para ello habrá que pasar el material las veces necesarias por el partidore de muestras, hasta que se obtenga una muestra de entre 500 y 1000 grs.

Quinto, la muestra anterior se pone a secar totalmente hasta que se enfríe y se recolecte una muestra de 200 grs., la que es vaciada hasta un vaso de aluminio, el que debe de ser llenado con agua; con esto realizado, se procede a realizar el lavado del suelo. Si el suelo todavía presenta grumos, debe dejarse saturar por 24 horas.

Sexto, el lavado del suelo consiste en agitar el suelo utilizando el alambrcn con punta redondeada, haciendo figuras que formen un "ocho" durante 15 segundos.

Séptimo, se vacía el líquido a la malla N°200, con el fin de eliminar los finos (material que pasa dicha malla), posteriormente se vierte más agua al vaso y se agita de la forma antes descrita.

Octavo, cuando en la malla se acumule mucho material (arena), se reintegra al vaso, vaciando agua sobre el reverso de la malla, siempre cuidando que no se pierda material; esto debe de ser hecho hasta 5 veces que se vacíe agua con finos a la malla N°200. Esta operación se repite las veces necesarias para que el agua salga limpia o casi limpia.

Noveno, el suelo es secado al horno o a la estufa, se deja enfriar y después se pasa por las mallas N°8 a la N°200.

Décimo, se procede a pesar el material retenido en cada malla.

Décimo primero, se realizan los cálculos de: % retenido parcial, % retenido acumulado, % que pasa; luego de ello se procede a dibujar la curva granulométrica.

Décimo segundo, se calculan los % de grava, de arena y de finos, así como los coeficientes de uniformidad (Cu) y de curvatura (Cc).

f) Cálculos

Fórmula N°16 Porcentaje del peso retenido

$$\text{Porcentaje de Peso retenido} = \frac{W_r}{W_s} \times 100\%$$

Donde:

W_r = Peso retenido

W_s = Peso seco de la muestra

Fórmula N°17 Coeficiente de uniformidad

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

Donde:

C_u = Coeficiente de uniformidad

D_{10} = Diámetro por el que debajo del cual queda el 10% del peso total.

D_{60} = Diámetro por el que debajo del cual queda el 60% del peso total.

Fórmula N°18 Coeficiente de curvatura

$$C_c =$$

Donde:

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

C_c = Coeficiente de curvatura

D_{10} = Diámetro por el que debajo del cual queda el 10% del peso total.

D_{30} = Diámetro por el que debajo del cual queda el 30% del peso total.

D₆₀ = Diámetro por el que debajo del cual queda el 60% del peso total.

Fórmula N°19 Cálculo de los D₁₀, D₃₀ y D₆₀

$$D_x = \frac{(D_2 - D_1)}{\log\%_2 - \log\%_1} * \log\%_x - \log\%_1 + D_1$$

D₂ = Diámetro superior.

D₁ = Diámetro inferior.

%₂ = Porcentaje que pasa por el diámetro superior.

%₁ = Porcentaje que pasa por el diámetro inferior.

2.4.2.2.5. Corte Directo

a) Definición:

El ensayo de corte directo sirve para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo, que posteriormente sirve para calcular la capacidad portante en una cimentación. Se calcula hallando la relación que existe entre el esfuerzo y la deformación en la muestra de suelo. (Instituto Nacional de la Calidad, 2002)

b) Normativa

El ensayo está basado en la Norma Técnica Peruana NTP 339.171.

c) Objetivo del Ensayo

Determinar la resistencia al corte del suelo por medio del Corte Directo. (Instituto Nacional de la Calidad, 2002)

d) Instrumentos y Equipos

Según la norma técnica peruana NTP 339.171 para poder realizarse el ensayo de corte directo, es necesario tener el siguiente equipamiento:

Dispositivo de corte. Sujeta la muestra entre las piedras porosas para que no se generen rotaciones.

Caja de corte directo. Puede ser circular o cuadrada.

2 piedras porosas.

Dispositivo de cargas.

Un dispositivo para medir el esfuerzo de corte.

El anillo de corte.

Balanza con una precisión de 0.01 gr.

Indicadores de deformación

Dispositivos para remoldar y acomodar las muestras.

e) Procedimiento

Se deben usar muestras inalteradas, la muestra debe ser lo suficientemente grande para poder hacer 3 muestras distintas.

Debe evitarse perder humedad. Evitar la alteración de la estructura natural.

Se determina el peso de la muestra y luego se calcula el contenido de humedad natural.

Se pesa la muestra de arena seca en este caso, y se coloca en la caja de corte. Junto con el pistón de la caja y las piedras porosas.

Se separa la caja de corte y se fija el bloque para que el deformímetro vaya midiendo el desplazamiento cortante.

Luego de la aplicación de la carga horizontal se toman lecturas de los deformímetros de 5, 10 y luego cada 10 y 20 unidades.

La deformación unitaria deberá ir en orden de 0, 5 y no más de dos mm por minuto. La muestra deberá fallar entre 3 y 5 minutos.

Se repite el procedimiento utilizando otras medidas de cargas verticales. La relación mínima entre el ancho y el espesor de la muestra deberá ser de 2:1.

f) Cálculos

Fórmula N°20 Esfuerzo cortante nominal

$$\sigma_n = \frac{N}{A}$$

Donde:

σ_n = Esfuerzo de corte normal (lb/in², kPa)

N= Fuerza normal aplicada sobre la muestra. (N, lb)

Fórmula N°21 Velocidad de deformación

$$d_r = \frac{d_n}{t_e}$$

Donde:

d_r = Velocidad de desplazamiento (in/min, mm/min)

D_h = Desplazamiento lateral relativo. (In/min)

t_e = tiempo transcurrido del ensayo. (Min)

Fórmula N°22 Esfuerzo de corte

$$E = \frac{k * L}{A}$$

Donde:

E = Esfuerzo de corte

K = constante numérica para el anillo de carga 0.315 para un equipo de corte residual.

Ld = Lectura de la columna dial de carga.

A = Área del molde.

Fórmula N°23 Deformación tangencial

$$D \quad \text{ón} = L \quad \frac{d}{d} \quad \text{ón} * 0.001$$

Donde:

Deformación = Deformación tangencial (cm)

Lectura de deformación = Lectura dial de deformación tangencial.

Posteriormente se grafican las curvas de esfuerzo de corte vs deformación, y luego la del esfuerzo normal vs esfuerzo de corte. De esta última gráfica se determinan los parámetros de ángulo de fricción interna y cohesión

del suelo (Estos parámetros son sacados de la gráfica y obedecen a la ecuación de falla de coulomb).

2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos fue experimental y cuantitativo, debido a que se realizaron ensayos de laboratorio basados en las normas técnicas peruanas y en la norma E.050. Además se analizaron los datos de manera numérica, puesto que la finalidad de la investigación es establecer un modelo matemático para la relación entre los ensayos anteriormente mencionados.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS

En aspectos éticos, el autor se comprometió a presentar con total veracidad los resultados obtenidos en esta investigación. Se garantiza nula duplicidad de resultados y un trabajo auténtico y original.

CAPITULO III RESULTADOS

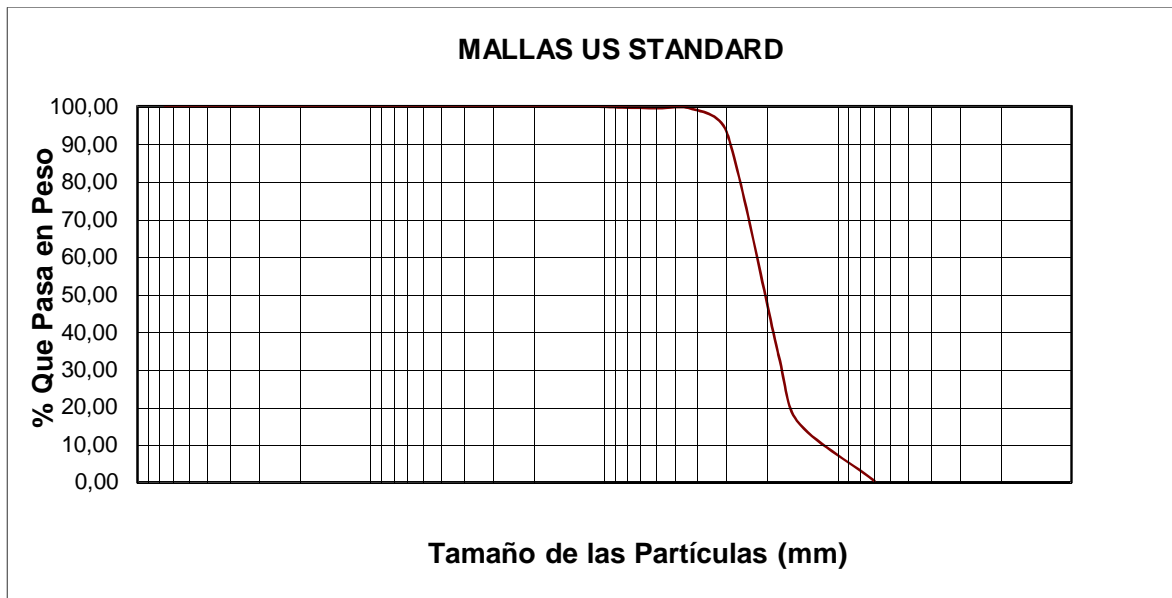
3.1. GRANULOMETRÍA

Tabla N° 7: Granulometría de la Muestra N°1

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm.				
N° 16	1.19	---	---	---	100.00
N° 20	0.84	0.53	0.35	0.35	99.65
N° 30	0.59	0.23	0.15	0.51	99.49
N° 40	0.42	0.32	0.21	0.72	99.28
N° 50	0.30	9.20	6.13	6.85	93.15
N° 80	0.18	88.82	59.21	66.07	33.93
N° 100	0.15	26.31	17.54	83.61	16.39
N° 200	0.07	24.03	16.02	99.63	0.37
<N° 200		0.56	0.37	100.00	0.00
Peso Inicial		150.00			

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 2: Curva granulométrica de la muestra N°1



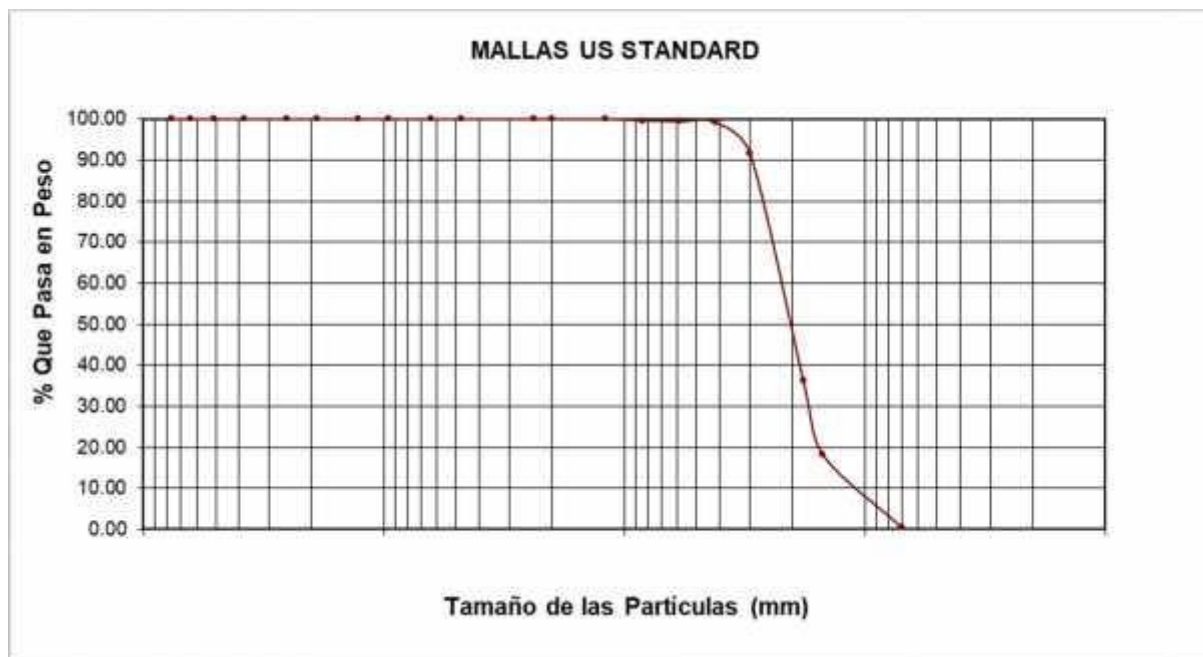
Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Tabla N° 8: Granulometría de la Muestra N°2

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm.				
N° 16	1.19	---	---	---	100.00
N° 20	0.84	0.50	0.35	0.35	99.65
N° 30	0.59	0.32	0.22	0.57	99.43
N° 40	0.42	0.33	0.23	0.80	99.20
N° 50	0.30	10.92	7.57	8.37	91.63
N° 80	0.18	79.92	55.42	63.78	36.22
N° 100	0.15	25.76	17.86	81.65	18.35
N° 200	0.07	25.87	17.94	99.58	0.42
<N° 200		0.60	0.42	100.00	0.00
Peso Inicial		144.22			

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 3: Curva granulométrica de la muestra N°2



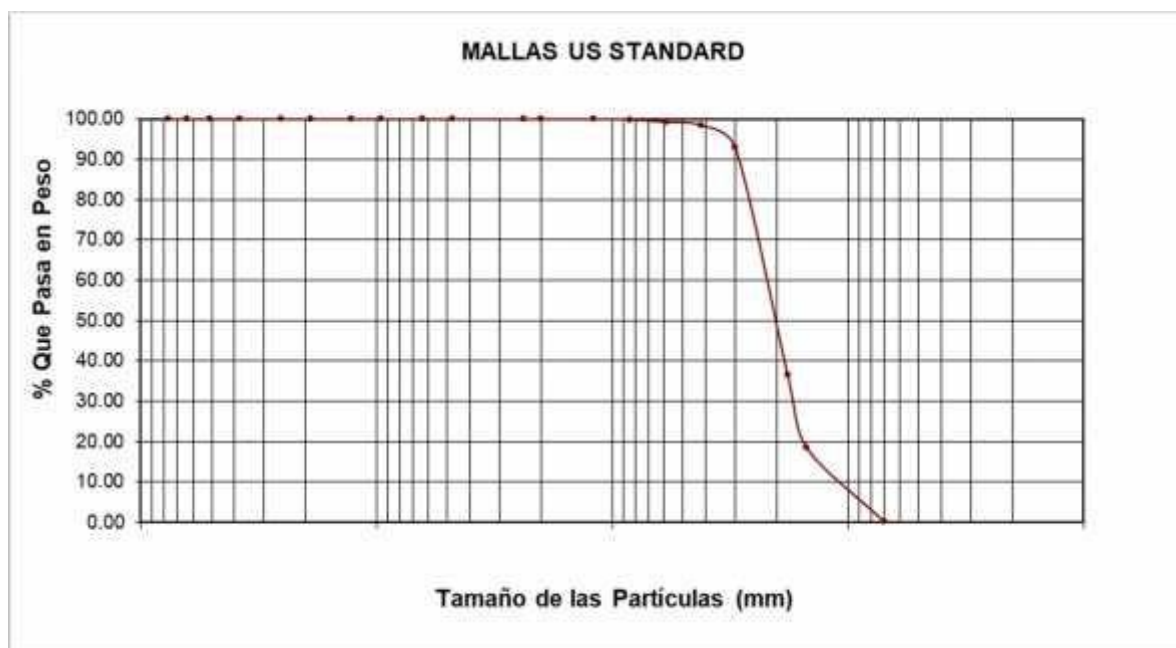
Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Tabla N° 9: Granulometría de la Muestra N°3

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm.				
N° 16	1.19	---	---	---	100.00
N° 20	0.84	0.12	0.08	0.08	99.92
N° 30	0.59	0.93	0.64	0.72	99.28
N° 40	0.42	1.12	0.77	1.49	98.51
N° 50	0.30	8.21	5.64	7.13	92.87
N° 80	0.18	82.12	56.41	63.54	36.46
N° 100	0.15	25.98	17.85	81.38	18.62
N° 200	0.07	26.78	18.40	99.78	0.22
<N° 200		0.32	0.22	100.00	0.00
Peso Inicial		145.58			

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 4: Curva granulométrica de la muestra N°3



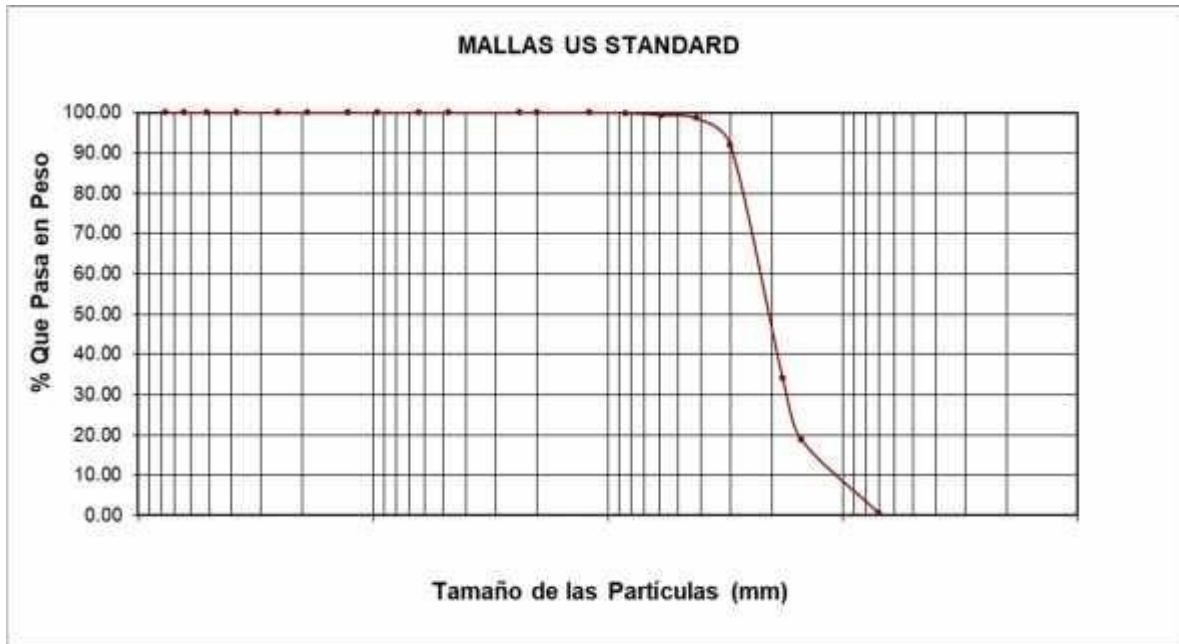
Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Tabla N° 10: Granulometría de la Muestra N°4

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm.				
N° 16	1.19	---	---	---	100.00
N° 20	0.84	0.11	0.07	0.07	99.93
N° 30	0.59	0.83	0.54	0.61	99.39
N° 40	0.42	1.21	0.79	1.41	98.59
N° 50	0.30	10.22	6.68	8.09	91.91
N° 80	0.18	88.45	57.85	65.94	34.06
N° 100	0.15	23.23	15.19	81.13	18.87
N° 200	0.07	27.98	18.30	99.43	0.57
<N° 200		0.87	0.57	100.00	0.00
Peso Inicial		152.90			

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 5: Curva granulométrica de la muestra N°4



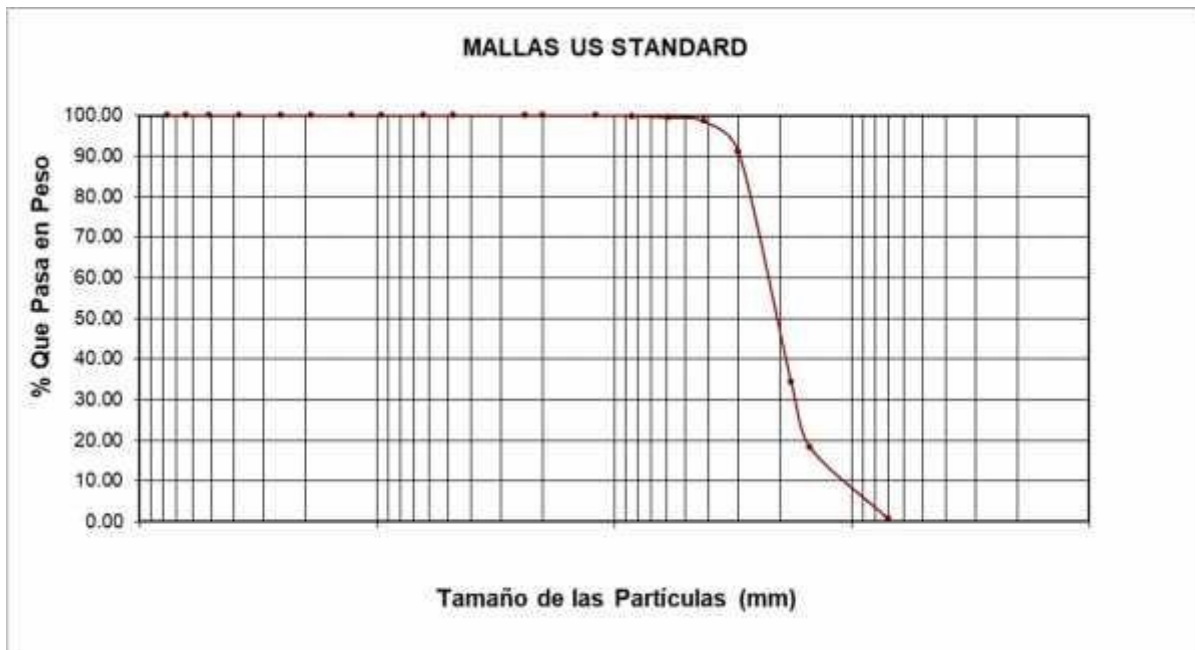
Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Tabla N° 11: Granulometría de la Muestra N°5

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm.				
N° 16	1.19	---	---	---	100.00
N° 20	0.84	0.16	0.11	0.11	99.89
N° 30	0.59	0.56	0.37	0.47	99.53
N° 40	0.42	1.44	0.95	1.42	98.58
N° 50	0.30	11.25	7.40	8.82	91.18
N° 80	0.18	86.21	56.71	65.54	34.46
N° 100	0.15	24.50	16.12	81.65	18.35
N° 200	0.07	26.77	17.61	99.26	0.74
<N° 200		1.12	0.74	100.00	0.00
Peso Inicial		152.01			

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 6: Curva granulométrica de la muestra N°5



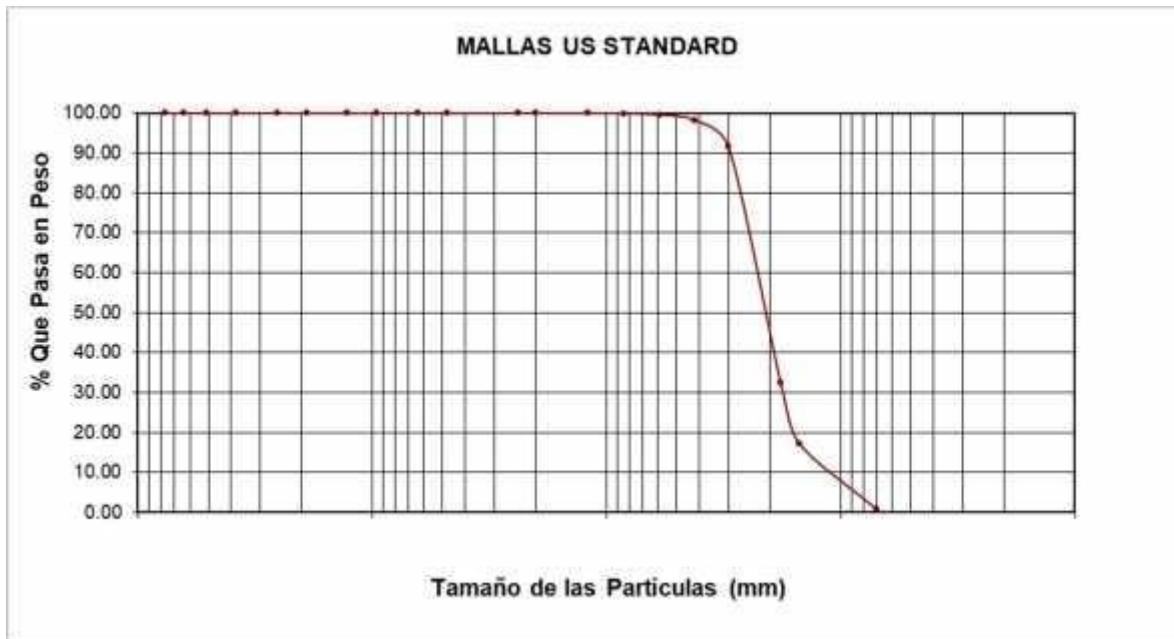
Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Tabla N° 12: Granulometría de la Muestra N°6

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm.				
N° 16	1.19	---	---	---	100.00
N° 20	0.84	0.11	0.07	0.07	99.93
N° 30	0.59	0.45	0.30	0.37	99.63
N° 40	0.42	2.10	1.38	1.75	98.25
N° 50	0.30	10.21	6.73	8.48	91.52
N° 80	0.18	89.54	59.00	67.49	32.51
N° 100	0.15	23.12	15.24	82.72	17.28
N° 200	0.07	24.90	16.41	99.13	0.87
<N° 200		1.32	0.87	100.00	0.00
Peso Inicial		151.75			

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 7: Curva granulométrica de la muestra N°6



Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

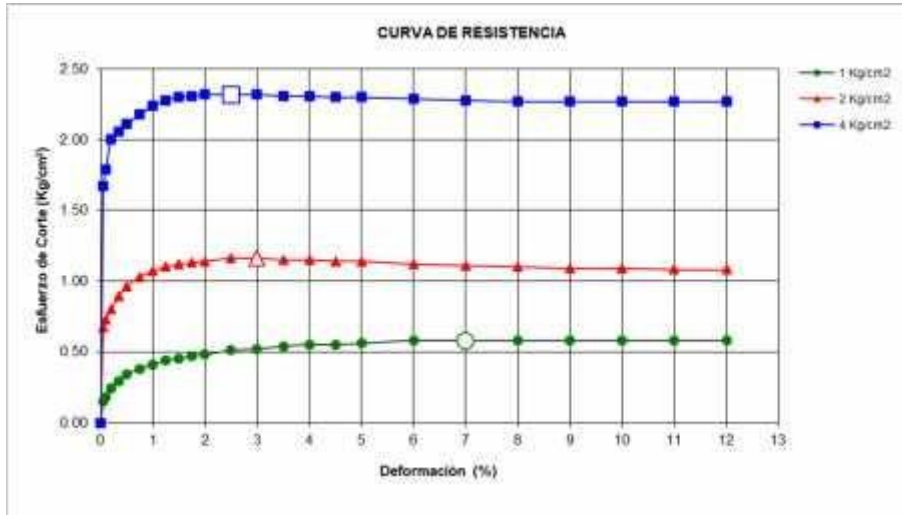
Tabla N° 13: Coeficientes de uniformidad y coeficientes de curvatura.

C	D10	D30	D60	CU	CC	ANGULO
C1	0.140	0.175	0.248	1.771	0.882	30.120
C2	0.137	0.172	0.245	1.788	0.881	30.98
C3	0.139	0.171	0.244	1.755	0.862	30.33
C4	0.135	0.174	0.248	1.837	0.904	31.21
C5	0.135	0.173	0.248	1.837	0.894	30.85

Fuente: Elaboración propia.

3.2. CORTE DIRECTO

Gráfico N° 8: Curva de resistencia de la muestra N°1



Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 9: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°1



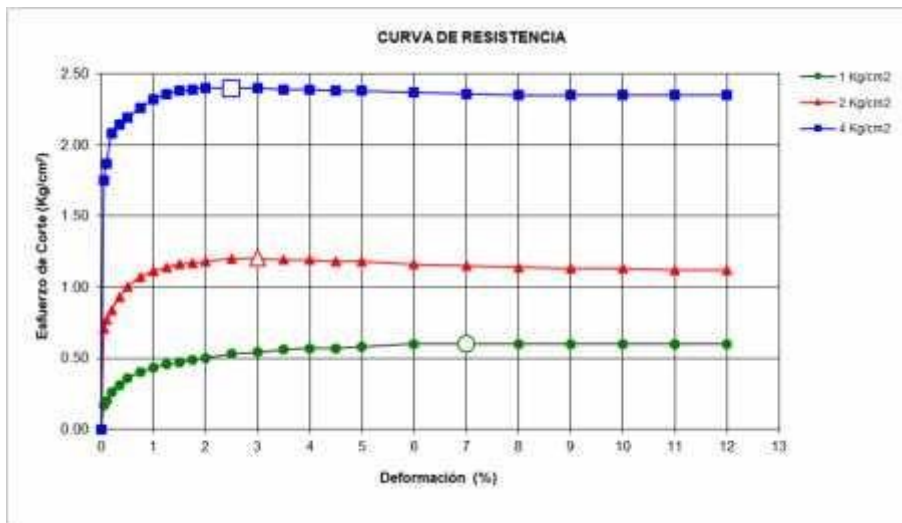
Resultados

$$C = 0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$30.12^\circ$$

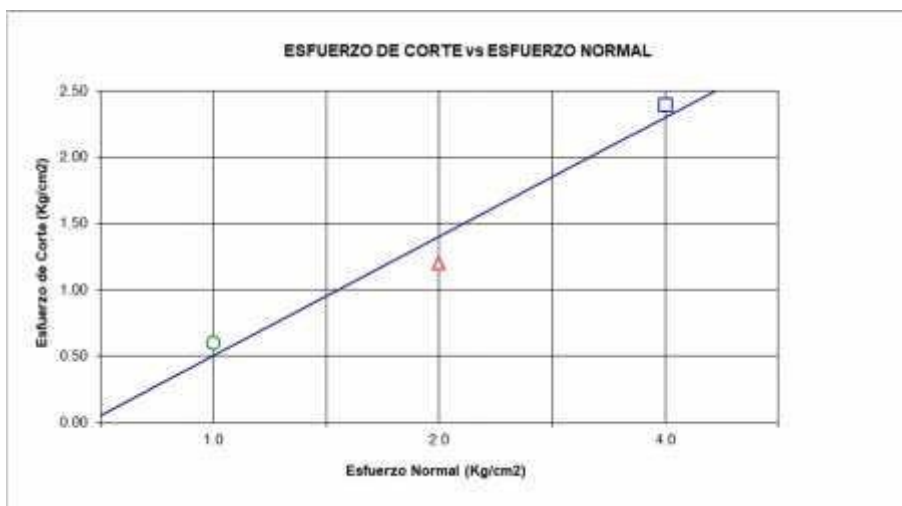
Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 10: Curva de resistencia de la muestra N°2



Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 11: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°2



Resultados

$C = 0 \text{ Kg/cm}^2$

30.98°

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 12: Curva de resistencia de la muestra N°3



Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 13: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°3



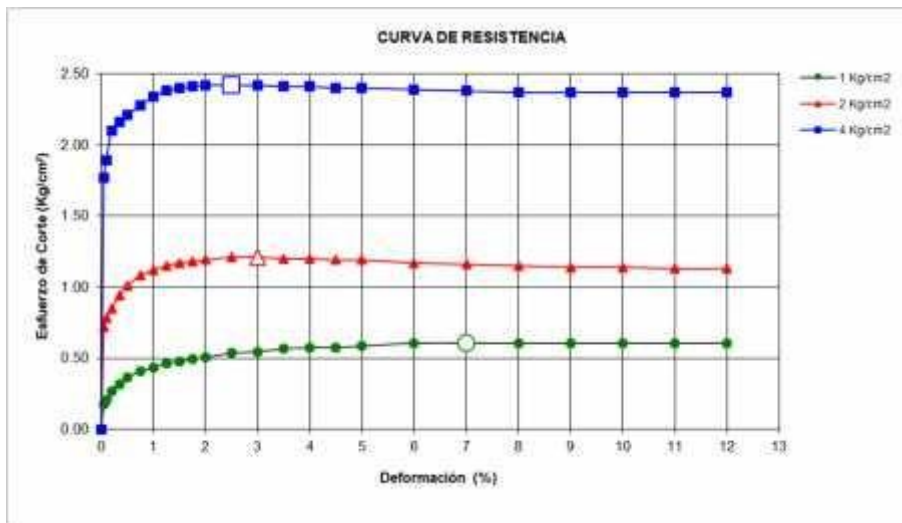
Resultados

$C = 0 \text{ Kg/cm}^2$

30.33°

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 14: Curva de resistencia de la muestra N°4



Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 15: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°4



Resultados

$$C = 0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$31.21^\circ$$

Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 16: Curva de resistencia de la muestra N°5



Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 17: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°5



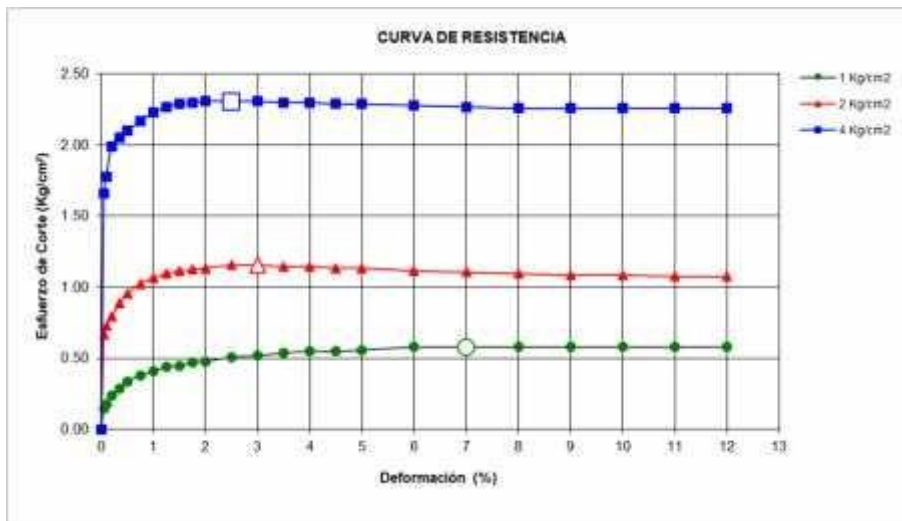
Resultados

$C = 0 \text{ Kg/cm}^2$

30.85°

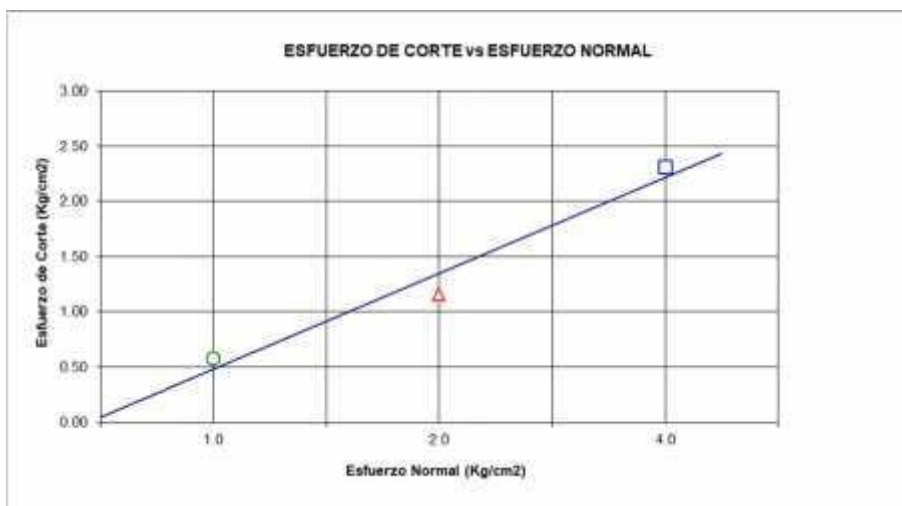
Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 18: Curva de resistencia de la muestra N°6



Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

Gráfico N° 19: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°6



Resultados

$C = 0 \text{ Kg/cm}^2$

30.01°

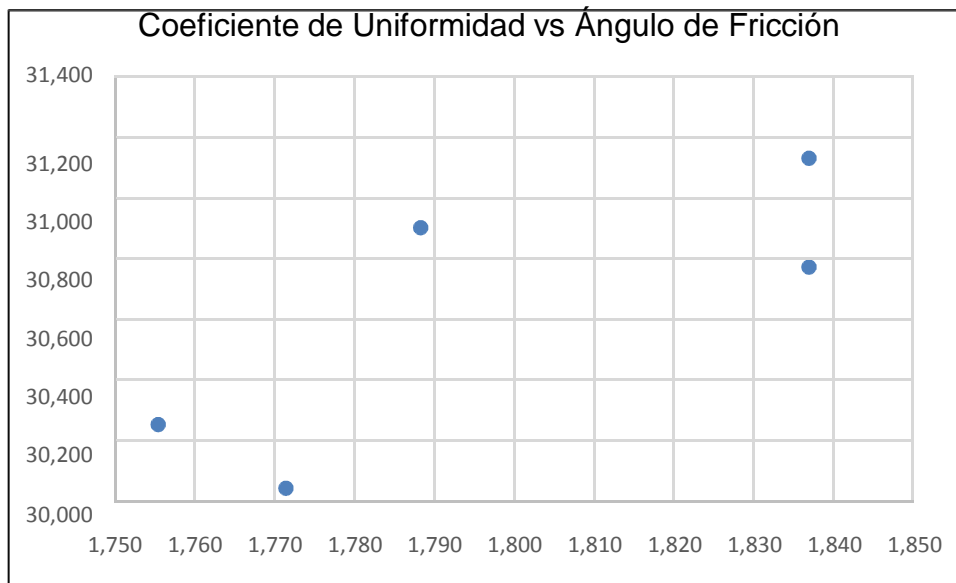
Fuente: Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.

3.3. MODELO NUMÉRICO

Con la ayuda de Microsoft Excel se determinaron los coeficientes que van en cada una de las ecuaciones. Primero se determinó la relación entre el Coeficiente de uniformidad y el ángulo de fricción, luego el coeficiente de curvatura y el ángulo de fricción y finalmente una combinación entre el coeficiente de curvatura y uniformidad relacionado con el ángulo de fricción.

Gráfico N° 20: Coeficiente de uniformidad vs Ángulo de Fricción

Cu	ANGULO
1.771	30.120
1.788	30.98
1.755	30.33
1.837	31.21
1.837	30.85



Fuente: Elaboración propia

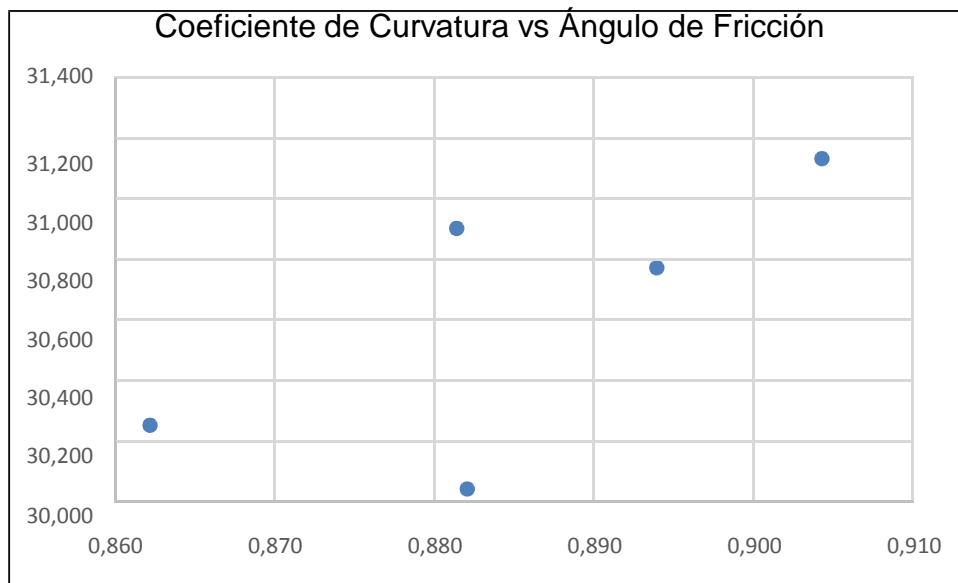
Fórmula N° 24 Ecuación del ángulo de fricción en base al coeficiente de curvatura

$$\varphi = 9.5766 Cu + 13.481$$

$$R^2 = 0.6225$$

Gráfico N° 21: Coeficiente de Curvatura vs Ángulo de Fricción

Cc	ANGULO
0.882	30.120
0.881	30.98
0.862	30.33
0.904	31.21
0.894	30.85



Fuente: Elaboración propia

Fórmula N° 25 Ecuación del ángulo de fricción en base al coeficiente de curvatura

$$\varphi = 20.423 Cc + 12.629$$

$$R^2 = 0.4977$$

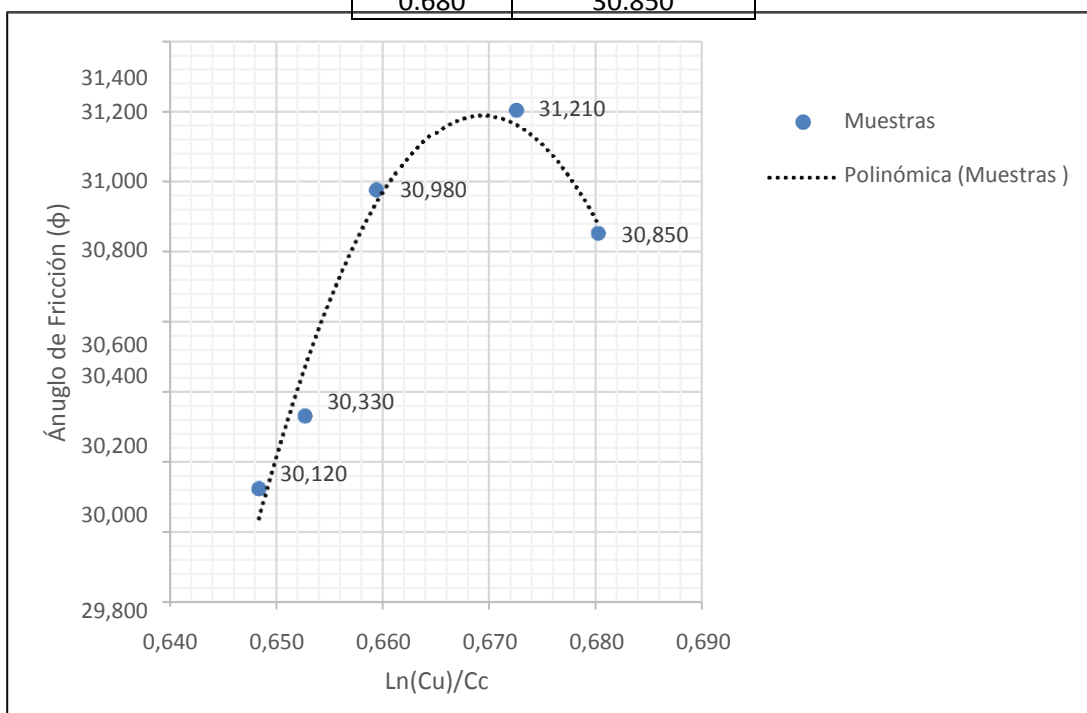
Se relacionó a ambos coeficientes mediante la ecuación:

Fórmula N° 26 Ecuación del ángulo de fricción en base al coeficiente de curvatura

$$R \quad \phi = \frac{\ln(C_c)}{C_c}$$

Gráfico N° 22: Coeficiente de Curvatura y Coeficiente de Uniformidad vs Ángulo de Fricción

Ln(Cu)/Cc	Ángulo de Fricción
0.648	30.120
0.659	30.980
0.653	30.330
0.673	31.210
0.680	30.850



Fuente: Elaboración propia

Fórmula N° 27 Ecuación del ángulo de fricción en base al
coeficiente de curvatura

$$\varphi = -2613 \left(\frac{\text{Ln}(\text{Cu})}{\text{Cc}} \right)^2 + 3497.8 \left(\frac{\text{Ln}(\text{Cu})}{\text{Cc}} \right) - 1139.4$$

$$R^2 = 0.9631$$

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

A continuación se dará a conocer la discusión de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, comparándolo así con las bases teóricas e investigaciones realizadas anteriormente.

4.1. GRANULOMETRÍA

Muestra N°1:

La primera muestra corresponde a una arena mal gradada, la cual contiene pocos finos. Tiene un contenido de humedad de 26.22% y un límite líquido de 12.34%. En los antecedentes de esta investigación, pocas investigaciones trataron con un suelo de este tipo, siendo el más cercano el de Barrantes Alberca, S., & León Montenegro, A. (2017).

Del Gráfico N° 2: Curva granulométrica de la muestra N°1, podemos observar que es un suelo muy uniforme, y de la Tabla N° 13: Coeficientes de uniformidad y coeficientes de curvatura podemos corroborar eso, debido a que el coeficiente de uniformidad para esta muestra fue de 1.771, debido a que la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 Análisis Granulométrico indica que si el suelo tiene un coeficiente de uniformidad $U < 6$ en arenas, corresponde a un suelo bien graduado, el cual no es el caso de este suelo. Además el coeficiente de curvatura debe estar entre 1 y 3, y en este caso la arena presenta un coeficiente de curvatura de 0.882. (Crespo Villalaz, 2013)

Muestra N°2:

La primera muestra corresponde a una arena mal gradada, la cual contiene pocos finos. Tiene un contenido de humedad de 21.02% y un límite líquido de 12.98%. En los antecedentes de esta investigación, pocas investigaciones trataron con un suelo de este tipo, siendo el más cercano el de Barrantes Alberca, S., & León Montenegro, A. (2017).

Del Gráfico N° 3: Curva granulométrica de la muestra N°2, podemos observar que es un suelo muy uniforme, y de la Tabla N° 13: Coeficientes de uniformidad y coeficientes de curvatura podemos corroborar eso, debido a que el coeficiente de uniformidad para esta muestra fue de 1.788, debido a que la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 Análisis Granulométrico indica que si el suelo tiene un coeficiente de uniformidad 6 en arenas, corresponde a un suelo bien graduado, el cual no es el caso de este suelo. Además el coeficiente de curvatura debe estar entre 1 y 3, y en este caso la arena presenta un coeficiente de curvatura de 0.881. (Crespo Villalaz, 2013)

Muestra N°3:

La primera muestra corresponde a una arena mal graduada, la cual contiene pocos finos. Tiene un contenido de humedad de 22.19% y un límite líquido de 12.01%. En los antecedentes de esta investigación, pocas investigaciones trataron con un suelo de este tipo, siendo el más cercano el de Barrantes Alberca, S., & León Montenegro, A. (2017).

Del Gráfico N° 4: Curva granulométrica de la muestra N°3, podemos observar que es un suelo muy uniforme, y de la Tabla N° 13: Coeficientes de uniformidad y coeficientes de curvatura podemos corroborar eso, debido a que el coeficiente de uniformidad para esta muestra fue de 1.755, debido a que la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 Análisis Granulométrico indica que si el suelo tiene un coeficiente de uniformidad 6 en arenas, corresponde a un suelo bien graduado, el cual no es el caso de este suelo. Además el coeficiente de curvatura debe estar entre 1 y 3, y en este caso la arena presenta un coeficiente de curvatura de 0.862. (Crespo Villalaz, 2013)

Muestra N°4:

La primera muestra corresponde a una arena mal graduada, la cual contiene pocos finos. Tiene un contenido de humedad de 21.78% y un límite líquido de 12.78%. En los antecedentes de esta investigación, pocas

investigaciones trataron con un suelo de este tipo, siendo el más cercano el de Barrantes Alberca, S., & León Montenegro, A. (2017).

Del Gráfico N° 5: Curva granulométrica de la muestra N°4, podemos observar que es un suelo muy uniforme, y de la Tabla N° 13: Coeficientes de uniformidad y coeficientes de curvatura podemos corroborar eso, debido a que el coeficiente de uniformidad para esta muestra fue de 1.837, debido a que la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 Análisis Granulométrico indica que si el suelo tiene un coeficiente de uniformidad U_6 en arenas, corresponde a un suelo bien graduado, el cual no es el caso de este suelo. Además el coeficiente de curvatura debe estar entre 1 y 3, y en este caso la arena presenta un coeficiente de curvatura de 0.904. (Crespo Villalaz, 2013)

Muestra N°5:

La primera muestra corresponde a una arena mal gradada, la cual contiene pocos finos. Tiene un contenido de humedad de 22.34% y un límite líquido de 10.23%. En los antecedentes de esta investigación, pocas investigaciones trataron con un suelo de este tipo, siendo el más cercano el de Barrantes Alberca, S., & León Montenegro, A. (2017).

Del Gráfico N° 6: Curva granulométrica de la muestra N°5, podemos observar que es un suelo muy uniforme, y de la Tabla N° 13: Coeficientes de uniformidad y coeficientes de curvatura podemos corroborar eso, debido a que el coeficiente de uniformidad para esta muestra fue de 1.837, debido a que la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 Análisis Granulométrico indica que si el suelo tiene un coeficiente de uniformidad U_6 en arenas, corresponde a un suelo bien graduado, el cual no es el caso de este suelo. Además el coeficiente de curvatura debe estar entre 1 y 3, y en este caso la arena presenta un coeficiente de curvatura de 0.894. (Crespo Villalaz, 2013)

Muestra N°6:

La primera muestra corresponde a una arena mal gradada, la cual contiene pocos finos. Tiene un contenido de humedad de 22.18% y un límite líquido

de 11.12%. En los antecedentes de esta investigación, pocas investigaciones trataron con un suelo de este tipo, siendo el más cercano el de Barrantes Alberca, S., & León Montenegro, A. (2017).

Del Gráfico N° 7: Curva granulométrica de la muestra N°6, podemos observar que es un suelo muy uniforme, y de la Tabla N° 13: Coeficientes de uniformidad y coeficientes de curvatura podemos corroborar eso, debido a que el coeficiente de uniformidad para esta muestra fue de 1.837, debido a que la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 Análisis Granulométrico indica que si el suelo tiene un coeficiente de uniformidad 6 en arenas, corresponde a un suelo bien graduado, el cual no es el caso de este suelo. Además el coeficiente de curvatura debe estar entre 1 y 3, y en este caso la arena presenta un coeficiente de curvatura de 0.894. (Crespo Villalaz, 2013)

4.2. CORTE DIRECTO

Muestra N°1:

Se ensayó la muestra bajo 3 esfuerzos normales diferentes: 1, 2 y 4 kg/cm².

Así mismo, del Gráfico N° 8: Curva de resistencia de la muestra N°1 podemos observar que el esfuerzo cortante mantuvo un valor constante cuando alcanzó los 0.58, 1.16 y 2.32 kg/cm² para cada valor de esfuerzo normal respectivamente. Del Gráfico N° 9: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°1, se obtuvo el ángulo de fricción interna de 30.12° y la cohesión, que al ser arenas secas es de valor 0. El ángulo de fricción interna se mantiene en el rango en el que debe estar este valor para una arena (30°-35°), según la Norma Técnica Peruana NTP 339.171.

Muestra N°2:

Se ensayó la muestra bajo 3 esfuerzos normales diferentes: 1, 2 y 4 kg/cm².

Así mismo, del Gráfico N° 10: Curva de resistencia de la muestra N°2 podemos observar que el esfuerzo cortante mantuvo un valor constante

cuando alcanzó los 0.6, 1.20 y 2.40 kg/cm² para cada valor de esfuerzo normal respectivamente. Del Gráfico N° 11: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°2, se obtuvo el ángulo de fricción interna de 30.98° y la cohesión, que al ser arenas secas es de valor 0. El ángulo de fricción interna se mantiene en el rango en el que debe estar este valor para una arena (30°-35°), según la Norma Técnica Peruana NTP 339.171.

Muestra N°3:

Se ensayó la muestra bajo 3 esfuerzos normales diferentes: 1, 2 y 4 kg/cm².

Así mismo, del Gráfico N° 12: Curva de resistencia de la muestra N°3 podemos observar que el esfuerzo cortante mantuvo un valor constante cuando alcanzó los 0.59, 1.17 y 2.34 kg/cm² para cada valor de esfuerzo normal respectivamente. Del Gráfico N° 13: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°3, se obtuvo el ángulo de fricción interna de 30.33° y la cohesión, que al ser arenas secas es de valor 0. El ángulo de fricción interna se mantiene en el rango en el que debe estar este valor para una arena (30°-35°), según la Norma Técnica Peruana NTP 339.171.

Muestra N°4:

Se ensayó la muestra bajo 3 esfuerzos normales diferentes: 1, 2 y 4 kg/cm².

Así mismo, del Gráfico N° 14: Curva de resistencia de la muestra N°4 podemos observar que el esfuerzo cortante mantuvo un valor constante cuando alcanzó los 0.61, 1.21 y 2.42 kg/cm² para cada valor de esfuerzo normal respectivamente. Del Gráfico N° 15: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°4, se obtuvo el ángulo de fricción interna de 31.21° y la cohesión, que al ser arenas secas es de valor 0. El ángulo de fricción interna se mantiene en el rango en el que debe estar este valor para una arena (30°-35°), según la Norma Técnica Peruana NTP 339.171.

Muestra N°5:

Se ensayó la muestra bajo 3 esfuerzos normales diferentes: 1, 2 y 4 kg/cm².

Así mismo, del Gráfico N° 16: Curva de resistencia de la muestra N°5 podemos observar que el esfuerzo cortante mantuvo un valor constante cuando alcanzó los 0.60, 1.19 y 2.39 kg/cm² para cada valor de esfuerzo normal respectivamente. Del Gráfico N° 17: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°5, se obtuvo el ángulo de fricción interna de 30.85° y la cohesión, que al ser arenas secas es de valor 0. El ángulo de fricción interna se mantiene en el rango en el que debe estar este valor para una arena (30°-35°), según la Norma Técnica Peruana NTP 339.171.

Muestra N°6:

Se ensayó la muestra bajo 3 esfuerzos normales diferentes: 1, 2 y 4 kg/cm².

Así mismo, del Gráfico N° 18: Curva de resistencia de la muestra N°6 podemos observar que el esfuerzo cortante mantuvo un valor constante cuando alcanzó los 0.58, 1.15 y 2.31 kg/cm² para cada valor de esfuerzo normal respectivamente. Del Gráfico N° 19: Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal de la muestra N°6, se obtuvo el ángulo de fricción interna de 30.01° y la cohesión, que al ser arenas secas es de valor 0. El ángulo de fricción interna se mantiene en el rango en el que debe estar este valor para una arena (30°-35°), según la Norma Técnica Peruana NTP 339.171.

4.3. MODELO NUMÉRICO

Se puede observar en la primera y segunda relación que la ecuación tiene una pendiente positiva, yendo así de manera ascendente. La relación en estas gráficas es de manera proporcional, debido a que si alguno de los coeficientes aumenta, el ángulo de fricción también lo hace. Sin embargo, el valor de R^2 ronda el 0.5, siendo así ecuaciones que son confiables hasta cierto punto, debido a que este coeficiente muestra que el error es medio. En la primera ecuación se puede considerar una ecuación confiable, mientras que en la segunda, debido a que el valor está por debajo de 0.5, no es tan confiable.

En la tercera ecuación se puede ver que el valor de R^2 es un valor cercano a 1 por lo tanto se puede decir que es de confiabilidad alta, el ajuste es más exacto.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

En el lugar de extracción no hubo dificultad para realizar las calicatas y debido a la cercanía al mar, se pudo encontrar a poca profundidad arena húmeda, la cual fue extraída para realizar los ensayos correspondientes. Las arenas que se encuentran cerca al mar suelen presentar partículas de tamaños similares, de ahí la mala gradación del material.

La granulometría de las muestras extraídas fueron muy uniformes y arenas mal gradadas, esto se debe a la cercanía al mar que tuvieron las calicatas. Además se obtuvieron ángulos de fricción similares a los que describen otros autores para este material, rondando alrededor de los 30°. Esto se pudo ver reflejado en la extracción de las muestras, debido que al ser arena suelta esta no podía mantenerse de manera vertical.

Al compararse los resultados, podemos ver que al ser mayor el coeficiente de uniformidad, el ángulo de fricción aumenta. Conforme el coeficiente va aumentando, el material va adquiriendo partículas de diferentes tamaños, es por eso que al ser un material bien gradado las partículas más finas aportan a la cohesión de las arenas, logrando así un coeficiente de fricción más alto. La Formula N°27 es la que más se ajusta a la relación entre ambos coeficientes y el ángulo de fricción. Se observa que el máximo valor del ángulo de fricción se obtiene cuando la relación de $\ln(C_u)/C_c$ es aproximadamente 0.669 (obtenido al derivar la Formula N°27).

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

Se recomienda que al ser una investigación en el cual el material puede variar de acuerdo a la ubicación (transporte eólico), tomar un mayor número de muestras para tener resultados más precisos y un análisis estadístico más completo.

Se recomienda que en futuras investigaciones se hagan correlaciones con otras propiedades físico – mecánicas a partir de la granulometría.

Se recomienda que en futuras investigaciones se hagan correlaciones entre resultados de resistencia al corte, ángulo de fricción y propiedades granulométricas y plasticidad de suelos arcillosos, debido que en el departamento de Lambayeque este es el suelo que más se presenta.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apaza Pinto, Y. (2018). Estimación del parámetro de resistencia al corte, ángulo de fricción en suelos granulares mediante ensayos de escala reducida. Universidad Peruana Unión: Lima.

Áridos y Canteras EGA. (2009). Áridos y Canteras EGA. Recuperado el 29/07/2018, de Áridos y Canteras EGA: <http://www.canterasega.com/>

Barrantes Alberca, S., & León Montenegro, A. (2017). Ángulo de reposo en suelos granulares de Lambayeque, 2017. Chiclayo: Universidad Señor de Sipán.

Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación (Vol. 3er). Colombia: Pearson Educación.

Cambefort, H. (1975). Geotécnica del Ingeniero. Barcelona: Editores técnicos asociados s.a.

Chiossi, N. (1979). Geología aplicada á engenharia. Sao Pablo: Gremio Politécnico.

Crespo Villalaz, C. (2013). Mecánica de suelos y cimentaciones (6ta ed.). México: Limusa.

Das, B. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Editorial Thomson Learning.

De la hoz Álvarez, K. H. (2007). Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. E. (2002). Texto de geomecánica para el curso de Mecánica de Suelos I. Manizales: Programa de Ingeniería Civil de la U.N. Sede Manizales.

Gonzales Hajar, L. S. (2015). Estimación de los valores de la cohesión y fricción del macizo rocoso de baja resistencia a partir de ensayos de corte directo in-situ. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

González de Celis, G., De Barcia, E., Sulbaran, Y., & Ucar Navarro, R. (2014). Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción (ϕ) y su relación con los parámetros de resistencia relativa (D_r) y relación de vacíos (e) en suelos granulares. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 146.

Graux, D. (1975). Fundamentos de mecánica de suelos, proyecto de muros y cimentaciones. Barcelona: Editores técnicos asociados.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación. México: McGrawHill.

Instituto Nacional de Calidad. (1999). Norma Técnica Peruana 339.128 - Análisis Granulométrico. Lima: INACAL.

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2003). Uso del Suelo y Medidas de Mitigación - Ciudad Eten. Ciudad Eten: Instituto Nacional de Defensa Civil.

Instituto Nacional de la Calidad. (2002). Suelos. Método de ensayo normalizado para el corte directo bajo condiciones consolidadas no drenadas. Lima: INACAL.

Juaréz Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2012). Mecánica de Suelos (3ra ed.). México: Limusa.

Nieves Hurtado, A., & Dominguez Sánchez, F. (2014). Métodos numéricos aplicados a la ingeniería. México: Grupo Editorial Patria.

Ochoa Osorio, C. A., & Bonilla Gallo, E. Y. (2010). Correlación entre el ángulo de fricción interna y el CBR en arenas arcillosas (SC). Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). Norma E.050: Suelos y Cimentaciones. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Salazar Villacorta, A., & Heredia Sarmiento, J. (2017). Influencia de la granulometría en la estabilidad de los taludes de la gravera Shudal, Cajamarca, 2017. Trujillo: Universidad Privada del Norte.

Terzaghi, K. (1943). Theoretical soil mechanics. New York: John Wiley & Sons.

Tschebotarioff, G. (1972). Mecánica del suelo. Cimientos y Estructuras. Madrid: Tela Editorial.

A N E X O S

Fotografía N° 1 Mallas Granulométricas en el Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 2 Equipo de Corte Directo en el Laboratorio A&C exploración geotécnica y mecánica de suelos.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 3 Extracción de la muestra N°1



Fuente: Elaboración propia. Fotografía N° 4

Extracción de la muestra N°2



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 5 Extracción de la muestra N°3



Fuente: Elaboración propia. Fotografía N° 6

Extracción de la muestra N°4



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7 Extracción de la muestra N°5



Fuente: Elaboración propia. Fotografía N° 8

Extracción de la muestra N°6



Fuente: Elaboración propia.

Anexo I Análisis Granulométrico de la muestra N°1



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO
ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

SOLICITANTE RESPONSABLE : PEDRO PERICHE MONTEZA

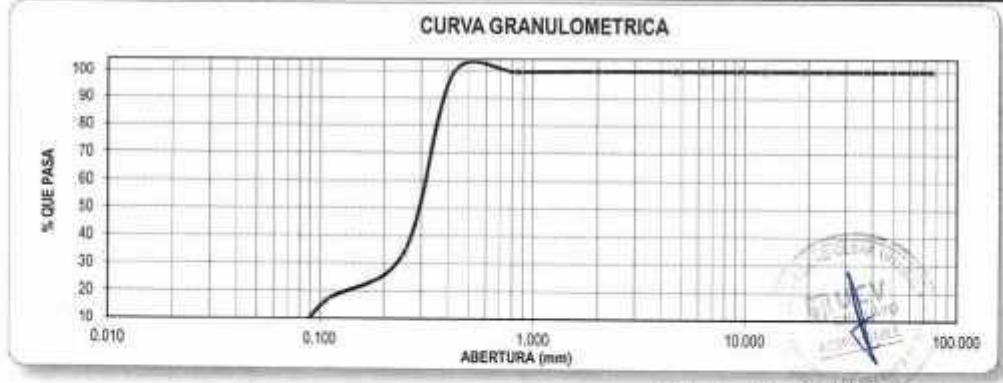
UBICACIÓN : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	C-01	PROGRESIVA :		PESO INICIAL :	150.00 gr
ESTRATO :	E-01	FECHA :	JULIO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	149.44 gr
PROFUNDIDAD :	0.10 - 1.50				

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de tara 14.40 14.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Sh + Tara 95.30 89.90
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Sa + Tara 78.49 74.14
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco 64.09 60.14
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso del agua 16.81 15.76
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) 26.22
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL) 12.34
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP) N.P.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP) N.P.
Nº4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS SP
10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO A-3 (0)
20	0.850	0.53	0.35	0.35	99.65	Descripción : ARENA POBREMENTE GRADUADA
40	0.425	0.56	0.37	0.72	99.28	Observación AASTHO : BUENO
60	0.250	98.02	65.35	66.07	33.93	Bolometer > 3"
140	0.106	26.31	17.54	83.61	16.39	Grava 3"-Nº4 0.00%
200	0.075	24.03	16.02	99.63	0.37	Arena Nº4 - Nº200 99.63%
< 200		0.56	0.37	100.00	0.00	Finos < Nº200 0.37%
Total		150.00	100.0			



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimentel Km. 3.5
 Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Analista
 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 INGENIERA EN MECÁNICA DE SUELOS

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #altradelante
ucv.edu.pe

Anexo II Análisis Granulométrico de la muestra N°2



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ASTM D-422 / MTC E-107

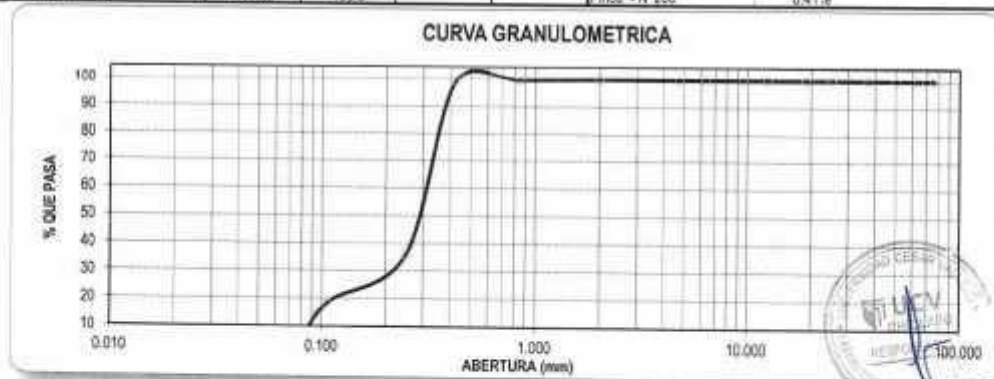
PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".
 SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA
 RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
 UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE
 FECHA : JULIO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA	C-02	PROGRESIVA		PESO INICIAL	145.22 gr
ESTRATO	E-01	FECHA	JULIO DEL 2018	PESO LAVADO SECO	144.82 gr
PROFUNDIDAD	0.10 - 1.50				

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de tara : 13.86 / 13.42
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Sh + Tara : 93.25 / 90.41
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ss + Tara : 79.58 / 76.82
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco : 65.72 / 63.50
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso del agua : 13.67 / 13.49
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) : 21.02
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL) : 12.98
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP) : N.P.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP) : N.P.
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS : SP
10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO : A-3 (0)
20	0.850	0.30	0.34	0.34	99.66	Descripción : ARENA POBREMENTE GRADUADA
40	0.425	0.65	0.45	0.79	99.21	Observación AASHTO : BUENO
60	0.250	91.84	63.24	64.03	35.97	Bolometría > 3"
140	0.106	25.76	17.74	81.77	18.23	Grava 3"-N°4 : 0.00%
200	0.075	25.87	17.81	99.69	0.41	Arena N°4 - N°200 : 99.59%
< 200		0.80	0.41	100.00	0.00	Fines < N°200 : 0.41%
Total		145.22	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimental Km. 3.5
 Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 DIRECCIÓN LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

fb:ucv.pera
 @ucv_pera
 #salinadelante
 ucv.edu.pe

Anexo III Análisis Granulométrico de la muestra N°3



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

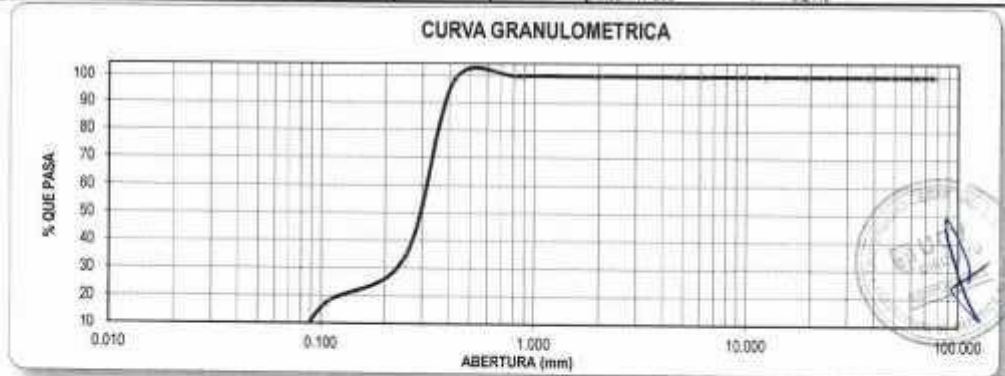
ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".
SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE
FECHA : JULIO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	C - 03	PROGRESIVA :		PESO INICIAL :	155.58 gr
ESTRATO :	E-01	FECHA :	JULIO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	155.26 gr
PROFUNDIDAD :	0.10 - 1.50				

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de tara : 14.52 / 13.89
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Sh + Tara : 81.13 / 91.14
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ss + Tara : 69.14 / 76.99
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco : 54.62 / 63.10
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso del agua : 11.99 / 14.15
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) : 22.19
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL) : 12.01
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP) : N.P.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP) : N.P.
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS : SP
10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO : A-3 (0)
20	0.850	0.12	0.08	0.08	99.92	Descripción : ARENA POBREMENTE GRADUADA
40	0.425	2.05	1.32	1.39	98.61	Observación AASTHO : BUENO
60	0.250	103.33	64.49	65.88	34.12	Bolonería > 3" : 0.00%
140	0.106	25.98	16.70	82.58	17.42	Grava 3"-N"4 : 99.79%
200	0.075	26.78	17.21	99.79	0.21	Árena N"4 - N"200 : 0.21%
< 200		0.32	0.21	100.00	0.00	Finos < N"200 : 0.21%
Total		155.58	100.0			



*** Muestra e identificación realizada por el solicitante.

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Rimontal Km. 3.3
 Tel.: (074) 481 616 Anex.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Victoria de los Angeles AGUSTIN DIAZ
 DIRECTORA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

fb/ucv_peru
 @ucv_peru
 #salvadefrente
ucv.edu.pe

Anexo IV Análisis Granulométrico de la muestra N°4



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO
ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ

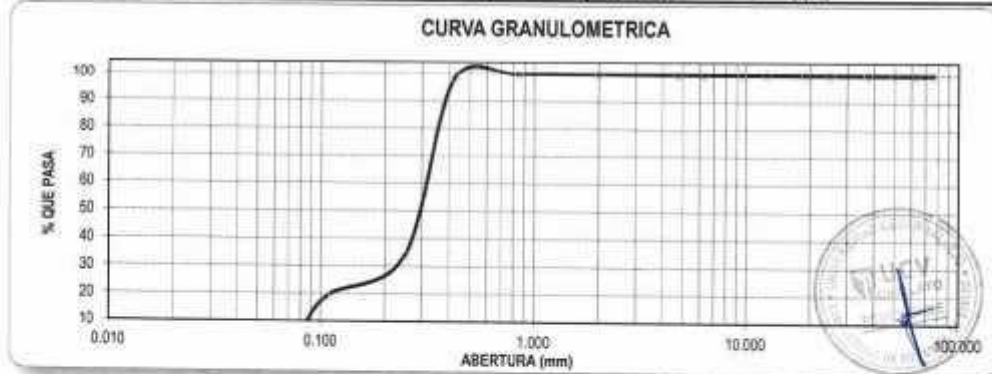
UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	C-04	PROGRESIVA :		PESO INICIAL :	152.90 gr
ESTRATO :	E-01	FECHA :	JULIO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	152.03 gr
PROFUNDIDAD :	0.10 - 1.50				

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de tara	14.52
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Sh + Tara	86.52
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ss + Tara	73.52
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco	59.10
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso del agua	12.90
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) :	21.78
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Limite Líquido (LL) :	12.78
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Limite Plástico (LP) :	N.P.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP) :	N.P.
No#4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS :	SP
10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO :	A-3(0)
20	0.850	0.11	0.07	0.07	99.93	Descripción :	ARENA POBREMENTE GRADUADA
40	0.425	2.04	1.33	1.41	98.59	Observación AASTHO :	BUENO
60	0.250	98.67	64.53	66.94	34.06	Bolonería > 3"	
140	0.106	22.23	15.19	81.13	18.87	Grava 3"-N°4	0.00%
200	0.075	27.98	18.30	99.43	0.57	Arena N°4 - N°200	99.43%
< 200		0.87	0.57	100.00	0.00	Finos < N°200	0.57%
Total		152.90	100.0				



CAMPUS CHICLAYO
 Cametería Pimentel Km. 2.3
 Tel. : (074) 481 616 Anx. : 6534

Analista
 Ing. Víctor Manuel Aguilar Díaz
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

fb/ucv_peru
 @ucv_peru
 #saludelante
ucv.edu.pe

Anexo V Análisis Granulométrico de la muestra N°5



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO
ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	G-05	PROGRESIVA :		PESO INICIAL :	152.01 gr
ESTRATO :	E-01	FECHA :	JULIO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	160.88 gr
PROFUNDIDAD :	0.50 - 1.50				

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de tara : 14.11 (2.17)
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Sh + Tara : 86.23 (76.31)
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Ss + Tara : 72.20 (64.64)
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco : 58.09 (52.47)
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso del agua : 13.03 (11.87)
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) : 22.34
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Limite Líquido (LL) : 10.23
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Limite Plástico (LP) : N.P.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP) : N.P.
No#	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS : SP
10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO : A-3 (0)
20	0.850	0.16	0.11	0.11	99.89	Descripción : ARENA POBREMENTE GRADUADA
40	0.425	2.00	1.32	1.42	98.58	Observación AASTHO : BUENO
60	0.250	97.46	64.11	65.54	34.46	Bolometría > 3" : 0.00%
140	0.106	24.50	16.12	81.65	18.35	Grava 3"-N#4 : 0.00%
200	0.075	26.77	17.61	99.26	0.74	Areña N#4 - N#200 : 99.26%
< 200		1.12	0.74	100.00	0.00	Fijos < N#200 : 0.74%
Total		152.01	100.0			



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimentel Km. 1.5
 Tel.: (074) 481 616 Anx: 6514



fb:ucv.pero
 @ucv_peso
 #saliradelante
ucv.edu.pe

Anexo VI Análisis Granulométrico de la muestra N°6



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422 / MTC E 107

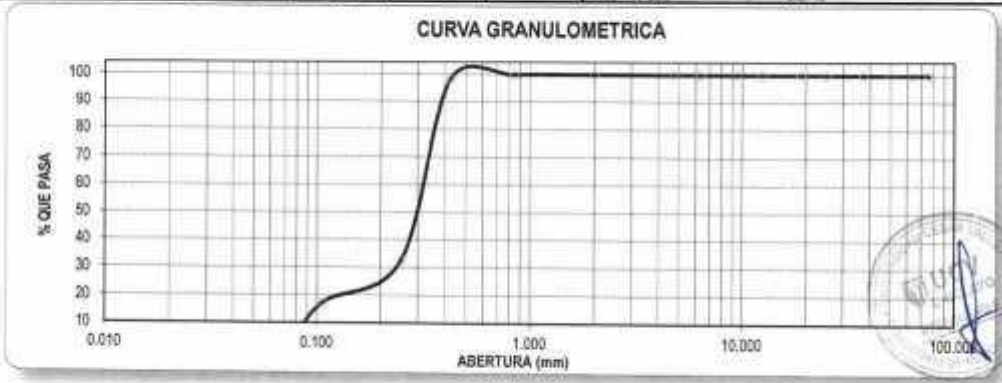
PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMETRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE
FECHA : JULIO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	C-06	PROGRESIVA :		PESO INICIAL :	151.75 gr
ESTRATO :	E-01	FECHA :	JULIO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	150.43 gr
PROFUNDIDAD :	0.10 - 1.50				

Tamicea ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de tara : 12.13 / 13.24
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Sh + Tara : 79.54 / 77.23
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ss + Tara : 67.34 / 65.58
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco : 55.21 / 62.34
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso del agua : 12.20 / 11.65
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) : 22.18
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Limite Líquido (LL) : 11.12
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Limite Plástico (LP) : N.P.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Indice Plástico (IP) : N.P.
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS : SP
10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO : A-3(0)
20	0.850	0.11	0.07	0.07	99.93	Descripción : ARENA POBREMENTE GRADUADA
40	0.425	2.55	1.68	1.75	98.25	Observación AASTHO : BUENO
60	0.250	99.75	65.73	67.48	32.51	Bolnena > 3"
140	0.106	23.12	15.24	82.72	17.28	Grava 3"-N°4 : 0.00%
200	0.075	24.90	16.41	99.13	0.87	Arena N°4 - N°200 : 99.13%
< 200		1.32	0.87	100.00	0.00	Finos < N°200 : 0.87%
Total		151.75	100.0			



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimentel Km. 3.5
 Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 CHICLAYO - LAMBAYEQUE

fb:ucv.pe
 @ucv_pe
 #saludelante
 ucv.edu.pe

Anexo VII Ensayo de Corte directo de muestra N°1



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMETRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA.

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

C-1 M-1 profundidad = 1,50m REMOLDEADA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	4 Kg/cm ²
Altura (cm)	2.10	2.00	2.00
Diámetro (cm)	5.00	5.00	5.00
Humedad Natural (%)	25.24	25.68	21.77
Densidad Seca (g/cm ³)	1.37	1.36	1.39

1Kg/cm ²			2Kg/cm ²			4Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.05	0.150	0.150	0.05	0.670	0.340	0.05	1.670	0.420
0.10	0.180	0.180	0.10	0.730	0.370	0.10	1.790	0.450
0.20	0.240	0.240	0.20	0.800	0.400	0.20	2.000	0.500
0.35	0.290	0.290	0.35	0.890	0.450	0.35	2.050	0.520
0.50	0.340	0.340	0.50	0.980	0.490	0.50	2.110	0.530
0.75	0.380	0.380	0.75	1.030	0.520	0.75	2.160	0.550
1.00	0.410	0.410	1.00	1.070	0.540	1.00	2.240	0.560
1.25	0.440	0.440	1.25	1.100	0.550	1.25	2.280	0.570
1.50	0.450	0.450	1.50	1.120	0.560	1.50	2.300	0.580
1.75	0.470	0.470	1.75	1.130	0.570	1.75	2.310	0.580
2.00	0.480	0.480	2.00	1.140	0.570	2.00	2.320	0.580
2.50	0.510	0.510	2.50	1.160	0.580	2.50	2.320	0.580
3.00	0.520	0.520	3.00	1.160	0.580	3.00	2.320	0.580
3.50	0.540	0.540	3.50	1.150	0.580	3.50	2.310	0.580
4.00	0.550	0.550	4.00	1.150	0.580	4.00	2.310	0.580
4.50	0.550	0.550	4.50	1.140	0.570	4.50	2.300	0.580
5.00	0.560	0.560	5.00	1.140	0.570	5.00	2.300	0.580
6.00	0.580	0.580	6.00	1.120	0.560	6.00	2.290	0.570
7.00	0.580	0.580	7.00	1.110	0.560	7.00	2.280	0.570
8.00	0.580	0.580	8.00	1.100	0.550	8.00	2.270	0.570
9.00	0.580	0.580	9.00	1.090	0.550	9.00	2.270	0.570
10.00	0.580	0.580	10.00	1.090	0.550	10.00	2.270	0.570
11.00	0.580	0.580	11.00	1.090	0.540	11.00	2.270	0.570
12.00	0.580	0.580	12.00	1.080	0.540	12.00	2.270	0.570



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 AREA DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y GEOTECNIA

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimental Km. 3.5.
 Tel.: (074) 481-616 Anx.: 6514

fb:ucv.pe
 @ucv_peru
 #alliniciate
ucv.edu.pe



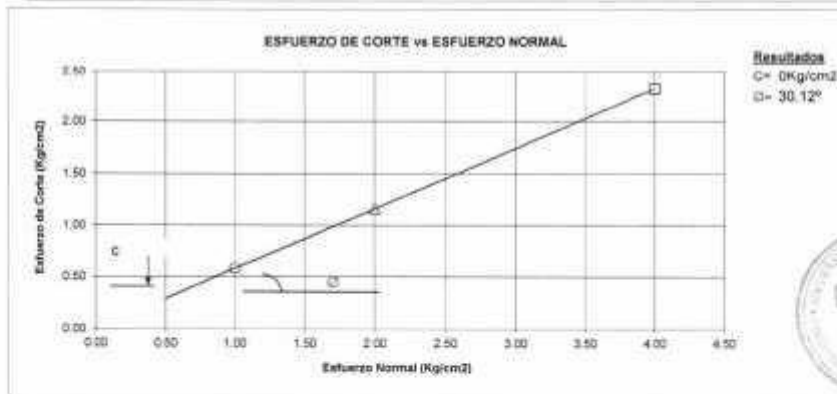
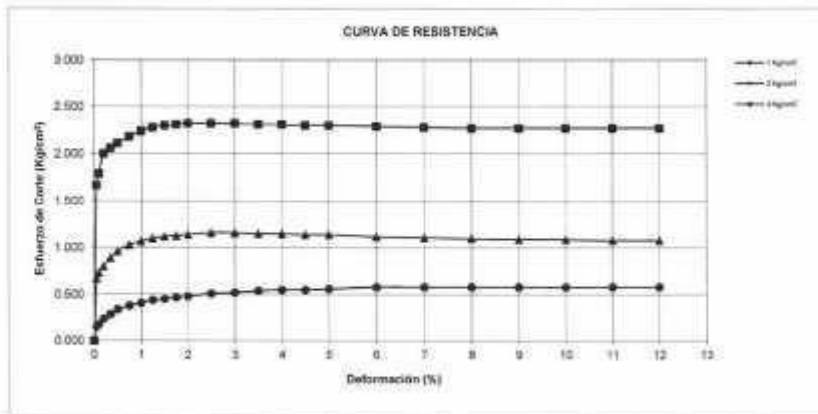
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".
SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DÍAZ
UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE
FECHA : JULIO DEL 2018

C-1 M-1 profundidad = 1.50 m Estado: REMOLDEADA
SUCS: SP

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel: (074) 481 616 Anx: 6314

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
ÁREA DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y FUNDACIONES

fb:ucv_peru
@ucv_peru
#salidadelante
ucv.edu.pe

Anexo VIII Ensayo de Corte directo de muestra N°2



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS: "OBTENCIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMETRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE
FECHA : JULIO DEL 2019

C-2 M-1 profundidad = 1,50m REMOLDEADA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	4 Kg/cm ²
Alura (cm)	2.10	2.00	1.80
Diámetro (cm)	5.00	5.00	5.00
Humedad Natural (%)	25.24	25.88	21.77
Densidad Seca (g/cm ³)	1.41	1.40	1.43

1Kg/cm ²			2Kg/cm ²			4Kg/cm ²		
Deformación (%)	Est. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Est. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Est. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.000	0.000	0.00	0.500	0.000	0.00	0.000	0.000
0.05	0.170	0.170	0.05	0.710	0.360	0.05	1.750	0.440
0.10	0.200	0.200	0.10	0.770	0.390	0.10	1.870	0.470
0.20	0.280	0.280	0.20	0.840	0.420	0.20	2.050	0.520
0.35	0.310	0.310	0.35	0.930	0.470	0.35	2.140	0.540
0.50	0.360	0.360	0.50	1.000	0.500	0.50	2.190	0.560
0.75	0.400	0.400	0.75	1.070	0.540	0.75	2.260	0.570
1.00	0.430	0.430	1.00	1.110	0.560	1.00	2.320	0.580
1.25	0.460	0.460	1.25	1.140	0.570	1.25	2.360	0.590
1.50	0.470	0.470	1.50	1.160	0.580	1.50	2.380	0.600
1.75	0.490	0.490	1.75	1.170	0.590	1.75	2.390	0.600
2.00	0.500	0.500	2.00	1.180	0.590	2.00	2.400	0.600
2.50	0.530	0.530	2.50	1.200	0.600	2.50	2.400	0.600
3.00	0.540	0.540	3.00	1.200	0.600	3.00	2.400	0.600
3.50	0.560	0.560	3.50	1.190	0.600	3.50	2.390	0.600
4.00	0.570	0.570	4.00	1.190	0.600	4.00	2.390	0.600
4.50	0.570	0.570	4.50	1.180	0.590	4.50	2.380	0.600
5.00	0.580	0.580	5.00	1.180	0.590	5.00	2.380	0.600
6.00	0.600	0.600	6.00	1.160	0.580	6.00	2.370	0.590
7.00	0.600	0.600	7.00	1.150	0.580	7.00	2.360	0.590
8.00	0.600	0.600	8.00	1.140	0.570	8.00	2.350	0.590
9.00	0.600	0.600	9.00	1.130	0.570	9.00	2.350	0.590
10.00	0.600	0.600	10.00	1.130	0.570	10.00	2.350	0.590
11.00	0.600	0.600	11.00	1.120	0.560	11.00	2.350	0.590
12.00	0.600	0.600	12.00	1.120	0.560	12.00	2.350	0.590



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 DE DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimental Km. 3.5
 Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb:ucv.pem
 @ucv_peru
 #saludelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

SOLICITANTE : PEDRO FERICHE MONTEZA

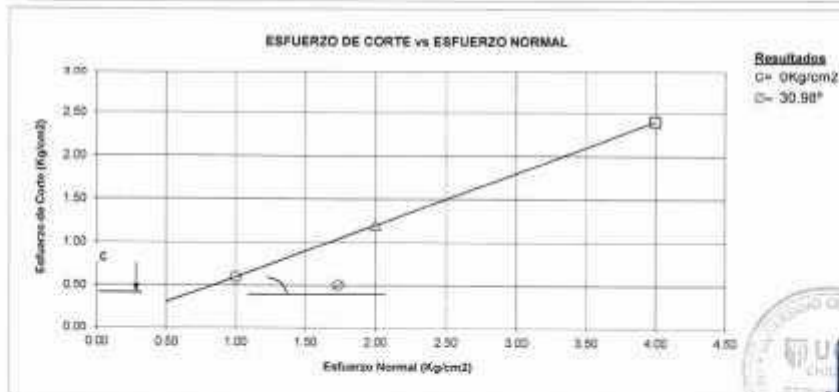
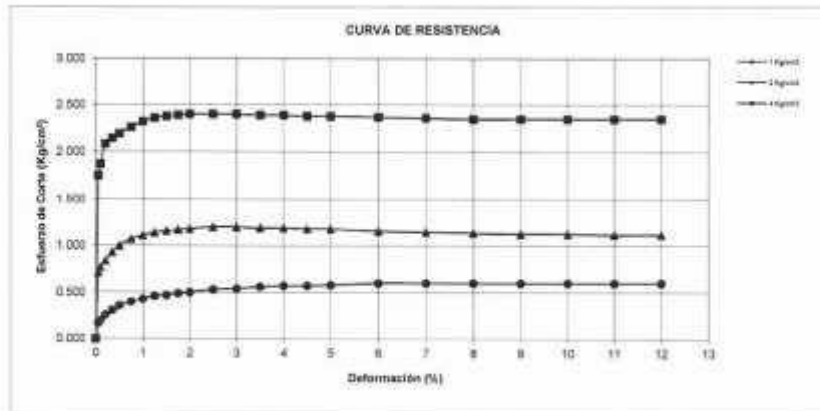
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ

UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

C-2 M-1 profundidad = 1.50 m Estado: REMOLDEADA
SUCS: SP

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080



Anexo IX Ensayo de Corte directo de muestra N°3



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
ENSAYO DE CORTE DIRECTO	
ASTM - D3080	
PROYECTO	TESIS: "OBTENCION DEL ANGULO DE FRICCION INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMETRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO"
SOLICITANTE	PEDRO PERICHE MONTEZA
RESPONSABLE	ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACION	CHICLAYO - LAMBAYEQUE
FECHA	JULIO DEL 2018

C-3 M-1 profundidad = 1,50m REMOLDEADA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080

Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	4 Kg/cm ²
Altura (cm)	2.10	2.00	2.00
Diámetro (cm)	5.00	5.00	5.00
Humedad Natural (%)	25.24	25.66	21.77
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.39	1.39	1.41

1Kg/cm ²			2Kg/cm ²			4Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.05	0.160	0.160	0.05	0.680	0.340	0.05	1.660	0.420
0.10	0.190	0.190	0.10	0.740	0.370	0.10	1.810	0.450
0.20	0.260	0.250	0.20	0.810	0.410	0.20	2.020	0.510
0.35	0.300	0.300	0.35	0.900	0.450	0.35	2.080	0.520
0.50	0.360	0.350	0.50	0.970	0.490	0.50	2.130	0.530
0.75	0.390	0.390	0.75	1.040	0.520	0.75	2.200	0.550
1.00	0.420	0.420	1.00	1.080	0.540	1.00	2.260	0.570
1.25	0.450	0.450	1.25	1.110	0.560	1.25	2.300	0.580
1.50	0.480	0.480	1.50	1.130	0.570	1.50	2.320	0.580
1.75	0.480	0.480	1.75	1.140	0.570	1.75	2.330	0.580
2.00	0.490	0.490	2.00	1.150	0.580	2.00	2.340	0.590
2.50	0.520	0.520	2.50	1.170	0.590	2.50	2.340	0.590
3.00	0.530	0.530	3.00	1.170	0.590	3.00	2.340	0.590
3.50	0.550	0.550	3.50	1.160	0.580	3.50	2.330	0.580
4.00	0.560	0.560	4.00	1.160	0.580	4.00	2.330	0.580
4.50	0.560	0.560	4.50	1.150	0.580	4.50	2.320	0.580
5.00	0.570	0.570	5.00	1.150	0.580	5.00	2.320	0.580
6.00	0.580	0.580	6.00	1.130	0.570	6.00	2.310	0.580
7.00	0.590	0.590	7.00	1.120	0.560	7.00	2.300	0.580
8.00	0.590	0.590	8.00	1.110	0.560	8.00	2.290	0.570
9.00	0.590	0.590	9.00	1.100	0.550	9.00	2.290	0.570
10.00	0.590	0.590	10.00	1.100	0.550	10.00	2.280	0.570
11.00	0.590	0.590	11.00	1.090	0.550	11.00	2.280	0.570
12.00	0.590	0.590	12.00	1.090	0.550	12.00	2.290	0.570



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimental Km. 3.5
Tel.: (074) 481 615 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
DIRECTORA GENERAL DE INVESTIGACIONES

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#salvadefrente
ucv.edu.pe



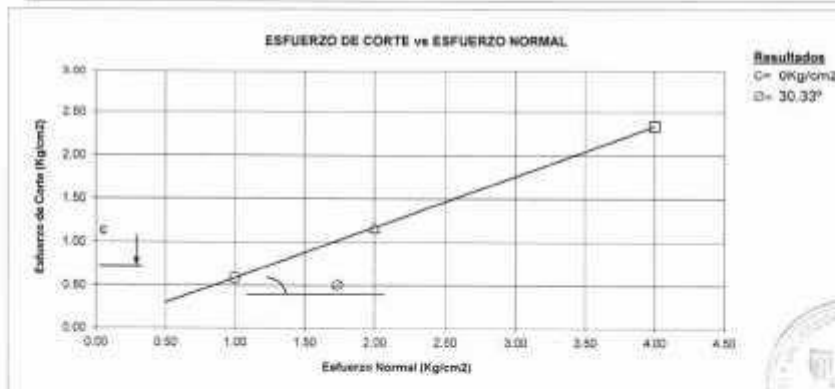
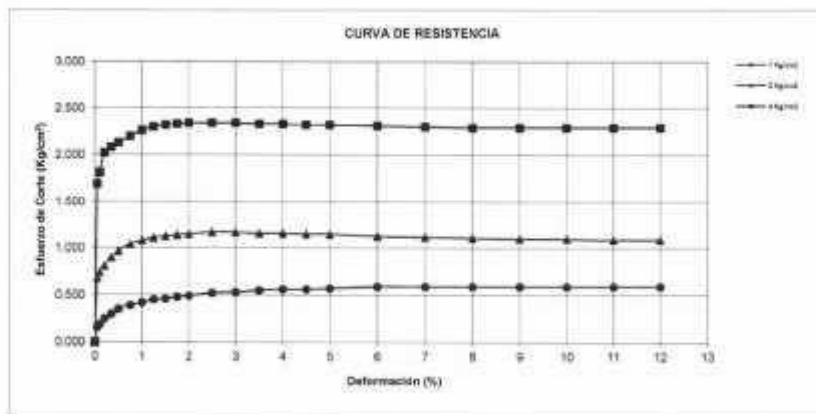
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ANGLIO DE FRICCION INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMETRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".
SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE
FECHA : JULIO DEL 2018

C-3 M-1 profundidad = 1.50 m Estado: REMOLDEADA
SUCS: SP

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080



Resultados
C= 0.6 Kg/cm²
φ= 30.33°



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 816 Anx. 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
RESPONSABLE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

#ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Anexo X Ensayo de Corte directo de muestra N°4



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO"

SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2019

C-4 M-1 profundidad = 1.50m REMOLDEADA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080

Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	4 Kg/cm ²
Alura (cm)	2.00	2.00	2.00
Diámetro (cm)	5.00	5.00	5.00
Humedad Natural (%)	25.24	25.66	21.77
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.41	1.41	1.43

1Kg/cm ²			2Kg/cm ²			4Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.000	0.000	0.00	0.500	0.000	0.00	0.000	0.000
0.05	0.160	0.160	0.05	0.720	0.360	0.05	1.770	0.440
0.10	0.210	0.210	0.10	0.780	0.390	0.10	1.890	0.470
0.20	0.270	0.270	0.20	0.850	0.430	0.20	2.100	0.530
0.35	0.320	0.320	0.35	0.940	0.470	0.35	2.160	0.540
0.50	0.370	0.370	0.50	1.010	0.510	0.50	2.210	0.560
0.75	0.410	0.410	0.75	1.080	0.540	0.75	2.280	0.570
1.00	0.440	0.440	1.00	1.120	0.560	1.00	2.340	0.580
1.25	0.470	0.470	1.25	1.150	0.580	1.25	2.380	0.600
1.50	0.480	0.480	1.50	1.170	0.590	1.50	2.400	0.600
1.75	0.500	0.500	1.75	1.180	0.590	1.75	2.410	0.600
2.00	0.510	0.510	2.00	1.190	0.600	2.00	2.420	0.610
2.50	0.540	0.540	2.50	1.210	0.610	2.50	2.420	0.610
3.00	0.550	0.550	3.00	1.210	0.610	3.00	2.420	0.610
3.50	0.570	0.570	3.50	1.200	0.600	3.50	2.410	0.600
4.00	0.560	0.560	4.00	1.200	0.600	4.00	2.410	0.600
4.50	0.580	0.580	4.50	1.190	0.600	4.50	2.400	0.600
5.00	0.590	0.590	5.00	1.190	0.600	5.00	2.400	0.600
6.00	0.610	0.610	6.00	1.170	0.590	6.00	2.390	0.600
7.00	0.610	0.610	7.00	1.160	0.580	7.00	2.380	0.600
8.00	0.610	0.610	8.00	1.150	0.580	8.00	2.370	0.590
9.00	0.610	0.610	9.00	1.140	0.570	9.00	2.370	0.590
10.00	0.610	0.610	10.00	1.140	0.570	10.00	2.370	0.590
11.00	0.610	0.610	11.00	1.130	0.570	11.00	2.370	0.590
12.00	0.610	0.610	12.00	1.130	0.570	12.00	2.370	0.580

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimental Km. 3.5
Tel.: (074) 481 516 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



fb/ucv_pens
@ucv_pens
#salindelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

PROYECTO: TESIS: "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

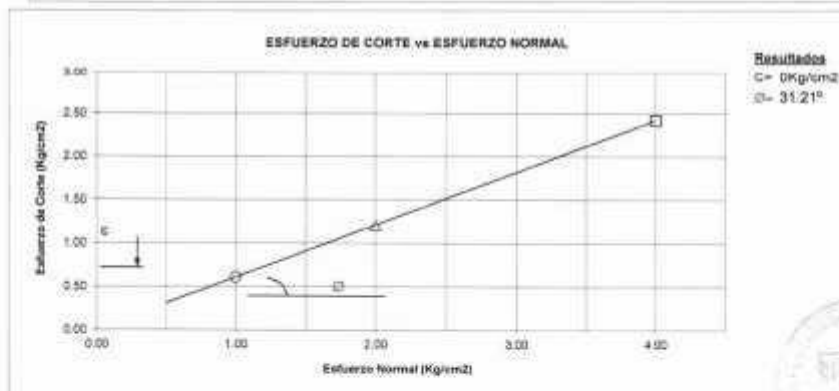
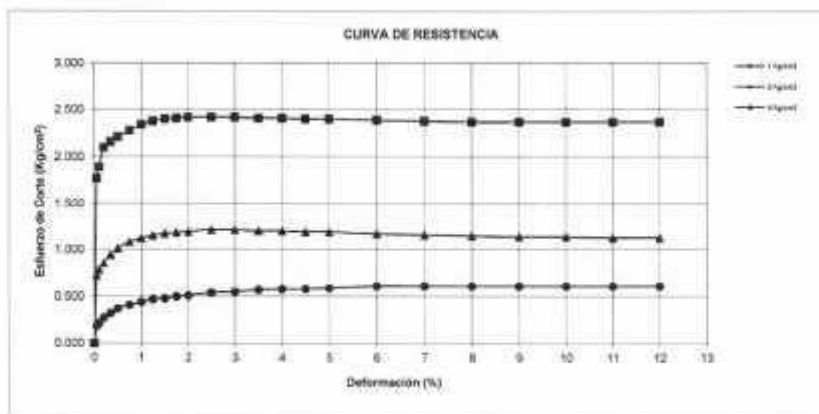
SOLICITANTE RESPONSABLE: ING. PEDRO PERICHE MONTEZA

UBICACIÓN: ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA: JULIO DEL 2018.

C-4 M-1 profundidad = 1.50 m Estado: REMOLDEADA
SUCS: SP

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080



Anexo XI Ensayo de Corte directo de muestra N°5



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
ENSAYO DE CORTE DIRECTO	
ASTM - D3080	
PROYECTO :	TESIS: "OBTENCIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".
SOLICITANTE :	PEDRO PERICHE MONTEZA
RESPONSABLE :	ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN :	CHICLAYO - LAMBAYEQUE
FECHA :	JULIO DEL 2018

C-5 M-1 profundidad = 1.50m REMOLDEADA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080

Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	4 Kg/cm ²
Altura (cm)	2.00	2.00	2.00
Diámetro (cm)	5.00	5.00	5.00
Humedad Natural (%)	25.24	25.98	24.77
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.40	1.40	1.42

1Kg/cm ²			2Kg/cm ²			4Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.05	0.170	0.170	0.05	0.700	0.350	0.05	1.740	0.430
0.10	0.200	0.200	0.10	0.760	0.380	0.10	1.860	0.460
0.20	0.260	0.260	0.20	0.830	0.420	0.20	2.070	0.520
0.35	0.310	0.310	0.35	0.920	0.460	0.35	2.130	0.530
0.50	0.360	0.360	0.50	0.990	0.500	0.50	2.180	0.540
0.75	0.400	0.400	0.75	1.060	0.530	0.75	2.250	0.560
1.00	0.430	0.430	1.00	1.100	0.550	1.00	2.310	0.560
1.25	0.460	0.460	1.25	1.130	0.570	1.25	2.350	0.580
1.50	0.470	0.470	1.50	1.150	0.580	1.50	2.370	0.590
1.75	0.490	0.490	1.75	1.160	0.580	1.75	2.380	0.590
2.00	0.500	0.500	2.00	1.170	0.590	2.00	2.390	0.600
2.50	0.530	0.530	2.50	1.190	0.600	2.50	2.390	0.600
3.00	0.540	0.540	3.00	1.190	0.600	3.00	2.390	0.600
3.50	0.560	0.560	3.50	1.180	0.590	3.50	2.380	0.590
4.00	0.570	0.570	4.00	1.180	0.590	4.00	2.380	0.590
4.50	0.570	0.570	4.50	1.170	0.590	4.50	2.370	0.590
5.00	0.580	0.580	5.00	1.170	0.590	5.00	2.370	0.590
6.00	0.600	0.600	6.00	1.150	0.580	6.00	2.360	0.590
7.00	0.600	0.600	7.00	1.140	0.570	7.00	2.350	0.590
8.00	0.600	0.600	8.00	1.130	0.570	8.00	2.340	0.580
9.00	0.600	0.600	9.00	1.120	0.560	9.00	2.340	0.580
10.00	0.600	0.600	10.00	1.120	0.560	10.00	2.340	0.580
11.00	0.600	0.600	11.00	1.110	0.560	11.00	2.340	0.580
12.00	0.600	0.600	12.00	1.110	0.560	12.00	2.340	0.580

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimental Km. 3.5
Tel: (074) 481 516 Anx. 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Victoria de los Angeles Agustín Díaz
ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
TEL: (074) 481 516 ANX. 6514



fb:ucv.pe
@ucv_peru
#saludelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS: "OBTENCIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMETRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO",

SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA

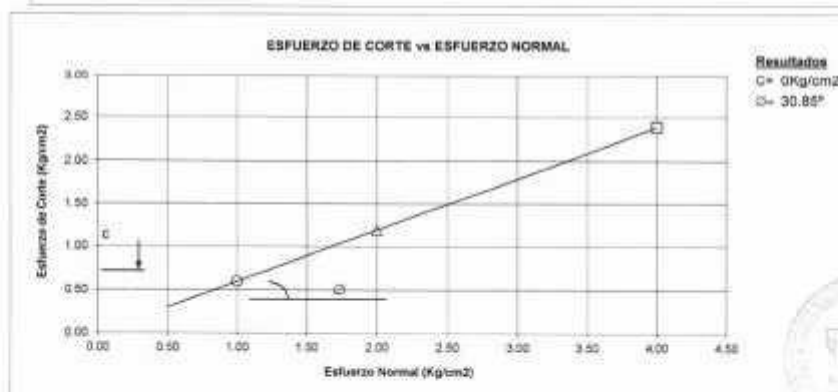
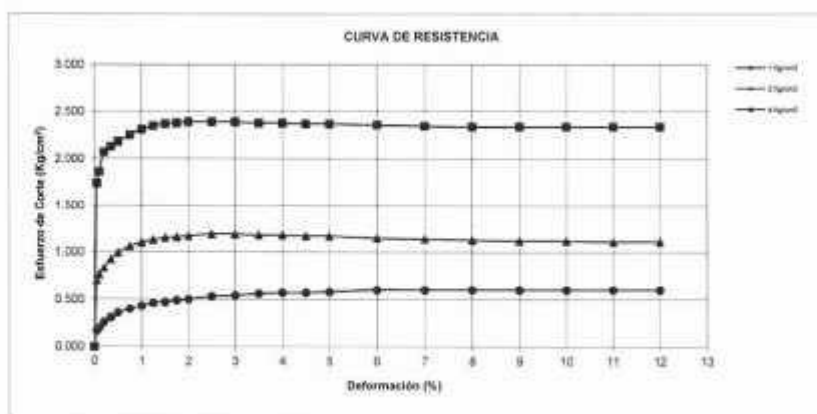
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

C-6 M-1 profundidad = 1.50 m Estado: REMOLDEADA
SUCS: SP

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080



Anexo XII Ensayo de Corte directo de muestra N°6



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".

SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ

UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

C-6 M-1 profundidad = 1.50m REMOLDEADA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080

Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1 Kg/cm ²		2 Kg/cm ²		4 Kg/cm ²	
Altura (cm)	2.10		2.00		2.00	
Diámetro (cm)	5.00		5.00		5.00	
Humedad Natural (%)	23.40		23.82		19.93	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.43		1.43		1.45	

1Kg/cm ²			2Kg/cm ²			4Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.05	0.150	0.150	0.05	0.300	0.330	0.05	1.000	0.410
0.10	0.180	0.180	0.10	0.320	0.360	0.10	1.700	0.440
0.20	0.240	0.240	0.20	0.390	0.400	0.20	1.900	0.500
0.35	0.290	0.290	0.35	0.480	0.440	0.35	2.050	0.510
0.50	0.340	0.340	0.50	0.550	0.480	0.50	2.100	0.520
0.75	0.380	0.380	0.75	1.020	0.510	0.75	2.170	0.540
1.00	0.410	0.410	1.00	1.080	0.530	1.00	2.230	0.560
1.25	0.440	0.440	1.25	1.090	0.550	1.25	2.270	0.570
1.50	0.450	0.450	1.50	1.110	0.560	1.50	2.290	0.570
1.75	0.470	0.470	1.75	1.120	0.560	1.75	2.300	0.570
2.00	0.480	0.480	2.00	1.130	0.570	2.00	2.310	0.580
2.50	0.510	0.510	2.50	1.150	0.580	2.50	2.310	0.580
3.00	0.520	0.520	3.00	1.150	0.580	3.00	2.310	0.580
3.50	0.540	0.540	3.50	1.140	0.570	3.50	2.300	0.570
4.00	0.560	0.560	4.00	1.140	0.570	4.00	2.300	0.570
4.50	0.560	0.560	4.50	1.130	0.570	4.50	2.290	0.570
5.00	0.560	0.560	5.00	1.130	0.570	5.00	2.290	0.570
6.00	0.580	0.580	6.00	1.110	0.560	6.00	2.280	0.570
7.00	0.580	0.580	7.00	1.100	0.560	7.00	2.270	0.570
8.00	0.580	0.580	8.00	1.090	0.560	8.00	2.260	0.560
9.00	0.580	0.580	9.00	1.080	0.540	9.00	2.260	0.560
10.00	0.580	0.580	10.00	1.080	0.540	10.00	2.260	0.560
11.00	0.580	0.580	11.00	1.070	0.540	11.00	2.260	0.560
12.00	0.580	0.580	12.00	1.070	0.540	12.00	2.260	0.560



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 816 Anx. 6534

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#salvadelaante
ucv.edu.pe



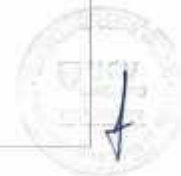
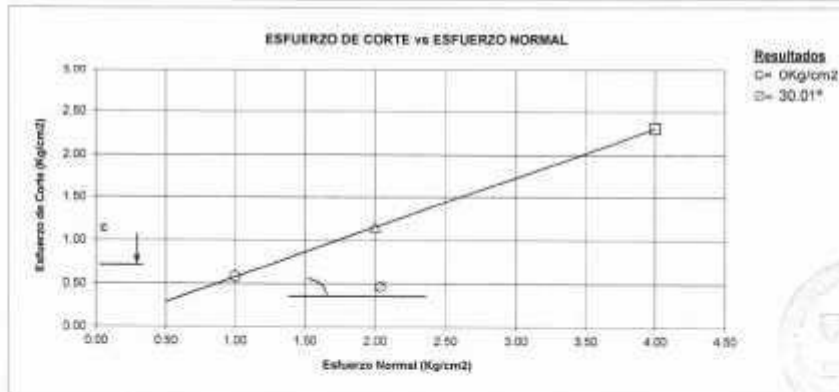
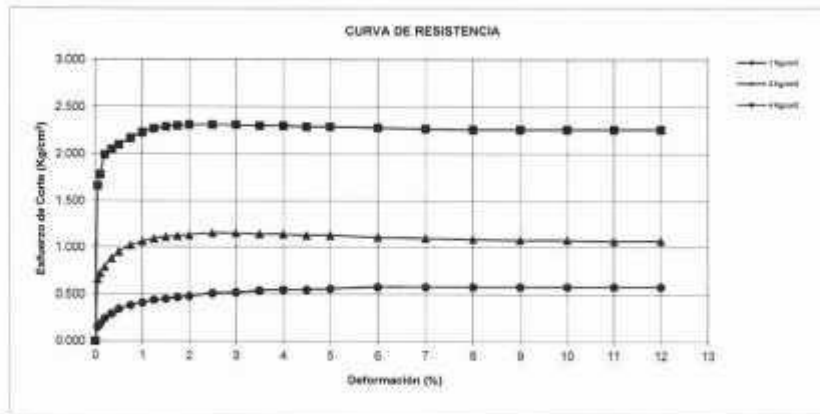
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080

PROYECTO : TESIS : "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO".
SOLICITANTE : PEDRO PERICHE MONTEZA
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE
FECHA : JULIO DEL 2018

C-6 M-1 profundida = 1.50 m Estado: REMOLDEADA
SUCS: SP

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM - D3080



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Dr. Herry Lloclla Gonzales, Director de Investigación, y revisor del trabajo académico titulado: "OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO, DISTRITO PUERTO ETEN, CHICLAYO. 2018".

Del Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:
PERICHE MONTEZA, PEDRO

Constato que, el citado trabajo académico tiene un índice de similitud del **11%**, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio; en tanto, cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Pimentel, 11 de Diciembre de 2018.


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC.
Dr. Herry Lloclla Gonzales
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
CAMPUS CHICLAYO





**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 07
Fecha : 31-03-2017
Página : 1 de 1

Yo Pedro Piscoche Montoya identificado con DNI N° 46029595
egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la
Universidad César Vallejo, autorizo (X) No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
"DISEÑO DEL ANEXO DE TERCER NIVEL DE INGENIERÍA MECÁNICA, CARRAS,
SEMINOLEMETRICALS, COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE COETE
DIRECTO, RESISTO PRUEBA STEN, CHICLAYO, 2017"

en el Repositorio
Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el
Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

FIRMA

DNI: 46029595

FECHA: 20 de 12 del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

PERICHE MONTEZA PEDRO

INFORME TÍTULADO:

OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA MEDIANTE CURVAS GRANULOMÉTRICAS COMO ALTERNATIVA AL ENSAYO DE CORTE DIRECTO, DISTRITO PUERTO ETEN, CHICLAYO. 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 21/12/2018

NOTA O MENCIÓN: DIECISEIS (16)




FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN