

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(CREADA POR LEY N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HUANCAMELICA

TESIS

**“INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS
DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS
TRIAXIALES”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
GEOTÉCNIA**

**DISCIPLINA:
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS**

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

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:

Bach. PÉREZ QUISPE, VITALIANO

Bach. TAIPE SEDANO, MARÍA ELENA

**HUANCAMELICA - PERÚ
2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 17 días del mes de diciembre del año 2018, a horas 12:30 p.m., se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO (PRESIDENTE)**, **Ing. Omar CABALLERO SÁNCHEZ (SECRETARIO)**, **Lic. Fis. Eleuterio Martín ALCÁNTARA ESPINOZA (VOCAL)**, designados con Resolución de Consejo de Facultad N° 120-2017-FCI-UNH, de fecha 11 de abril del 2017, y ratificados con Resolución de Decano N° 178-2018-FCI-UNH de fecha 17 de diciembre del 2018, a fin de proceder con la calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES", presentado por los Bachilleres **Vitaliano PEREZ QUISPE** y **María Elena TAIPE SEDANO**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del **Ing. Carlos GASPAR PACO** como Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas 4:30 pm., se invitó al público presente y los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

Vitaliano PEREZ QUISPE

APROBADO ☒ POR MAJORIA

DESAPROBADO ☐

María Elena TAIPE SEDANO

APROBADO ☒ POR MAJORIA

DESAPROBADO ☐

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Vocal

Vº Bº Decano



ASESOR:

ING. Carlos GASPAR PACO

DEDICATORIA

A mis padres Guillermo Pérez Lizarbe y María Quispe Olarte, por ser mi ejemplo de perseverancia, por ser mi guía, para ellos que con amor me han enseñado valores y que sin su apoyo no sería lo que soy. A mis hermanos(as): Martha, Valentín, Lorenza, Bertha, Honorato, Serafina, Haydeé, Vicente y José Guillermo, por la amistad y por todo el apoyo brindado. A ellos con cariño dedico este trabajo.

Vitaliano Pérez Quispe

Al Ser Supremo, quien hace posible disfrute de mi familia y llenarme de gracia y bendiciones.

Esta tesis, fruto de arduo trabajo realizado, va dedicado con amor para mis padres Julia y Tomas, por alegrarme la vida en los momentos difíciles, por sus sabios consejos durante el trayecto de mí caminar, a mis hermanos(as): Patricia, Jacinto, Margarita, Ceverina, Jesabel, Rocio, Evelin, Yaquelyn B. y Julieta por su amistad, ser cómplice de mis sueños y metas y ser motivación constante de mí superación. A mis maestros, compañeros y amigos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por compartir sus conocimientos, experiencias vividas durante la etapa universitaria.

María Elena Taipe Sedano

AGRADECIMIENTO

Debemos especial gratitud a una serie de personas cuya ayuda nos permitió terminar este proyecto.

Primero, a Dios por darnos el don de la paciencia y sabiduría y por permitirnos culminar nuestros estudios universitarios con éxito, estando siempre presente a lo largo de nuestras vidas.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes con su abnegado sacrificio nos brindaron sus sabias enseñanzas, principios, valores éticos y rigor académico y científico.

Al Ing. Carlos Gaspar Paco, quien dirigió la realización de esta investigación, brindándonos su apoyo y confianza, así como su capacidad como un aporte invaluable para guiar nuestras ideas en la elaboración y ejecución de este proyecto.

Al Ing. Christian Andrés Obregón Mitma, quien nos apoyó con sus sabios conocimientos en la elaboración y ejecución de este proyecto.

A los profesionales encargados del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por su constante apoyo y colaboración en ejecución de este proyecto experimental.

A nuestros padres, hermanos, amigos y compañeros por compartir sus conocimientos, experiencia y anécdotas con nosotros. Y a todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta ayudaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

RESÚMEN

El principal objetivo de la investigación fue determinar la influencia al ensayar especímenes inalterados y alterados en los parámetros de resistencia al corte del suelo, la cohesión (C) y ángulo de fricción interna (Φ) mediante ensayos triaxiales tipo no consolidado no drenado (UU) las cuales se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH). Muestras inalteradas fueron tallados para obtener especímenes inalterados (EI) y muestras alteradas compactados en el laboratorio para obtener especímenes alteradas (EA) usando como referencia la densidad in situ obtenido con el método de cono de arena y la humedad natural de cada material para obtener tres especímenes como mínimos, trabajados en condición natural. Las muestras de suelo fueron del tipo ML, SM, SM-SC y CL según SUCS, tomados de cinco puntos de exploración a cielo abierto, localizadas a espaldas de la Facultad de Obstetricia y la nueva infraestructura de la Facultad de Educación de la UNH.

Los parámetros de resistencia al corte " C " y " Φ " se obtuvieron a partir de los esfuerzos principales mayor y menor de ensayos triaxiales UU ajustados con el criterio de falla lineal de Mohr-Coulomb con el software RocData v.4. La " C " en EI resultaron mayores que en los EA en un 60% y en el " Φ " en un 80% de los puntos de exploración, considerando que los resultados no necesariamente guardan la misma relación directa en cada punto. El análisis estadístico utilizado es el análisis de varianza de medidas repetidas, a pesar de encontrar un $p > 0.05$ y pudiendo afirmar la hipótesis nula. La prueba de sensibilidad evidencia el aumento de la probabilidad de encontrar diferencia significativa con el tamaño muestral, es decir que los valores de " C " y " Φ " son sensibles a este factor. Para la " C " de 5 a 8 datos, la potencia estadística aumenta de 5.50% a 14.60% y para el ángulo de fricción interna aumenta de 27.30% a 53.70% respectivamente, considerando que los 3 datos adicionales para esta prueba se tomaron de investigaciones ya realizadas en la misma área de estudio. Concluyendo finalmente que existe influencia significativa en los parámetros de resistencia al corte del suelo estudiados en la presente investigación.

Palabras clave: cohesión, ángulo de fricción interna, espécimen inalterado, espécimen alterado, suelo, ensayo triaxial, densidad in situ, condición natural, sensibilidad.

ABSTRAC

The main objective of the research was to determine the influence when testing unaltered and altered specimens in the parameters of resistance to soil cutting, cohesion (C) and internal friction angle (Φ) by untreated triaxial type tests not drained (UU) which were carried out in the Laboratory of Soil Mechanics and Geotechnics of the Professional School of Civil Engineering - Huancavelica of the National University of Huancavelica (UNH). Unaltered samples were carved to obtain undisturbed specimens (EI) and altered samples compacted in the laboratory to obtain altered specimens (EA) using as reference the in situ density obtained with the sand cone method and the natural moisture of each material to obtain three specimens as minimum, worked in natural condition. The soil samples were of type ML, SM, SM-SC and CL according to SUCS, taken from five open-air exploration points, located behind the back of the School of Obstetrics and the new infrastructure of the School of Education of the UNH.

The cut resistance parameters " C " and " Φ " were obtained from the major and minor stresses of triaxial UU tests adjusted with the Mohr-Coulomb linear failure criterion with the RocData v.4 software. The " C " in EI was higher than in the EA by 60% and the " Φ " by 80% of the exploration points, considering that the results do not necessarily have the same direct relationship at each point. The statistical analysis used is the analysis of variance of repeated measures, despite finding a $p > 0.05$ and being able to affirm the null hypothesis. The sensitivity test evidences the increase in the probability of finding a significant difference with the sample size, that is to say that the values of " C " and " Φ " are sensitive to this factor. For the " C " of 5 to 8 data, the statistical power increases from 5.50% to 14.60% and for the internal friction angle increases from 27.30% to 53.70% respectively, considering that the 3 additional data for this test were taken from investigations already made in the same area of study. Finally concluding that there is significant influence on the parameters of resistance to soil cutting studied in the present investigation.

Keywords: cohesion, internal friction angle, unaltered specimen, altered specimen, soil, triaxial test, in situ density, natural condition, sensitivity.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESÚMEN	vi
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción del problema	16
1.2. Formulación del Problema	17
1.2.1. Problema General	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Objetivo General y específicos	17
1.3.1. Objetivo General	17
1.3.2. Objetivos específicos	17
1.4. Justificación	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes	19
2.1.1. A nivel internacional	19
2.1.2. A nivel nacional	24
2.1.3. A nivel local	25
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Generalidades	25
2.2.1.1. Clasificación de suelos	25
2.2.2. Fundamentos de la resistencia al corte	26
2.2.2.1. Esfuerzo y resistencia al corte	26
2.2.2.2. Criterios de falla de Morh Coulumb	26
2.2.2.3. Circulo de Mohr	28
2.2.2.4. Parámetro fundamentales	28
2.2.2.5. Resistencia máxima y residual	30
2.2.2.6. Esfuerzos totales y efectivos	30
2.2.2.7. Medición de la resistencia al corte de los suelos	32
2.2.3. Ensayos de campo	33

2.2.4. Ensayos de laboratorio	34
2.3. Hipótesis.....	46
2.3.1. Hipótesis General	46
2.3.2. Hipótesis Específico	46
2.4. Definición de términos	46
2.1. Identificación de Variables.....	50
2.2. Definición operativa de variables e indicadores.....	50
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. Ámbito de estudio.....	51
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	52
3.3. Método de Investigación.....	53
3.5. Población, Muestra , Muestreo	54
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	57
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	
4.1. Presentación de resultados	59
4.1.1. Obtención de muestras.....	60
4.1.2. Ensayos realizados.....	62
4.1.2.1. Ensayos In situ	62
4.1.2.2. Ensayos en Laboratorio.....	64
4.1.3. Resultados de los ensayos realizados.....	77
4.2. Análisis de datos.....	86
CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición operativa de variables e indicadores	50
Tabla 2: Coordenadas UTM de calicatas y trincheras.....	51
Tabla 3: Profundidades de excavación de calicatas y trincheras	60
Tabla 4: Densidad húmeda in situ de las calicatas y trincheras	64
Tabla 5: Contenido de humedad de las calicatas y trincheras	66
Tabla 6: Distribución granulométrica-% que pasa en los diferentes tamices	68
Tabla 7: Límite líquido en calicatas y trincheras.....	70
Tabla 8: Límite plástico en calicatas y trincheras	71
Tabla 9: Características de los especímenes alterados.....	74
Tabla 10 : Propiedades físicas de los materiales en estudio	80
Tabla 11 : Parámetros de resistencia al corte del suelo, obtenidos con RocData v.4.	82
Tabla 12 : Esfuerzos principales en especímenes inalterados	85
Tabla 13 : Esfuerzos principales en especímenes alteradas	86
Tabla 14 : Estadísticos descriptivos para la cohesión.....	87
Tabla 15 : Estadísticos descriptivos para el ángulo de fricción interna	87
Tabla 16 : Prueba de normalidad para la cohesión.....	89
Tabla 17 : Prueba de normalidad para el ángulo de fricción interna	90
Tabla 18 : Prueba de homogeneidad para la cohesión.....	92
Tabla 19 : Prueba de homogeneidad para el ángulo de fricción interna	93
Tabla 20 : Cuadro estadístico inferencial y de particular ANOVA de medidas repetidas (sig=5%) (Base de datos spss).....	94
Tabla 21: Cuadro estadístico inferencial y de particular ANOVA de medidas repetidas (sig=5%)(base de datos spss)	95
Tabla 22: Tamaño de efecto para los parámetros (5 datos)	99
Tabla 23: Potencia estadística para los parámetros (5 datos)	99
Tabla 24: Tamaño de efecto para los parámetros (8 datos)	100
Tabla 25: Potencia estadística para los parámetros (8 datos)	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Símbolos utilizados para clasificación	25
Figura 2: Tabla de plasticidad.....	26
Figura 3: Envolvente de falla de Mohr y los criterios de falla de Mohr-Coulomb	27
Figura 4: Envolvente de falla y círculo de Mohr	28
Figura 5: Envolventes de falla de las resistencias máxima y residual	30
Figura 6: Esfuerzos totales y efectivos.	31
Figura 7: Peso específico de campo por el método de cono de arena	34
Figura 8: Definición de los límites de atterberg.....	36
Figura 9: Diagrama esquemático de la configuración del equipo de la prueba triaxial.	38
Figura 10: Representación gráfica de las envolventes de falla en tipos de ensayo triaxial.	41
Figura 11: Croquis de puntos de exploración a cielo abierto.	52
Figura 12: Esquema de etapas de presentación de resultados.....	59
Figura 13: Valores de cohesión en tipos de especímenes.	83
Figura 14: Valores de ángulo de fricción en tipos de especímenes.....	84
Figura 15: Histogramas de resultados obtenidos para la cohesión en especímenes inalterados (base de datos spss).....	88
Figura 16: Histogramas de resultados obtenidos para la cohesión en especímenes alterados (base de datos spss).....	88
Figura 17: Histogramas de resultados obtenidos para el ángulo de fricción en especímenes inalterados (base de datos spss).....	89
Figura 18: Grafica de cajas y bigotes Ángulo de fricción Interna (base de datos spss).	92

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Panel de control	42
Fotografía 2: Prensa triaxial	43
Fotografía 3: Celda triaxial	43
Fotografía 4: Programa DataSystem7	44
Fotografía 5: Transductores	45
Fotografía 6: Accesorios del equipo triaxial.....	46
Fotografía 7: Excavación de calicatas.....	61
Fotografía 8: Identificación de trincheras	61
Fotografía 9: Obtención de muestras con tubos bipartidos de PVC SAP ϕ 4".....	62
Fotografía 10: Nivelación del área donde se realizara el ensayo y excavación de la abertura de la placa base.	63
Fotografía 11: (a) Colocado de muestra excavado en bolsa y sellado.....	63
Fotografía 12: Registro de peso de la muestra en taras de pesos conocidos.....	65
Fotografía 13: Secado de la muestra en horno a 100°C.....	65
Fotografía 14: Cuarteo de la muestra seca y pesaje en recipiente de peso conocido.	67
Fotografía 15: Saturado de la muestra y lavado en tamiz n°200.....	67
Fotografía 16: Tamizado de la muestra y pesaje del peso retenido en cada tamiz.....	68
Fotografía 17: (a) Tamizado de muestra por la tamiz n°40, (b) Pesado de muestra y (c) Saturado de la muestra.	69
Fotografía 18: (a) Colocado de la muestra en la cazuela y (b) Muestra ranurada.....	69
Fotografía 19: (a) Extracción de muestra de la cazuela y (b) Pesaje de muestra en tara de peso conocido.....	70
Fotografía 20: (a) Realizando rollos de suelo y (b) Pesaje de muestra en tara de peso conocido.....	71
Fotografía 21: Tallado de especímenes y registro de mediciones	73
Fotografía 22: Pesaje del espécimen, prueba de la membrana, colocado de membrana de caucho y papel filtro al espécimen.....	73
Fotografía 23: Compactación del espécimen.....	74
Fotografía 24: Extracción del espécimen del molde bipartido.....	74

Fotografía 25: Moldeado del espécimen compactado.....	75
Fotografía 26: Colocado de la membrana de caucho y papel filtro.	75
Fotografía 27: Colocado del espécimen a la cámara triaxial.	76
Fotografía 28: Aseguramos la celda triaxial en la cámara triaxial.	76
Fotografía 29: Inundado del espécimen con agua.	76
Fotografía 30: Montaje en la prensa triaxial.	76
Fotografía 31: Aplicación de la presión respectiva y lectura de datos con el software DataSystem7.....	77
Fotografía 32: Especímenes ensayados y visualización de los modos de falla.....	77

INTRODUCCIÓN

En la actualidad nos encontramos en el auge de la construcción, sin embargo, en muchos casos estas edificaciones no están cimentadas bajo un criterio técnico de un profesional integral conocido como “Ingeniero Geotécnico”, es importante que las fundaciones deben ser planteadas de acuerdo a los resultados de un estudio de mecánica de suelos que reflejen las propiedades reales del terreno donde se asentará una obra civil, logrando la seguridad necesaria ante cualquier desastre natural. Por lo tanto, un adecuado estudio de mecánica de suelos puede reducir daños ante los desastres naturales a las que estén propensas las obras civiles.

La resistencia al corte de un suelo es necesaria para evaluar diferentes análisis Geotécnicos y propósitos de diseño, como la evaluación de estabilidad de taludes, diseño de cimentaciones para estructuras y el cálculo de la estabilidad de estructuras de contención. Mediante ensayos triaxiales tipo UU, se determinará la resistencia límite al corte y la determinación de parámetros mecánicos C y Φ en especímenes inalterados y alterados.

Una de las ventajas del ensayo triaxial es que es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante en especímenes cilíndricos, sin embargo, existen suelos donde no se puede obtener las muestras inalteradas de la forma que se requiere para este tipo de ensayo, pero ello con método de compactación se puede aproximar un espécimen alterado a la estructura natural del suelo.

Las muestras inalteradas pueden obtenerse en bloque, en tubo de pared delgada u otra metodología siguiendo normativas aplicables, estas deben mantener inalteradas sus propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo, en mayor de los casos es aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención. Los especímenes inalterados son porciones de suelos que se toman generalmente tallando la muestra inalterada, debe protegerse contra pérdidas de humedad envolviéndola en unas o más capas debidamente impermeabilizadas con brea, parafina y poliuretano.

Las muestras alteradas son porciones de suelo que no guardan las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde proceden. Los especímenes alterados pueden obtenerse mediante técnicas de compactación de las muestras alteradas.

El propósito de conocer los parámetros de resistencia al corte del suelo al realizar ensayos triaxiales UU, en especímenes inalteradas y especímenes alteradas bajo condiciones naturales, cuyo objetivo principal consiste en determinar la influencia del tipo de espécimen ensayado en la obtención de los parámetros de resistencia a corte del suelo motivó esta investigación.

Con este estudio se evidenciará que un adecuado estudio geotécnico brindará seguridad y reducirá costos a corto, mediano y largo plazo.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La gran mayoría (por no decir que prácticamente todas) las obras civiles se sostienen inevitablemente sobre la superficie terrestre, es de vital importancia un buen estudio o análisis de suelo que reflejen las condiciones reales del suelo in situ. La importancia radica en el hecho de que, si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente o si, aun sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño produciendo a su vez deformaciones importantes, fisuras, grietas o desplomes de la estructura que en el peor de los casos puede terminar con el colapso de la obra o su inutilización y abandono.

En muchos proyectos donde no se hace un buen estudio de mecánica de suelos, resulta que cuando están ya construidos se dan cuenta que tienen asentamientos y eso genera más costos, ya que se debe gastar mucho en reparar o tratar de estabilizar el terreno y todo por “ahorrarse unos centavos” al no hacer el estudio. La obtención inadecuada de las muestras sin las precauciones pertinentes conlleva a obtener propiedades físicas y mecánicas no reales del suelo. En muestras inalteradas para la obtención de especímenes inalteradas se producen micro fisuras en el manipuleo al tallar, la presencia de raíces, gravas pueden generar variación en la obtención de los parámetros de resistencia al corte del suelo C y Φ , así mismo en

muestras alteradas el proceso de remoldeo por compactación produce el mismo efecto, ya que en muchos casos solo se utiliza la matriz del suelo para obtener los especímenes alteradas.

Ante la necesidad de resolver la incertidumbre de conocer si se genera variación en los valores de C y Φ al ensayar especímenes alteradas e inalteradas mediante ensayos triaxiales en los laboratorios de la UNH en suelos combinados motivó la investigación, siendo estos parámetros importantes para cimentar obras de ingeniería civil, sin embargo, en la mayoría de los casos se obtienen con equipos menos confiables en muchos casos por el factor costo. Los proyectistas deben hacer hincapié en la interpretación de estos parámetros para no caer en errores en un futuro.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera el tipo de espécimen influirá en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo influirá el tipo de espécimen en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales?

¿Cómo influirá el tipo de espécimen en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales?

1.3. Objetivo General y específicos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia del tipo de espécimen en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales.

Determinar la influencia del tipo de espécimen en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales.

1.4. Justificación

El propósito de esta investigación es determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante pruebas triaxiales, ensayadas en muestras inalteradas y alteradas, con el fin de conocer si el tipo de espécimen influye o no en los resultados de cohesión y ángulo de fricción interna del suelo, que permiten asegurar un mejor resultado en los ensayos obtenidos en laboratorio así dar un mayor grado de confiabilidad al generar un resultado al cliente.

Estos parámetros de resistencia al corte como C y Φ son los parámetros más importantes del suelo que se utilizan para el diseño y la práctica en obras de ingeniería; dada la importancia de estos, debe tenerse en cuenta el tipo de espécimen inalterada y alterada, que se obtiene de campo para su estudio en laboratorio. La variabilidad de resultados de los parámetros con el tipo de espécimen mediante ensayos triaxiales, será tema de estudio en esta investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Revisando las diferentes referencias bibliográficas respecto al proyecto de investigación “INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PÁRAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES”, se detalla las investigaciones relacionados con el tema de estudio.

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Valerio (2011) realizó la investigación titulado “*Ensayos triaxiales para suelos*”, esta investigación presenta una breve explicación de la teoría de esfuerzo cortante, descripción general de los principales tipos de ensayos triaxiales, llegando a las siguientes conclusiones:

- La investigación de suelos es la base para un buen diseño de una obra civil. Cuando se envían muestras de un suelo a un laboratorio para ser ensayadas, dichos resultados son a su vez la base para el análisis y toma de decisiones. Sin embargo, dichos resultados de laboratorio son útiles y contribuyen, a decisiones acertadas sólo si reflejan las condiciones que representan adecuadamente la superficie de suelo que se requiere intervenir.
- Los resultados emitidos por un laboratorio tienen que arrojar resultados confiables, producto de la ejecución de ensayos debidamente normados y con los equipos adecuados.

- Una manipulación adecuada de las muestras, mínimo contacto con las mismas, tanto en su moldeo/remoldeo como en su colocación en las cámaras, y una prevención extrema en la pérdida de humedad de los especímenes, son fundamentales como punto de partida para un óptimo desempeño del ensayo a ejecutar.

De igual forma Lozano & Parras (2011) realizaron el artículo científico titulado “*A New method for studying clay soils using unaltered soil blocks*”, describieron un procedimiento nuevo para la extracción de suelos arcillos, llegando a las siguientes conclusiones.

- Este método es rapido y barato para extraer y conservar bloques de suelo arcilla de textura fina. El uso de espuma de poliuretano proporciona al suelo una durabilidad en el laboratorio, permitiendo la realización de diferentes ensayos ya que la muestra permanece sin cambios en el tiempo.

También Bo, Hua, Ping, Dong, & Ping (2009) realizaron el artículo científico titulado “*Triaxial compression test of soil–root composites to evaluate influence of roots on soil shear strength*”, con el fin de evaluar la influencia de las raíces sobre la resistencia al cizallamiento del suelo, se realizó una prueba de compresión triaxial para estudiar la resistencia al corte de muestras simples y compuestas de raíces de Robinia pseucdoacacia y suelo de la meseta de Loess en el noroeste de China. Las raíces se distribuyeron en tres formas vertical, horizontal y vertical-horizontal (cruzada), los ensayos se realizaron bajo dos diferentes contenidos de agua en el suelo, llegando a las siguientes conclusiones.

- Los resultados de las pruebas mostraron que las raíces tienen mas imapacto sobre la cohesión que el ángulo de fricción del suelo.
- La presencia de raíces aumentó sustancialmente la resistencia al cizallamiento.
- Entre las tres formas de distribución de las raíces, el efecto de refuerzo de la distribución vertical –horizontal (cruzada) fue la más eficaz.

- El aumento del contenido de agua indujo directamente una disminución en la cohesión del suelo y disminución de la resistencia al corte tanto en muestras de suelo llano y compuestos tierra y raíz.
- La prueba triaxial de compresión triaxial se puede utilizar para estudiar las influencias de las raíces sobre la resistencia al cizallamiento del suelo.

Así mismo Cometa & Mendez (2016) realizó la tesis titulado *“Correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo de triaxial en un suelo arcilloso típico de la zona occidental de bogota”*, cuyo propósito es determinar la correlación entre los resultado de los parámetros de cohesión y ángulo de fricción obtenidos en el ensayo triaxial tipo CU (Consolidado no drenado) y CD (Consolidado drenado) con el fin de aplicarlo en el ensayo de corte directo CU, cuyas conclusiones fueron.

- El tipo de muestra en análisis fue un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL), obtenidas a una profundidad de 9.00 a 19.00 metros, cuya resistencia se clasifica como media a firme $q_u=1.00$ a 1.50 kg/cm² (q_u =carga última).
- La correlación obtenida para la cohesión en el ensayo CU es: $C_T = (C_C \times 0.6912) + 0.0383$ con un grado de confiabilidad de 84% y para el ángulo de fricción $\Phi_T = (\Phi_C \times 1.1899) - 8.522$ con grado de confiabilidad de 87%. Con estas relaciones no es necesario realizar un ensayo triaxial para determinar los parámetros de resistencia. C_T =cohesión ensayo triaxial, Φ_T =ángulo de fricción ensayo triaxial.

De igual manera Flor (2016) realizó la tesis titulado *“Determinación de ángulo de fricción y cohesión del suelo mediante correlaciones obtenidas en los ensayos de plasticidad, módulo de elasticidad y n_{spt} de suelos de tres sectores de la ciudad de quito.”*, el trabajo fue realizado en la ciudad de Quito dividido en tres sectores norte, centro y sur en cada sector se realizó tres perforaciones en las cuales se tomó muestras inalteradas para su análisis en laboratorio, obteniendo las siguientes conclusiones.

- Las correlaciones presentadas en esta investigación tanto para las correlaciones de los resultados de laboratorio y las de cohesión arrojaron valores de regresión de tendencia lineales entre $R = 0.01$ a $R = 0.2$, valores que están muy por debajo del valor mínimo aceptable de $R \geq 0.75$, razón por la cual no se presenta ninguna correlación para este tipo de suelos.
- Debido a que no se pudo determinar correlaciones para suelos cohesivos - friccionantes, encontrados en el Norte, Centro y Sur de la ciudad de Quito, a continuación, se presentan rangos de valores de ángulo de fricción (ϕ) y cohesión c (KN/m²), en función del NSPT medido en campo. Norte: 9 a 20 golpes c : 75 a 100 y ϕ : 22 a 32 °, Centro: 15 a 27 golpes c : 70 a 115 y ϕ : 16 a 35° y Sur: 20 a 25 golpes, c : 85 a 185 y ϕ 15 a 20°.

Además Pachacama (2015) realizó la investigación titulado “*Caracterización de cangahuas mediante ensayos triaxiales no consolidados – no drenados (UU) y consolidado no drenado (CU), aplicación a la estabilidad de taludes.*” En dicha investigación trabajó con cuatro diferentes tipos de cangahuas y los lugares de estudio forman parte del Distrito metropolitano de Quito y sus alrededores, llegando a las siguientes conclusiones:

- Los parámetros de resistencia al cortante pueden definirse en términos de esfuerzos totales (c , ϕ) o en términos de esfuerzos efectivos (c' , ϕ').
- La condición saturada es la condición más desfavorable de resistencia de un suelo, esto se confirmó realizando ensayos UU (no consolidado no drenado) y CU, los mismos que presentan condiciones de cohesión y ángulo de fricción relativamente más baja en estado saturado que en estado natural.

De la misma manera Gómez (2010) realizó la tesis titulado “*Estudio del comportamiento de suelos no saturados en pruebas triaxiales*”, en este trabajo se estudió el comportamiento de suelos no saturados en pruebas triaxiales drenadas y no drenadas. Las muestras de suelo inalterado fueron del tipo MH

(Limo inorgánico) y CH (arcilla inorgánica) obtenidas del fraccionamiento Jurica Querétaro a 1, 2, 3 m de profundidad, obteniendo las siguientes conclusiones.

- La obtención de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante en pruebas triaxiales, se puede hacer tanto en muestras inalteradas como compactadas, dependiendo de los propósitos, sin embargo, en muestras inalteradas es muy difícil obtener envolventes de falla que se ajusten adecuadamente a todos los círculos de Mohr, debido a las diferencias locales del suelo, como son raíces y grietas que incluso pueden influir más que las propias condiciones de drenaje. Por tal motivo la forma ideal para evaluar estas condiciones de drenaje es mediante muestras compactadas de arcilla en donde es posible reducir tales efectos; esto no evita que aun exista una disminución de los valores en los parámetros mecánicos por el manejo y elaboración de las probetas.
- Las muestras compactadas resultan ser la mejor opción para evaluar las condiciones de drenaje en pruebas triaxiales, pero esto no es así cuando se trata de modelar el comportamiento del suelo in situ bajo variaciones de humedad. Con base a las curvas características para muestras inalteradas y compactadas se concluye que la estructura del suelo influye de manera notoria en las propiedades mecánicas del suelo y desde luego, también existe el efecto de la succión, lo cual es evidente.

Así mismo Guadalupe (2015) en su investigación "Determinación de la resistencia al corte in situ de los suelos en zonas de peligro sísmico" encontró diferencias entre un ensayo in situ y en laboratorio como Ficometro y Triaxial respectivamente, siendo entre las más importantes, para el primero el ensayo se realiza con las características de los materiales in situ, sin variación de parámetros y para el segundo toma de muestras superficiales que están sometidas a variaciones en los parámetros por manipulación y tiempo de ensayo.

Entre sus desventajas no se puede ensayar en suelos arcillosos, limos elásticos, suelos orgánicos y dificulta en el tallado de probetas, cuando el

material es heterogéneo respectivamente. Así mismo concluyó que al comparar los resultados de las prueba triaxial UU en el sitio de investigación 3 con el ficómetro, se observa que la primera es mucho menor y que existe una dispersión importante al comparar los esfuerzos resistentes.

Finalmente Rosales (2007) llevó a cabo la investigación *“Variación de la cohesión y el ángulo de fricción interna obtenidos por los ensayos de corte directo y triaxial con materiales granulares y arcillosos”*, en la universidad de San Carlos de Guatemala, el estudio se realizó con tres materiales diferentes tomados de zonas localizadas estratégicamente, para obtener materiales representativos para el estudio, a cada uno de los materiales se les realizó tres pruebas iguales en cada ensayo, llegando a las siguientes conclusiones:

- En el ensayo de corte directo, el ángulo de fricción interna (Φ), siempre es mayor que el que se obtiene en el ensayo triaxial. Para el limo orgánico la diferencia es de 12.8 grados, para la arena pómez la diferencia es de 11.3 grados y para el limo amarillento es de 12.6 grados. Lo cual obtenemos una diferencia promedio de 12.2 grados.
- La cohesión obtenida por medio de procedimiento de ensayo triaxial es menor que la obtenida por medio del corte directo. El rango de la cohesión en el ensayo de corte directo es 81.3 a 86.6 Kpa., mientras que en el ensayo triaxial es de 114.9 a 169.7 Kpa.
- Se determinó que para los suelos ensayados (friccionantes y cohesivos), compactados al 100% del próctor de referencia los parámetros de corte se correlacionaron mediante las siguientes ecuaciones: Para el ángulo de fricción interna (Φ): $\Phi_{Tx} = 1.357 \Phi_{cd} - 8.21$ y para La cohesión (C): $C_{Tx} = 3.196 C_{cd} - 123.97$ Tx = Triaxial, cd = Corte Directo Tx=triaxial.

2.1.2. A nivel nacional

A nivel nacional no se encontraron trabajos de investigación relacionados al tema de estudio.

2.1.3. A nivel local

A nivel local no se encontraron trabajos de investigación relacionados al tema de estudio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades

2.2.1.1. Clasificación de suelos

Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos con base en las propiedades ingenieriles comunes como *la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico*. Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son: Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) y Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), haciendo hincapié que el sistema AASHTO se emplea para la clasificación de las capas de pavimentos de una carretera (Das B. , 2012) .

2.2.1.1.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Actualmente el sistema se utiliza prácticamente en todo trabajo geotécnico. Clasifica los suelos en dos amplias categorías: suelos de grano grueso y suelos de grano fino, se utilizan los símbolos siguientes para fines de identificación (Das B. , 2012).

- SUCS- NTP 339.134:1999

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

Figura 1 : Símbolos utilizados para clasificación

Fuente: (Das, 2012)

En la gráfica de plasticidad figura 2 y en la figura A.1 se muestra el procedimiento para determinar los símbolos de grupo para varios tipos de suelos. Al clasificar un suelo se debe proporcionar el nombre del grupo que

generalmente describe el suelo, junto con el símbolo respectivo. En las figuras A.2, A.3, A.4 se presentan los diagramas de flujo para obtener los nombres de grupos para suelos de grano grueso, suelos inorgánicos de grano fino y suelos orgánicos de grano fino, respectivamente (Das B. , 2012).

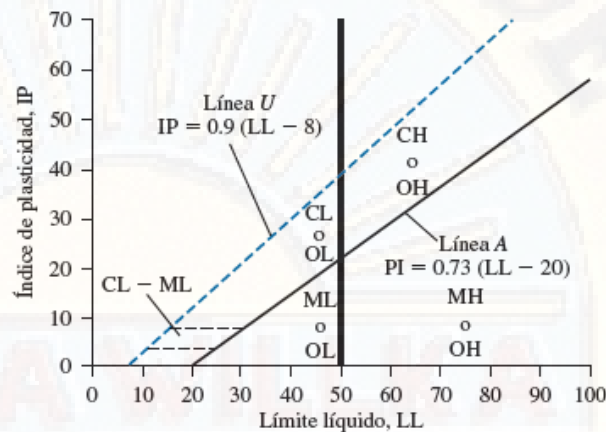


Figura 2: Tabla de plasticidad

Fuente: (Das B. , 2012)

2.2.2. Fundamentos de la resistencia al corte

2.2.2.1. Esfuerzo y resistencia al corte

El esfuerzo cortante de un suelo se ha definido como la última o máxima resistencia que el suelo puede soportar, específicamente se ha expresado como la resistencia interna que ofrece la masa de suelo por área unitaria para resistir la falla al deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él (Flor, 2016).

2.2.2.2. Criterios de falla de Morh Coulumb

Morh (1900) presentó una teoría sobre la ruptura de los materiales. Esta teoría afirma que el material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante, y no sólo por la presencia de un esfuerzo máximo normal o bien de un esfuerzo máximo cortante. Así entonces, la relación funcional entre un esfuerzo normal y un esfuerzo cortante sobre un plano de falla se expresa en la ecuación 2.1 (Das B. , 2012).

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (2.1)$$

Dónde: τ_f =esfuerzo cortante sobre el plano de falla

σ =esfuerzo normal sobre el plano de falla

La envolvente de falla definida por la ecuación es una línea curva, como muestra la figura 3. Para la mayoría de los problemas de mecánica de suelos, es suficiente aproximar el esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal (Coulomb, 1776), lo cual se conoce como el *Criterio de Falla Mohr- Coulomb* como se presenta en la ecuación 2.2 (Das B. , 2012).

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (2.2)$$

Dónde: c =cohesión

ϕ =ángulo de fricción interna

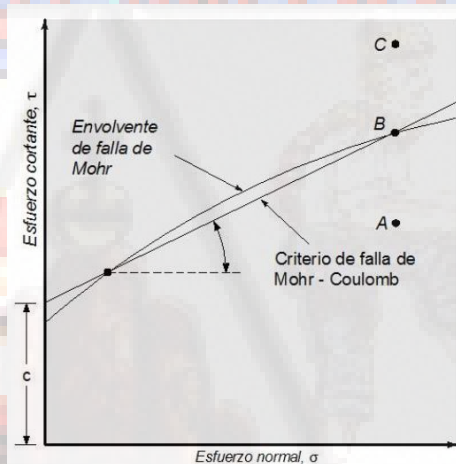


Figura 3: Envolvente de falla de Mohr y los criterios de falla de Mohr-Coulomb

Fuente: (Das B. , 2012)

En la figura 3, se observa que, si el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre un plano en una masa de suelo son tales que son representados por el punto A, entonces no ocurrirá una falla cortante a lo largo de ese plano. Si el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre un plano son representados por el punto B (sobre la envolvente de falla), entonces ocurrirá una falla de cortante a lo largo de ese plano. Un estado de esfuerzo ubicado en el punto C no existe, porque queda por arriba de la

envolvente de falla y la falla cortante ya habría ocurrido en el suelo (Das B. , 2012).

2.2.2.3. Círculo de Mohr

El diagrama de Mohr es el método más común para representar los resultados de los ensayos de corte en los suelos. El círculo de Mohr representa un ensayo triaxial y la envolvente de los círculos de Mohr representa el estado de los esfuerzos en el momento de una falla al cortante (Suarez, 2009).

En el análisis en dos dimensiones, los esfuerzos de un punto, pueden ser presentados por un elemento infinitamente pequeño sometidos a los esfuerzos σ_x , σ_y y τ_{xy} . Si estos esfuerzos se dibujan en unas coordenadas $\tau - \sigma$, se puede trazar el círculo de esfuerzos de Mohr.

En este círculo se definen los valores de σ máximo (σ_1) y el σ mínimo (σ_3), conocidos como esfuerzos principales (Suarez, 2009).

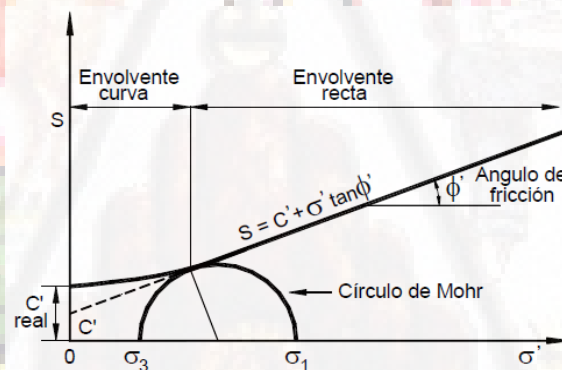


Figura 4: Envolvente de falla y círculo de Mohr
Fuente: (Suarez, 2009)

2.2.2.4. Parámetro fundamentales

Ángulo de fricción

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física (Suarez, 2009):

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \tan \phi$$

Todos los suelos poseen fricción, sin embargo, los suelos arcillosos con fricción muy baja o despreciable, se les denomina suelos cohesivos: $\phi = 0$ (Suarez, 2009).

El ángulo de fricción (ϕ) depende de una gran cantidad de factores; algunos de los más importantes son (Suarez, 2009):

- Tipo de material constitutivo de las partículas.
- Tamaño de los granos o partículas. A mayor tamaño de partículas, mayor es ϕ .
- Forma de los granos o partículas. ϕ es mayor para partículas angulosas.
- Distribución de los tamaños de granos o partículas. En los suelos bien gradados, ϕ es mayor que en los suelos uniformes.
- Fábrica o microestructura (organización de las partículas)
- Densidad
- Permeabilidad (facilidad de drenaje)
- Presión normal de confinamiento
- Presión de preconsolidación

El ángulo de fricción es la combinación de todos los factores. Por ejemplo, el ángulo de fricción es mayor al aumentar la densidad, pero si las presiones normales son muy altas, el ángulo de fricción tiende a disminuir. En arcillas el ángulo de fricción depende de las condiciones de preconsolidación (Suarez, 2009).

Cohesión

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en la mecánica de suelos, es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación entre las partículas (Suarez, 2009).

En los suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que puede producir adherencia, la cohesión se

supone igual a cero y a estos suelos se denomina suelos friccionantes o “no cohesivos” ($C=0$) (Suarez, 2009).

Los factores que influyen en la cohesión son: Tamaño de la partícula, Composición mineralógica, humedad y grado de consolidación (Flor, 2016).

2.2.2.5. Resistencia máxima y residual

- **Resistencia máxima**

Es la máxima resistencia al corte que posee el material, el cual no ha sido fallado previamente y corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo-deformación, figura 5 (Suarez, 2009).

- **Resistencia residual**

Es la resistencia al corte que posee el material después de haber ocurrido la falla (Suarez, 2009).

La resistencia residual en los suelos cohesivos se debe tener en cuenta cuando existe una superficie previa de corte donde haya ocurrido desplazamientos en el pasado y en suelos licuables, expuestos a sismos de gran magnitud (Suarez, 2009).

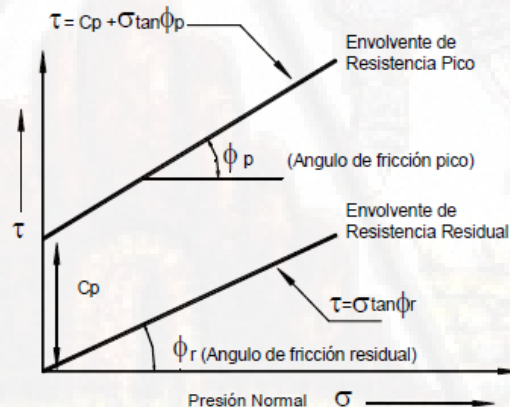


Figura 5: Envoltorios de falla de las resistencias máxima y residual

Fuente: (Suarez, 2009)

2.2.2.6. Esfuerzos totales y efectivos

Se define como esfuerzo a la fuerza por unidad de área (Suarez, 2009).

- **Esfuerzo Efectivo**

Una masa de suelo saturada está compuesta por fases distintas: el esqueleto de partículas y los poros entre partículas llenos de agua. Cualquier esfuerzo impuesto sobre el suelo, es soportado por el esqueleto de partículas y también, por la presión del agua (Suarez, 2009).

Los esfuerzos ejercidos por el esqueleto solamente se conocen como esfuerzos efectivos y a los esfuerzos hidrostáticos del agua se les denomina “presión de poros”. Los esfuerzos efectivos son los que controlan el comportamiento del suelo al cortante y no los esfuerzos totales (Suarez, 2009).

Esfuerzo efectivo= esfuerzo total – presión de poros

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

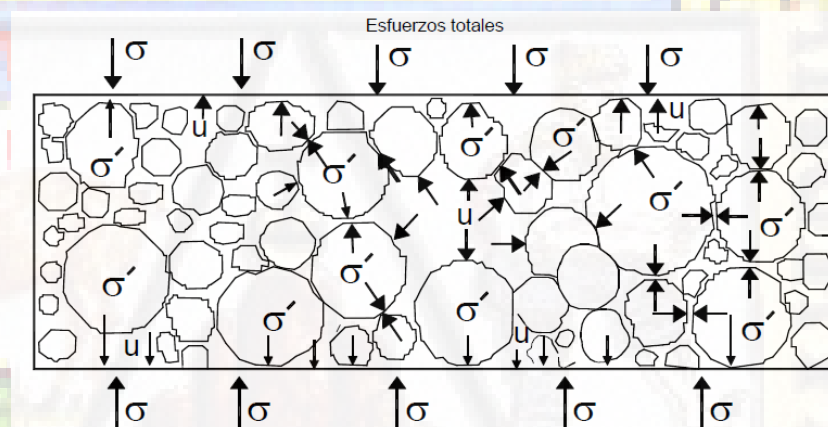


Figura 6: Esfuerzos totales y efectivos.

Fuente: (Suarez, 2009).

- **Esfuerzo Total**

El esfuerzo total es la suma de todas las fuerzas, incluyendo aquellas transmitidas a través de contactos entre partículas, aquellas transmitidas a través de la presión de poros en el agua (divididas por el área total) e incluyendo el área de sólidos y área de vacíos (Suarez, 2009).

Esfuerzo total= esfuerzo efectivo + presión de poros

En problemas prácticos, el análisis con esfuerzos totales puede utilizarse en problemas de estabilidad a corto plazo y las presiones efectivas, para analizar la estabilidad a largo plazo (Suarez, 2009).

2.2.2.7. Medición de la resistencia al corte de los suelos

La determinación precisa de las resistencias de los materiales y determinar los parámetros de resistencia al corte en condiciones reales, es posible en algunas circunstancias realizar ensayos in situ, pero la forma más común de obtener los parámetros de resistencia al corte son los ensayos de laboratorio. Sin embargo los valores de la resistencia al corte determinados en ensayos de laboratorio dependen de factores, tales como la calidad de las muestras, su tamaño y el método de ensayo (Suarez, 2009).

La resistencia al cortante depende del grado de saturación y este varía con el tiempo. Esta situación dificulta la realización de ensayos representativos en muestras no saturadas y generalmente, se acostumbra trabajar con muestras saturadas (Suarez, 2009).

Selección de las muestras

Los valores de la resistencia al cortante que se obtienen de los ensayos dependen de muchos factores, especialmente de la calidad de las muestras, su tamaño y el método de análisis. La resistencia al cortante depende del grado de saturación (Rosales, 2007).

Las envolventes de falla para suelos, generalmente no son lineales para un rango amplio de esfuerzos, y los ensayos deben realizarse cubriendo la gama de esfuerzos que sea relevante para cada caso en particular. Por ejemplo, cuando las superficies potenciales de falla son poco profundas, los niveles de esfuerzo normal son bajos y se pueden presentar errores de interpretación, especialmente en los ensayos triaxiales (Rosales, 2007).

Lo ideal es que los ensayos sean realizados sobre muestras de suelo tallado de material inalterado, lo más representativo posible del material; por ejemplo, muestras grandes en bloque de muy buena calidad o muestras

tomadas con muestreadores delgados pueden estar relativamente inalteradas. Generalmente, entre más grande la muestra, esta podría ser de mejor calidad. Además, las muestras deben ser obtenidas a una profundidad correcta, de acuerdo a las posibles superficies críticas de falla (Suarez, 2009).

El tamaño de la muestra es muy importante. Las muestras para ensayos triaxiales deben ser de mínimo siete centímetros de diámetro (Suarez, 2009). En el caso de suelos con presencia de grava, la preparación de la muestra es difícil y puede ser no representativa de la realidad de la resistencia al suelo en el sitio y en ocasiones se deben realizar los ensayos con material de la matriz solamente (Suarez, 2009).

Por otro lado, la preparación de muestras de material muy frágil es difícil y en ocasiones existe la tendencia a utilizar para el ensayo, las partes más duras de la muestra, lo cual conduce a obtener parámetros de resistencia mayores a los reales (Suarez, 2009).

Las muestras para ensayo deben ser de lo más representativas posible de la situación real en el campo; deben ser tomadas lo más cercanamente posible a las probables superficies de falla y lo suficientemente grandes para eliminar efectos de borde (Suarez, 2009).

2.2.3. Ensayos de campo

2.2.3.1. Método del Cono de arena

Este método permite determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ. El aparato usado en este método consiste en un recipiente de vidrio o plástico con un cono de metal unido a su parte superior. El recipiente se llena con arena Ottawa seca muy uniforme. Se determina el peso del envase, del cono y de la arena que llena el recipiente (W_1). En el campo se excava un pequeño agujero. El peso húmedo del suelo excavado del agujero (W_2). Después de excavado el agujero, el cono con el recipiente unido a él se invierte y se coloca sobre el agujero. Se permite que la arena fluya del envase al agujero y al cono. Una vez que el agujero y el cono

están llenos, se determina el peso del recipiente, del cono y de la arena restante en el envase (W_3), donde peso de la arena para llenar el agujero y el cono (W_4) (Das, 2001).

El volumen del agujero excavado se determina de la siguiente manera:

$$V = \frac{W_4 - W_C}{\gamma_{d(arena)}}$$

Dónde: W_C =peso de la arena para llenar únicamente el cono

$\gamma_{d(arena)}$ = peso específico seco de la arena Ottawa usada.

Los valores de W_C y $\gamma_{d(arena)}$ son determinados a partir de la calibración hecha en el laboratorio. El peso específico del suelo en campo será:

$$\gamma_h = \frac{W_2(\text{peso húmedo del suelo excavado del agujero})}{V(\text{volumen del agujero})}$$

- Método de cono de arena (ASTM D-1556 y NTP 339.143:1999)

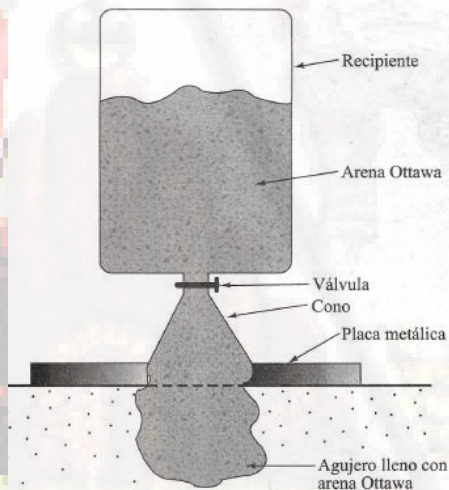


Figura 7: Peso específico de campo por el método de cono de arena
Fuente: (Das, 2001)

2.2.4. Ensayos de laboratorio

Los ensayos que se utilizaron para obtener las propiedades físicas de los materiales fueron los siguientes:

2.2.4.1. Análisis granulométrico

Es la determinación de la cantidad en porciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Existen diferentes procedimientos para clasificar por tamaños, para partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado, sin embargo al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación (Crespo, 2004).

- Análisis granulométrico con mallas (ASTM D-422 y NTP 339.128:1999)

2.2.4.2. Límites de Atterberg

El contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo cambia de un estado líquido a uno plástico se define como límite líquido (LL). De manera similar, en el que el suelo cambia de un estado plástico a uno semisólido y de un estado semisólido a uno sólido se definen como límite plástico (LP) y límite de contracción (LC), respectivamente. A estos límites se les refiere como límites de Atterberg como se muestra en la figura 8 según (Das B. , 2012).

Límite Líquido

Se determina utilizando la copa de Casagrande y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.70 mm mediante 25 golpes (Das B. , 2012).

- Designación de la prueba ASTM D-4318 y NTP 339.129:1999

Límite plástico

Se define como el contenido de humedad en el que el suelo se agrita al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro (Das B. , 2012).

- Designación de la prueba ASTM D-4318 y NTP 339.129:1999

La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo se define como índice de plasticidad (IP) y se obtienes con la fórmula 1.1 (Das B. , 2012).

$$IP = LL - LP \quad (1.1)$$

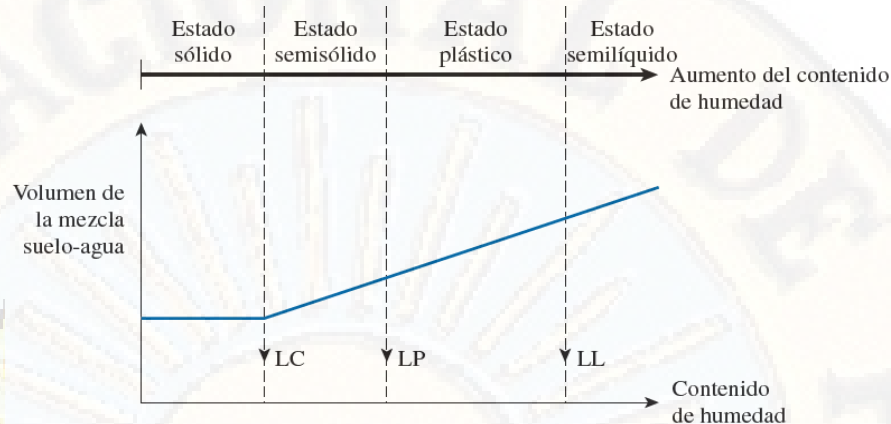


Figura 8: Definición de los límites de atterberg.

Fuente: (Das B. , 2012)

2.2.4.3. Contenido de humedad

Es la relación expresada como porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo al peso de las partículas sólidas (Crespo, 2004).

- Designación de la prueba ASTM D-2216 y NTP 339.127:1998

Para obtener los parámetros de resistencia al cortante se pueden realizar ensayos de resistencia, de laboratorio o de campo. Se pueden utilizar correlaciones empíricas a partir de ensayos indirectos u otras propiedades de los suelos. Los ensayos de laboratorio más comunes son los ensayos de Compresión triaxial y de corte directo. Estos se deben realizar según el procedimiento de las Normas ASTM D-2850 y ASTM D-3080, respectivamente, sin embargo para la investigación solo detallaremos el ensayo triaxial (Suarez, 2009).

2.2.4.4. Ensayo triaxial

- **Objetivo**

Determinar el Ángulo de Rozamiento Interno y la Cohesión del suelo, que permitan establecer su Resistencia al Corte, aplicando a las probetas esfuerzos verticales y laterales que tratan de reproducir los esfuerzos a los que está sometido el suelo en condiciones naturales (Guadalupe, 2015).

- **Descripción del ensayo**

La prueba de ensayo triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante (Valerio, 2011).

En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo es revestido con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. La parte superior e inferior de la muestra tiene discos porosos, los cuales se conectan al sistema de drenaje para saturar o drenar el espécimen. En estas pruebas se pueden variar las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre el espécimen de suelo, efectuando mediciones sobre sus características mecánicas en forma completa. Los especímenes usualmente están sujetos a presiones laterales de un líquido, generalmente agua (Valerio, 2011).

El agua de la cámara puede adquirir cualquier presión deseada por la acción de un compresor comunicado con ella. La carga axial se transmite al espécimen por medio de un vástago que atraviesa la parte superior de la cámara (Valerio, 2011).

La presión que se ejerce con el agua que llena la cámara es hidrostática y produce, por lo tanto, esfuerzos principales sobre el espécimen, iguales en todas las direcciones, tanto lateral como axialmente. En las bases del espécimen actuará además de la presión del agua, el efecto transmitido por el vástago de la cámara desde el exterior (Valerio, 2011).

Es usual llamar σ_1 , σ_2 y σ_3 a los esfuerzos principales mayor, intermedio y mínimo, respectivamente. En una prueba de compresión, la presión axial siempre es el esfuerzo principal mayor, σ_1 ; los esfuerzos intermedios y menor son iguales ($\sigma_2 = \sigma_3$) y son iguales a la presión lateral (Valerio, 2011).

En algunos países, el ensayo triaxial es el más utilizado especialmente, por la posibilidad de modelar las condiciones de drenaje y la medición de presión de poros en suelos saturados (Rosales, 2007).

En la figura 9 se muestra un diagrama esquemático de la configuración de la prueba triaxial (Das B. , 2012).

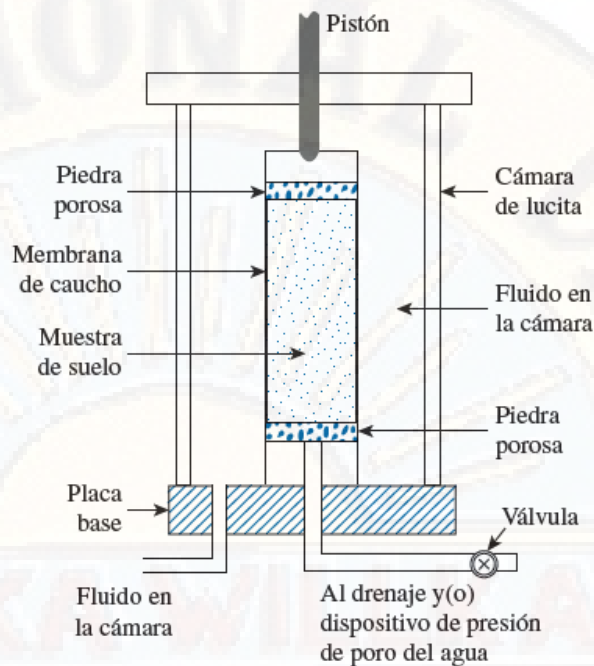


Figura 9: Diagrama esquemático de la configuración del equipo de la prueba triaxial.

Fuente: (Das B. , 2012)

Por lo general, se realizan para el ensayo 3 pruebas con presiones laterales diferentes y los datos obtenidos se grafican generando 3 círculos de Mohr que representan los esfuerzos de la falla de cada muestra y luego se traza una línea tangente que representa la envolvente de falla la cual determina los parámetros del suelo. Obedeciendo al tipo de suelo y las condiciones en que este trabajara, los tipos de ensayo serán Consolidado no Drenado (CU), no Consolidado no Drenado (UU) o Consolidado Drenado (CD) (Cometa & Mendez, 2016).

- **Tipos de ensayo**

Ensayo consolidado drenado -Prueba lenta (CD)

La característica fundamental de la prueba es que los esfuerzos aplicados al espécimen son efectivos. En primer lugar, se aplica al suelo una presión hidrostática, manteniendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y dejando transcurrir el tiempo necesario para que haya consolidación

completa bajo la presión actuante. Cuando el equilibrio estático interno se haya restablecido, todas las fuerzas exteriores estarán actuando sobre la fase sólida del suelo, es decir, producen esfuerzos efectivos, en tanto que los esfuerzos neutrales en el agua corresponden a la condición hidrostática. La muestra se lleva a la falla a continuación aplicando la carga axial en pequeños incrementos, cada uno de los cuales se mantiene el tiempo necesario para que la presión en el agua, en exceso de la hidrostática, se reduzca a cero (Valerio, 2011).

Los ensayos consolidados drenados se utilizan esencialmente en suelos granulares (arenas), sin embargo, se puede aplicar en suelos finos, pero los ensayos requieren tiempos prolongados del orden de semanas (Valerio, 2011).

Ensayo Consolidado no drenado- Prueba rápida (CU)

Este ensayo se lleva a cabo después de que la muestra se haya consolidado con la válvula de drenaje abierta bajo una presión de cámara constante. Para esto se necesita un aparato que no indique en que momento ha terminado el cambio de volumen de la muestra y han desaparecido los poros indicando que la consolidación ha terminado (Cometa & Mendez, 2016).

Cuando se ha completado la fase de consolidación se cierra las válvulas y se le aplica esfuerzo a la muestra hasta que falle (Cometa & Mendez, 2016).

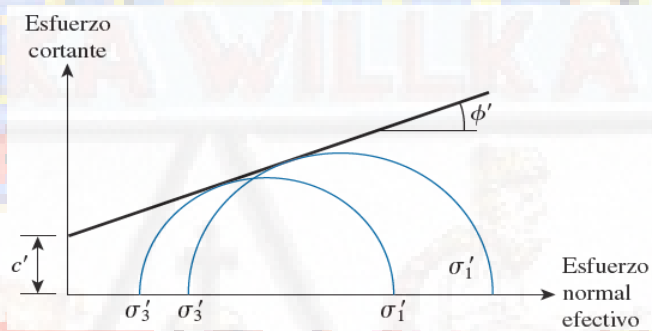
El ensayo CU (consolidado-no drenado) se realiza generalmente con medición de la presión de poros o neutra con el fin de determinar los parámetros de " C " y " ϕ " en términos de esfuerzos totales y esfuerzos efectivos (Valerio, 2011).

Ensayo No consolidado - No drenado -Prueba rápido (UU)

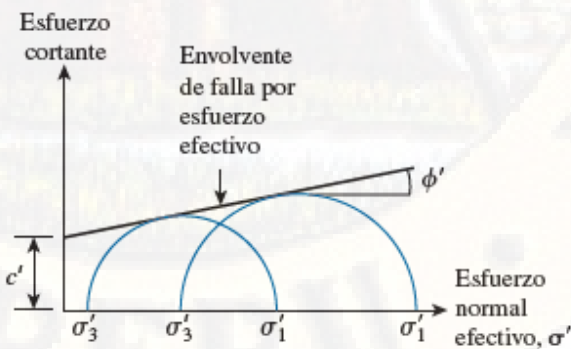
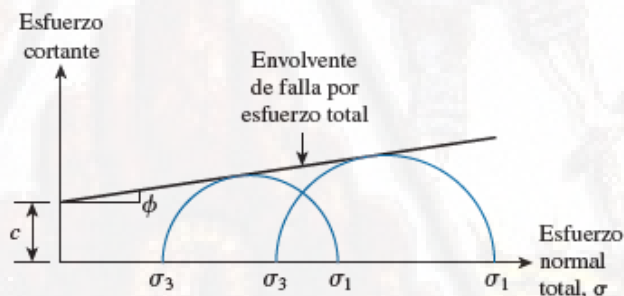
En este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa la consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar, se aplica al espécimen una presión hidrostática y de inmediato, se falla el suelo con la

aplicación rápida de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien (Valerio, 2011).

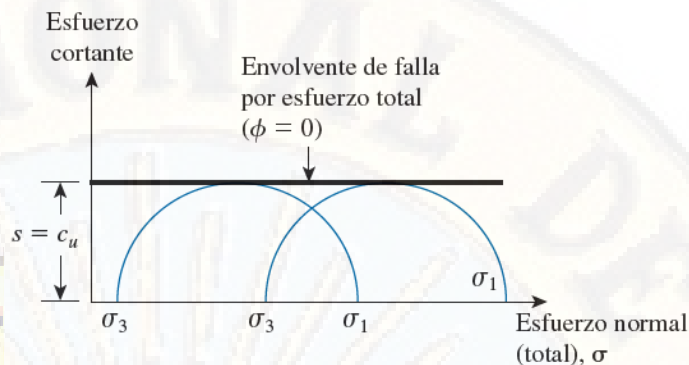
El ensayo UU es usualmente llevado a cabo sobre especímenes de arcilla, enmarcando la realización del ensayo dentro del concepto de resistencia para suelos cohesivos saturados, en donde se expresan los resultados en términos de esfuerzos totales. La envolvente de falla para los criterios de Mohr del esfuerzo total se convierte en una línea horizontal, con una condición de $\phi = 0^\circ$ (ángulo de fricción) y $\tau_f = C_u$, siendo C_u la resistencia al cortante no drenada, la cual es igual al radio de los círculos de Mohr (Valerio, 2011).



a) Prueba consolidada drenada



b) Prueba consolidada no drenada



c) Prueba no consolidada no drenada

Figura 10: Representación gráfica de las envolventes de falla en tipos de ensayo triaxial.

Fuente: (Das B. , 2012)

- **Variables del ensayo triaxial**

Los resultados obtenidos del ensayo triaxial dependen de forma como se realice el ensayo y del equipo disponible, los cuales se mencionan a continuación:

- La envolvente de falla con el ángulo de fricción y la cohesión máxima.
- La respuesta de presión de poros al corte en el (ensayo no drenado).
- La respuesta de cambio de volumen al corte (ensayo drenado).
- Módulos tangente y secante inicial o los correspondientes de descarga y recarga.
- Las características de consolidación.
- La permeabilidad a diferentes presiones de confinamiento

- **Componentes del equipo triaxial-Laboratorio de mecánica de suelos- Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica (EPICH)**

Con el fin de realizar los diversos ensayos triaxiales, un equipo triaxial completo requiere diferentes elementos que lleven a cabo la adquisición de datos, aplicación de carga, medición de cambios de volumen, saturación de especímenes, entre otras funciones. A continuación se caracterizan de forma breve cada uno de ellos y la función que cumplen (Valerio, 2011).

Panel de control triaxial

El panel de control es fácil de operar con un sistema de paneles para su uso en pruebas triaxiales y de permeabilidad. (ELE INTERNATIONAL, 2011)

El operador tiene el control completo de las medidas de presión y flujo durante las pruebas mediante tres reguladores de presión independientes - uno para la presión de confinado o de celda; otro para presión de poro inferior y otro para presión superior o contrapresión. La función de interconexión, permite al operador ajustar rápidamente la presión de sistemas de probetas múltiples con un solo regulador, ver Fotografía 1 (ELE INTERNATIONAL, 2011).



Fotografía 1: Panel de control

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelo-EPICH

Prensa triaxial o Marco de carga digital

Incorpora la última tecnología en microprocesadores, es capaz de aplicar cargas de ensayo de hasta 50 kN (11,200 lbf.), a cualquier velocidad de ensayo dentro de la gama desde 9,99999 mm. (0,399999 pulg.) hasta la velocidad extremadamente baja de 0,00001 mm. (0,000001 pulg.) por minuto (ELE INTERNATIONAL, 2011).

Funciona sin vibración independientemente de la velocidad de ensayo seleccionada. Todas las funciones del marco de carga - incluyendo la

selección de la velocidad, la carga y descarga, el acercamiento rápido y retorno, así como la selección de modos adicionales para fijar los puntos de datos o para la conexión a computadoras situadas a distancia - se llevan a cabo fácilmente gracias a la nueva pantalla LCD y teclado numérico del bastidor, ver fotografía 2 (ELE INTERNATIONAL, 2011).

Celda triaxial

Las celdas triaxiales de ELE están diseñadas para cubrir los requisitos de laboratorios modernos de suelo. Se utilizan tres varillas de fijación de liberación rápida para conectar el cilindro y cabeza a la base.

Cada celda tiene cinco aberturas básicas, dos para la contrapresión del drenaje superior, dos para el drenaje/presión de poros y uno para la presión de confinamiento. Se suministran con el equipo estándar dos válvulas de cambio no volumétrico y un yunque para el indicador de transductores de esfuerzo, ver fotografía 3 (ELE INTERNATIONAL, 2011).



Fotografía 2: Prensa triaxial

*Fuente: Laboratorio de
mecánica de suelo-EPICH*



Fotografía 3: Celda triaxial

*Fuente: Laboratorio de
mecánica de suelo-EPICH*

DataSystem7

DataSystem7 es un sistema único diseñado para interconectarse con equipos de pruebas de laboratorio, permitiéndole mayor libertad al técnico para llevar a cabo otras actividades. Proporciona al ingeniero geotécnico una colección de datos automatizados con capacidad de análisis en el laboratorio y la generación automática de reportes con diagramas de los resultados de las pruebas para realizar un reporte (ELE INTERNATIONAL, 2011).

Se puede dividir en tres grupos principales: 1. Programa DataSystem7; paquete de software especialmente diseñado para registrar, analizar y reportar datos de pruebas guiando así al usuario a través de procedimientos de ensayo bajo las normas ASTM / AASHTO, 2. Unidad de Adquisición de Datos Autónoma (ADU); una sofisticada unidad de adquisición de datos con inteligencia interna y capacidad de memoria y 3. La serie Transductores DataSystem7; una gama completa de transductores que vinculan los dispositivos de prueba geotécnica de suelo al ingreso de Datos (ADU) (ELE INTERNATIONAL, 2011).



Fotografía 4: Programa DataSystem7

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelo-EPICH

Transductores

Los transductores se encargan de transformar una señal eléctrica en una magnitud física, la cual, en este caso, es enviada al DataSystem7 para así poder registrar tanto las presiones a las que está sometido el espécimen como las deformaciones que sufre durante los ensayos (Valerio, 2011).

Los transductores de desplazamiento miden desplazamientos en forma precisa. Vienen totalmente preparados con un conector tipo DIN de 5 clavijas para conectarse a la ADU, ver fotografía 4 (ELE INTERNATIONAL, 2011).

Los transductores de presión se utilizan para medir las presiones de poros durante la prueba triaxial, viene totalmente equipado con un bloque de aireador, válvula, conector de enchufe DIN de 5 pines y certificado de calibración, ver fotografía 5 (ELE INTERNATIONAL, 2011).



Fotografía 5: Transductores

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelo-EPICH

Accesorios de Prueba triaxial

- Piedras porosas
- Anillo de sellado
- Drenaje de papel filtro
- Probadores de membrana
- Membrana de caucho
- Molde partido de dos vías
- Molde dividido en dos partes
- Dispositivo de succión de membrana
- Herramientas de colocación O-Ring



Fotografía 6: Accesorios del equipo triaxial

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelo-EPICH

Equipos secundarios

Bomba de vacío: se emplea para llenar el tanque de almacenamiento de agua destilada, así como para eliminar el aire, tanto el del tanque como el que se encuentra disuelto en el agua.

- Compresor: este suministra aire a presión al sistema.
- Tanque de almacenamiento de agua destilada.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

El tipo de espécimen influye significativamente en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales.

2.3.2. Hipótesis Específico

El tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales.

El tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales.

2.4. Definición de términos

2.4.1. Suelo

Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los

residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan (Crespo, 2004, pág. 18).

2.4.2. Suelo cohesivo

Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas (Crespo, 2004, pág. 26).

2.4.3. Suelo no cohesivo

Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava (Crespo, 2004, pág. 26).

2.4.4. Grado de saturación

“Se denomina grado de saturación de un suelo a la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos” (Juárez & Rico, 1973, pág. 28).

2.4.5. Humedad

Se conoce como contenido de agua o humedad de un suelo, la relación entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso de su fase sólida (Juárez & Rico, 1973, pág. 28).

2.4.6. Densidad absoluta

La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos (Crespo, 2004, pág. 42).

2.4.7. Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Es un sistema que cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas (Juárez & Rico, 1973, pág. 112).

2.4.8. Granulometría

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo (Crespo, 2004, pág. 46).

2.4.9. Teoría de Mohr

En Mecánica de Suelos, la Teoría de Mohr con líneas de falla curvas se usa hoy en lo referente a muchos problemas de resistencia al esfuerzo cortante en suelos, tales como los que tratan con suelos plásticos pre consolidados o compactados, pero la Teoría de Coulomb, caso especial de la de Mohr, es suficientemente satisfactoria aún en otros muchos problemas, tales como los que se refieren a muchos suelos arenosos y a los suelos plásticos saturados y normalmente consolidados. Dentro de tales lineamientos se desarrolla la presente obra. Muchos autores prefieren dar a este criterio combinado de falla usado en suelos, el nombre de Teoría de Mohr-Coulomb (Juárez & Rico, 1973, pág. 302).

2.4.10. Plasticidad

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse (Crespo, 2004, pág. 69).

2.4.11. Limite líquido (LL)

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico (Crespo, 2004, pág. 70).

2.4.12. Limite plástico (PL)

El límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro se desmorona. El limite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo (Das, 2001, pág. 29).

2.4.13. Índice de plasticidad

El índice de plasticidad (PI) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo (Das, 2001, pág. 29).

2.4.14. Cohesión

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación, mientras

que en la física este término se utiliza para representar la tensión (Suarez, 2009, pág. 82).

2.4.15. Ángulo de fricción interna

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento (Suarez, 2009, pág. 81).

Rosales (2007) manifiesta que “el ángulo de fricción Interna es la representación matemática del coeficiente de rozamiento en el plano de falla, el cual es un concepto básico de la física: Coeficiente de rozamiento = $\tan \Phi$ ” (pág. 2).

2.4.16. Espécimen inalterado.

Son de dos tipos: Muestra inalterada en bloque (Mib) y muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit) cuyas normas aplicables son NTP 339.151:2001 y NTP 339.169:2002 respectivamente; RNE (2006), indica que “Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención)” (pág. 12).

2.4.17. Espécimen alterado

Son de dos tipos: Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab) y muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah) cuyas normas aplicables son NTP 339.151:2001 y NTP 339.151:2001 respectivamente; Rosales (2007) definió que: “Son porciones de suelo que no guardan las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde proceden” (pág. 16).

2.4.18. Ensayo triaxial

Valerio (2011) definió “La prueba de ensayo triaxial es el uno de los métodos más confiables para obtener los parámetros de la resistencia al cortante” (pág. 15)

2.4.19. Círculo de Morh

Según (Suarez, 2009) definió:

En un análisis en dos dimensiones, los esfuerzos en un punto pueden ser representados por un elemento infinitamente pequeño sometido a los

esfuerzos σ_x , σ_y , y τ_{xy} . Si estos esfuerzos se dibujan en unas coordenadas τ - σ , se puede trazar el círculo de Esfuerzos de Mohr. En este círculo se definen los valores de $\sigma_{\text{máximo}}$ (σ_1) y $\sigma_{\text{mínimo}}$ (σ_3), conocidos como esfuerzos principales (pág. 85).

2.4.20. ASTM: Siglas que corresponden a la entidad AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (Sociedad americana para pruebas y materiales).

2.4.21. NTP: Siglas que corresponden a la Norma Técnica Peruana.

2.1. Identificación de Variables

2.1.1. Variable Independiente

Tipo de espécimen

2.1.2. Variable dependiente

Parámetros de resistencia

2.2. Definición operativa de variables e indicadores

Tabla 1: Definición operativa de variables e indicadores

	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Tipo de espécimen	Especimen inalterado	Contenido de humedad in situ (%)	Nominal
			Densidad in situ (gr/cm ³)	
		Especimen alterado	Contenido de humedad (%)	
			Densidad (gr/cm ³)	
DEPENDIENTE	Parámetros de resistencia	Cohesión	Ensayo Triaxial UU (ASTM D 2850-95)	Ordinal
		Ángulo de fricción interna	Ensayo Triaxial UU (ASTM D 2850-95)	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. **Ámbito de estudio**

El estudio se realizó en la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH), Sector Paturpampa de la ciudad de Huancavelica.

Para la obtención de las muestras, se excavaron calicatas e identificadas de trincheras, estas se encuentran distribuidas de la siguiente manera; 03 calicatas a espaldas de la Facultad de Obstetricia y 02 trincheras a espaldas de la nueva infraestructura de la Facultad de Educación, las cuales se detallan en la Tabla 2 y la Figura 11.

Los ensayos realizados, para la obtención de las propiedades físicas y mecánicas se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica de la UNH.

Tabla 2: *Coordenadas UTM de calicatas y trincheras.*

Calicata o trinchera	Coordenadas UTM	Localización
C-1	E:0504374, N:8587512	A espaldas de la Facultad de Obstetricia.
C-2	E:0504370, N:8587468	
C-3	E:0504446, N:8587460	
T-1	E:0504565, N:8587487	A espaldas de la nueva infraestructura de la Facultad de Educación.
T-2	E:0504529, N:8587506	



Figura 11: Croquis de puntos de exploración a cielo abierto.

3.2. Tipo y nivel de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

La presente investigación corresponderá al tipo aplicada, debido a que busca poner en práctica los conocimientos teóricos de la Geotecnia y la Mecánica de suelos.

Según lo planteado por Sanchez y Reyes, (1996), es “Llamada también constructiva, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven”.

3.2.2. Nivel de investigación

Corresponde al nivel explicativo; cuyo propósito va más allá de la descripción y “Están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010, p.84).

3.3. Método de Investigación

3.3.1. Método general

En esta investigación se ha utilizado el método científico como método general. Respecto a este método, Ruíz (2007) explica:

El método científico es el procedimiento planteado que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, para desentrañar sus conexiones internas y externas, para generalizar y profundizar los conocimientos así adquiridos, para llegar a demostrarlos con rigor racional y para comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación (p. 6).

3.3.2. Método específico

El método de investigación es experimental porque de acuerdo a un plan previo se organizará para proceder con la investigación de las posibles causas-efecto, según Sánchez y Reyes, (1996).

3.4. Diseño de Investigación

Ha sido una investigación experimental, de tipo explicativa, según, Hernández et al. (2010), dice que es un diseño experimental porque se refiere a un estudio “en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador” (p.121).

El diseño es cuasi experimental porque manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes. En los diseños cuasi experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento (Hernández et al. 2010).

Para tal sentido, nos basamos en el siguiente esquema:

GE	X	0 ₁
GC	-	0 ₂

Dónde:

GE Grupo experimental (especímenes alteradas)

GC	Grupo control (especímenes inalterados)
0_1 y 0_2	Posprueba (medición de los parámetros de resistencia los suelos ϕ y c)
X	Condición experimental de la variable dependiente.
-	Ausencia de la condición experimental.

3.5. Población, Muestra, Muestreo

3.5.1. Población

Según Portillo y Roque (2003), la población “es un conjunto de elementos, finito o infinito, definido por una o más características de todos los elementos que lo componen” (p. 45).

Arias (2012), por su lado, explica así: “La población accesible: también denominada población muestreada, es la porción finita de la población objetiva a la que realmente se tiene acceso y de la cual se extrae una muestra representativa” (p.82).

La presente investigación tuvo como población 3 calicatas y 2 trincheras, ubicados en la ciudad universitaria de la UNH-Hvca.

3.5.2. Muestra

Portillo y Roque (2003), afirman que “la muestra es un subconjunto de las unidades de observación, comprendidas en un marco, que es representativo de esta, y que se somete a la observación rigurosa, con el propósito de obtener informaciones o apreciaciones válidas también para la población” (p.46).

Si la población, por el número de unidades que la integran, resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra. En consecuencia, se podrá investigar u obtener datos de toda la población objetivo (Arias, 2012).

En la presente investigación se tuvo acceso al total de la población que corresponde a las 3 calicatas y 2 trincheras, ubicados en la ciudad universitaria de la UNH-Hvca.

3.5.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico, intencional. Para (Arias, 2012), el muestreo no probabilístico “es un procedimiento de selección en el que se desconoce la

probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra” (pág. 85).

Así mismo el muestreo es intencional porque “en este caso los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador” (Arias, 2012, p. 85).

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos que se emplearon en la presente investigación fueron:

3.6.1.1. Análisis documental

Según Castillo (2013), “es una operación intelectual que da lugar a un subproducto o documento. El calificativo de intelectual se debe a que el documentalista debe de realizar un proceso de interpretación y análisis de información de los documentos y luego sintetizarlo”.

En el presente trabajo se hizo un análisis de documentos referentes al tema estudiado.

3.6.1.2. La observación no estructurada

Según Arias (2012) “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.69).

En la presente investigación se realizó la observación de características del suelo según estratigrafía en campo y lectura de datos de esfuerzos y deformaciones de los especímenes con el software DataSystem7 del equipo triaxial en el laboratorio.

3.6.1.3. Técnicas indicadas del ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y materiales), NTP (Normas Técnicas Peruanas).

- Contenido de humedad en suelos, basado en la norma ASTM D-2216 y NTP 339.127:1998
- Método de cono de arena in situ, basado en la normativa ASTM D-1556 y NTP 339.143:1999.
- Análisis granulométrico con mallas, basado en la norma ASTM D-422 y NTP 339.128:1999.
- Límites de Atterberg, basado en la norma ASTM D-4318 y NTP 339.129:1999
- Ensayo triaxial, según la norma ASTM D-2850.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

“Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (Arias, 2012, p. 68).

Hernández et al. (2010), por su parte, dice “en toda investigación cuantitativa aplicamos un instrumento para medir las variables contenidas en las hipótesis. Esa medición es efectiva cuando el instrumento de recolección de datos en realidad representa a las variables que tenemos en mente” (p. 200).

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación fueron:

3.6.2.1. Instrumentos de la observación

- Libreta de campo y/o cuaderno de datos.
- Fichas técnicas de observación y control de laboratorio.
- Fichas de ensayo.
- Fichas de resúmenes textuales, comentarios bibliográficos, etc.
- Cámara fotográfica.

3.6.2.2. Medios electrónicos, son mecanismos, instalaciones, equipamiento o sistema que permite producir, almacenar o transmitir documentos, datos e informaciones, incluyendo cualquier red de comunicación abierta o

restringida, los medios electrónicos que se utilizaron en la presente investigación fueron los siguientes:

- Equipo triaxial y accesorios, para obtener las propiedades mecánicas del suelo.
- Balanza electrónica calibrada.
- Horno
- Aparato casa grande
- Vibrador de tamices
- Computadoras
- Gps
- Softwares de ingeniería

3.6.2.3. Medios no electrónicos

- Cono de arena.
- Vernier.
- Tuberías de PVC de 4".
- Herramientas manuales.
- Bolsas de polietileno.
- Flexómetro.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para la elaboración y procesamiento de datos se utilizaron los modelos tabulares numéricos y gráficos, además el uso de los softwares aplicativos como el MS Excel 2010, RocData v. 4.0 y Spss v 25.

3.7.1. Estadísticos Descriptivos

Para el procesamiento de datos se hará mediante el uso de la estadística descriptiva empleando: porcentajes, medias aritméticas, mediana, coeficiente de variación y desviación estándar.

3.7.2. Estadísticos Inferenciales

Se utilizó para contrastar las hipótesis. Toda vez que la estadística inferencial es una parte de la estadística que comprende los métodos y procedimientos que por medio de la inducción determina propiedades de una población estadística, a partir de una muestra de la misma.

Se trabajó con el ANOVA de un factor (Análisis de varianza) con DCA (Diseño Completamente Aleatorio) con la prueba “F” de Fisher para medir la homogeneidad de los grupos con las fases que implica su proceso, con un 5% de nivel de significancia.

3.7.3. Presentación de Datos

Para la presentación de datos se hará a través de:

- Estadísticas descriptivas para cada una de las variables.
- Frecuencias y porcentajes.
- Se utilizará tablas, histogramas de frecuencias, gráficos de líneas, interpretados estadísticamente que permitan visualizar los resultados del proyecto.
- Cuadros comparativos para visualizar la incidencia de la variable independiente sobre la dependiente de acuerdo a normas establecidas.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

La presentación de los resultados de la presente investigación contará de 3 etapas lo cual se detalla en el siguiente esquema como se muestra en la Figura 12.

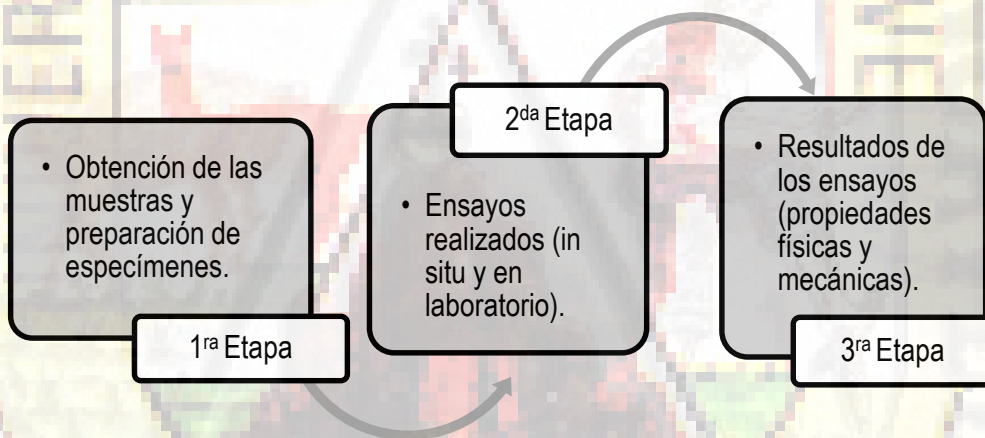


Figura 12: Esquema de etapas de presentación de resultados

En la primera etapa se describió las características de los puntos de exploración, la metodología para obtener las muestras y la preparación de los especímenes alteradas e inalteradas.

Segunda etapa se describió los procedimientos, materiales y equipos utilizados según normativa para la realización de los ensayos in situ y en laboratorio los cuales son: Método de cono de área y contenido de humedad, límites de atterberg, análisis granulométrico, ensayo triaxial respectivamente.

En la tercera etapa se describió los resultados de los ensayos realizados, descripción visual de los suelos estudiados y sus propiedades físicas.

Así mismos se hace referencia a las propiedades mecánicas de los especímenes entre ellas el ángulo de fricción interna y cohesión obtenidos con el software RocData a partir de los datos de esfuerzo mayor y menor obtenidos de los ensayos triaxiales.

4.1.1. Obtención de muestras

Para el presente estudio se excavaron 3 calicatas denominados (C-1, C-2 y C-3) e identificaron dos trincheras denominados (T-1 y T-2) de las cuales se obtuvieron muestras inalteradas y alteradas, las cuales se recolectaron en lugares estratégicos con la finalidad de que el material fuera lo más homogéneo en el área de estudio para evitar distorsión en los resultados debido a la heterogeneidad de las muestras.

Las excavaciones de las calicatas o pozos y trincheras nos permitieron la toma de muestras y la realización de ensayos in situ y laboratorio, realizadas según la NTP 339.162:2001. Para la investigación se excavaron a diferentes profundidades como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3: Profundidades de excavación de calicatas y trincheras

Descripción	Profundidad (m)
C-1	0.00 – 1.20
C-2	0.00 – 1.60
C-3	0.00 – 1.70
T-1	0.00 – 5.50
T-2	0.00 – 3.10



Fotografía 7: Excavación de calicatas.



Fotografía 8: Identificación de trincheras

4.1.1.1. Obtención de Muestras Inalteradas

Las muestras inalteradas se extrajeron con tubos bipartidos de PVC SAP ϕ 4" de 25 cm de largo, a partir de estas se obtuvieron 3 especímenes como mínimo por calicata o trinchera para realizar los ensayos triaxiales, con las precauciones necesarias para mantener sus propiedades físicas y mecánicas en su estado natural.

Así mismo las muestras para los ensayos de granulometría y límites de atterberg se extrajeron a granel en bolsas de plástico, según la normativa NTP 339.151:2001.



Fotografía 9: Obtención de muestras con tubos bipartidos de PVC SAP ϕ 4".

4.1.1.2. Obtención de Muestras Alteradas

Las muestras alteradas para realizar los ensayos triaxiales en especímenes alterados o compactados, granulometría y límites de atterberg se extrajeron a granel en bolsas de plástico conservando sus propiedades naturales, según la normativa NTP 339.151:2001.

4.1.2. Ensayos realizados

Los ensayos in situ y en laboratorio que se realizaron para obtener las propiedades físicas y mecánicas de los materiales en estudio fueron realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de Huancavelica siguiendo los procedimientos según normativa ASTM y/o NTP, los cuales se detallan a continuación:

4.1.2.1. Ensayos In situ

4.1.2.1.1. Método de Cono de arena

El ensayo de cono de arena se realizó para determinar la densidad in situ en condición natural de las diferentes calicatas y trincheras, siguiendo los procedimientos que indica la normativa NTP 339.143:1999 y ASTM 1556.

Materiales y equipos

- Arena calibrada ($\rho = 1.31 \text{ g/cm}^3$)
- Cono de arena
- Balanza
- Cíncel y comba

Procedimiento del ensayo

Nivelar la superficie donde se realizará el ensayo y colocar la placa base, seguidamente con el apoyo del cincel excavar una altura equivalente al diámetro de la abertura de la placa base.



Fotografía 10: Nivelación del área donde se realizara el ensayo y excavación de la abertura de la placa base.

Colocar todo el suelo excavado en una bolsa la cual debe ser sellada para conservar su humedad del suelo y evitar posibles pérdidas del material.

Colocar el cono de arena invertido con contenido de arena calibrada en laboratorio en el agujero y dejar que la arena fluya del envase al agujero y al cono hasta que el agujero y el cono que estén llenos.



(a)

(b)

(c)

Fotografía 11: (a) Colocado de muestra excavado en bolsa y sellado.

(b) Se muestra cono invertido en el agujero dejando fluir la arena. (c) Se observa la arena en el agujero y cono.

Finalmente pesar el suelo extraído del agujero, así mismo el peso del cono y de la arena restante en el envase.

Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos para las densidades in situ se muestran a continuación cuyo proceso de cálculo se detalla en los anexos (ver anexos N°3).

Tabla 4: Densidad húmeda in situ de las calicatas y trincheras

Descripción	Densidad de campo
C-1	1.93 g/cm ³
C-2	2.05 g/cm ³
C-3	2.13 g/cm ³
T-1	2.14 g/cm ³
T-2	2.05 g/cm ³

4.1.2.2. Ensayos en Laboratorio

4.1.2.2.1. Contenido de Humedad

El contenido de humedad de las muestras de suelo nos ayudara a determinar la cantidad de agua que contienen las muestras, posteriormente para calcular la densidad seca de los especímenes como dato de ingreso para el ensayo triaxial, la cual se determinara siguiendo los procedimientos de la normativa ASTM D-2216 y NTP 339.127:1998

Materiales y Equipos

- Muestras de suelo
- Balanza electrónica
- Horno
- Taras

Procedimiento del ensayo

Se elige una muestra representativa de la calicata, se pesa en taras de peso conocido cinco de estas y se lleva al horno durante 24 horas a una temperatura de 100 °C, finalmente se pesa las muestras secas.



Fotografía 12: Registro de peso de la muestra en taras de pesos conocidos.



Fotografía 13: Secado de la muestra en horno a 100°C

Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos para los contenidos de humedad se muestran en la tabla 5, cuyo proceso de cálculo se detalla en los anexos (ver anexos N°3).

Tabla 5: *Contenido de humedad de las calicatas y trincheras*

Descripción	Contenido de humedad (%)
C-1	21.42
C-2	16.09
C-3	17.79
T-1	17.38
T-2	15.12

4.1.2.2.2. Análisis Granulométrico

Este ensayo se realizó para la clasificación SUCS de las muestras de suelos de los diferentes puntos de exploración, siguiendo procedimientos dados en las normativas ASTM D-422 y NTP 339.128:1999.

Materiales y Equipos

- Juego de Tamices
- Recipiente
- Aparato agitador
- Balanza
- Brocha de pelo delgado
- Bandeja
- Horno

Procedimiento del ensayo

Se elige material representativo de la calicata y secar a la intemperie, luego en una bandeja se cuartea la muestra tomando muestras opuestas y se pesa 3kg.



Fotografía 14: Cuarteo de la muestra seca y pesaje en recipiente de peso conocido.

Luego saturar durante 24 horas, lavar el material fino por el tamiz N°200 y secar en horno para su tamizado.



Fotografía 15: Saturado de la muestra y lavado en tamiz n°200

Se prepara la serie de tamices, se hecha la muestra en estas y se tamiza mecánicamente con el aparato agitador durante 5 minutos, luego se pesa las muestras retenidas en cada tamiz para realizar la curva característica.



Fotografía 16: Tamizado de la muestra y pesaje del peso retenido en cada tamiz.

Resultados obtenidos

Tabla 6: Distribución granulométrica-% que pasa en los diferentes tamices

Tamiz	C-1	C-2	C-3	T-1	T-2
	% que pasa	% que pasa	% que pasa	% que pasa	% que pasa
N° 4	97.70	100.00	93.34	92.71	98.35
N° 10	95.68	98.88	88.56	89.59	98.49
N° 40	90.73	83.52	78.17	84.38	94.41
N° 200	68.42	28.52	55.95	58.04	74.50

4.1.2.2.3. Límite Líquido

Materiales y Equipos

- Copa de casa grande electrónico
- Ranurador
- Balanza
- Horno
- Tamiz N°40

- Recipientes
- Espátula

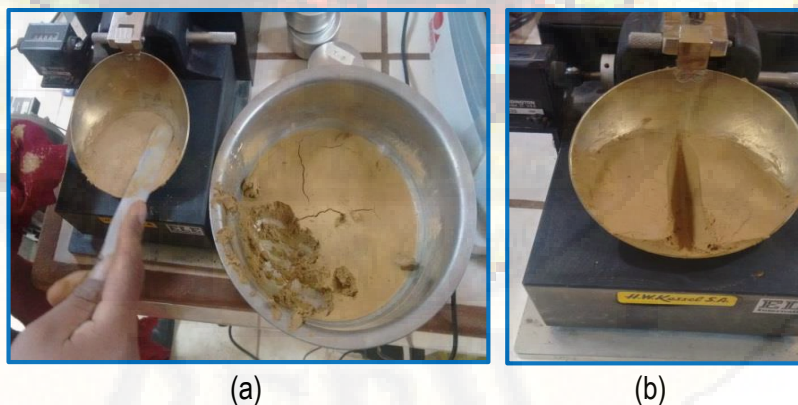
Procedimiento del ensayo

Se elige un material representativo de la calicata y se hace secar para luego tamizar por el tamiz N° 40 (425 μ m) y saturar durante 24 horas una muestra de 200gr.



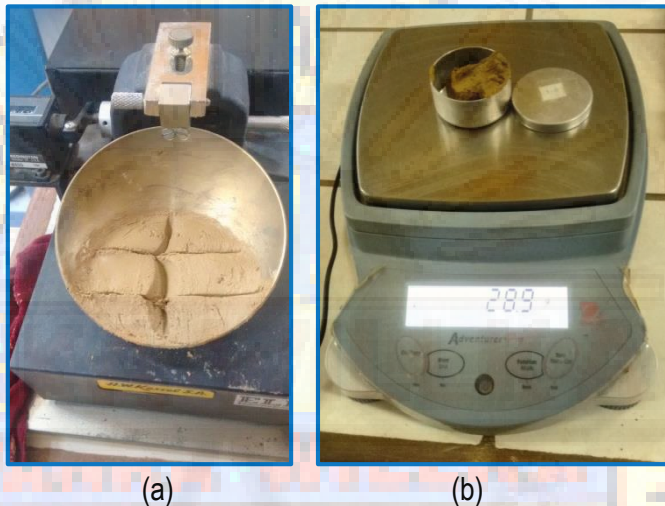
Fotografía 17: (a) Tamizado de muestra por la tamiz n°40, (b) Pesado de muestra y (c) Saturado de la muestra.

Una vez preparado la muestra, se coloca una parte de este en la cazuela, se comprime y se extiende sobre la misma, para luego hacer la ranura de arriba hacia abajo con el ranurador lo más uniforme posible y se acciona la cazuela a una razón de 2 golpes por segundo, hasta que el talud de la ranura se cierre a lo largo de 13mm.



Fotografía 18: (a) Colocado de la muestra en la cazuela y (b) Muestra ranurada.

Luego se extrae la muestra de la cazuela; y se coloca en un recipiente de masa conocida, se pesa la muestra en la balanza para luego llevarla al horno por 24 horas, realizar otros 2 ensayos más y es necesario que los datos de los golpes estén comprendidos en los siguientes intervalos 15-25, 20-30 y 25-35.



Fotografía 19: (a) Extracción de muestra de la cazuela y (b) Pesaje de muestra en tara de peso conocido.

Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos para el límite líquido se muestran en la tabla 7, cuyo proceso de cálculo se detalla en los anexos (ver anexos N°3).

Tabla 7: Límite líquido en calicatas y trincheras

Descripción	Límite líquido (%)
C-1	34.21
C-2	16.68
C-3	24.96
T-1	24.22
T-2	31.69

4.1.2.2.4. Límite Plástico

Materiales y Equipos

- Placa de vidrio esmerilado

- Balanza
- Horno
- Tamiz
- Recipientes

Procedimiento del ensayo

Se toma una porción de 1.5 a 2 g de la muestra preparado del límite líquido y se hace rodar esta porción de muestra entre la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio esmerilado, aplicando una presión constante hasta formar rollos de diámetro uniforme de 3.2 mm, hasta que se produzca un agrietamiento y desmoronamiento del mismo y se coloca en un recipiente de masa conocida, para luego registrar el peso de la muestra y llevarla al horno por 24 horas.



(a)

(b)

Fotografía 20: (a) Realizando rollos de suelo y (b) Pesaje de muestra en tara de peso conocido.

Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos para el límite plástico se muestran en la tabla 8, cuyo proceso de cálculo se detalla en los anexos (ver anexos N°3).

Tabla 8: Límite plástico en calicatas y trincheras

Descripción	Límite Plástico (%)
C-1	25.50
C-2	15.52
C-3	20.78

T-1	16.67
T-2	19.38

4.1.2.2.5. Ensayo triaxial

Luego de tener la clasificación de los suelos se prepararon los especímenes inalterados y especímenes alterados.

Posteriormente se llevaron a cabo los ensayos triaxiales para poder determinar los esfuerzos principales máximos y mínimos (ASTM D-2850).

Preparación de los especímenes inalteradas

Los especímenes inalteradas se prepararon a partir de muestras inalteradas obtenidas con tubos bipartidos de diámetro 4", las cuales fueron preservadas y transportados como se define para muestras de los grupo C o D en la Norma D-4220, se partieron longitudinalmente los tubos y cortados los alambres de unión cuidadosamente, se procedió al tallado de tres especímenes cilíndricos a dimensiones requeridas por el equipo triaxial en la relación que la altura es el doble del diámetros (diámetro=7.00 cm y altura=14.00 cm), tomando en consideración que el manipuleo de estas sea cuidadosamente para minimizar la alteración, los cambios en la sección transversal o la pérdida en el contenido de humedad.

Para la ejecución del ensayo se registró las medidas de los tres especímenes cilíndricos compactados tales como: diámetro superior, diámetro medio, diámetro inferior y altura, así mismo la masa del espécimen, seguidamente con el probador de membranas se comprobó el estado de la membrana de caucho para colocar la membrana de caucho en el espécimen, utilizando el dispositivo de succión de membrana, finalmente se colocó papel filtro y la piedra porosa en la parte superior e inferior del espécimen.



Fotografía 21: Tallado de especímenes y registro de mediciones



Fotografía 22: Pesaje del espécimen, prueba de la membrana, colocado de membrana de caucho y papel filtro al espécimen.

Preparación de los especímenes alterados o compactados

Los especímenes serán preparados a partir de muestras a granel utilizando el método de compactación capa a capa sin alterar la humedad de campo, con la densidad del campo obtenido anteriormente con cono de arena, obtenemos la masa de muestra a compactar, para un volumen conocido 558.03 cm^3 ($h=14.50\text{cm}$ $d=7.00\text{cm}$), ajustando el número de capas y número de golpes por capa y compactando con un martillo compactador estándar de 9 lb (4.10 kg), con una caída de 12" (30.50 cm) en un molde bipartido, la parte superior de cada capa debe ser escarificada antes de la adición del material para la próxima capa.

Para la ejecución del ensayo se registró las medidas de los tres especímenes cilíndricos compactados tales como: diámetro superior, diámetro medio,

diámetro inferior y altura, así mismo la masa del espécimen, seguidamente con el probador de membranas se comprobó el estado de la membrana de caucho para colocar la membrana de caucho en el espécimen, utilizando el dispositivo de succión de membrana, finalmente se colocó papel filtro y la piedra porosa en la parte superior e inferior del espécimen.

Los especímenes serán introducidos a la cámara triaxial y ser ensayadas. En la tabla 9 se muestran las características para los especímenes alterados.

Tabla 9: Características de los especímenes alterados

Descripción	Densidad (g/cm ³)	Volumen (cm ³)	Masa calculada (g)	N° capas	N° golpes
C-1	1.93	558.03	1070.85	5	9
C-2	2.05	558.03	1143.95	5	4
C-3	2.13	558.03	1158.46	5	8
T-1	2.14	558.03	1197.89	5	8
T-2	2.05	558.03	1143.95	5	8



Fotografía 23: Compactación del espécimen.



Fotografía 24: Extracción del espécimen del molde bipartido.



Fotografía 25: Moldeado del espécimen compactado.



Fotografía 26: Colocado de la membrana de caucho y papel filtro.

Introducción del espécimen en la cámara del ensayo triaxial

Colocamos y aseguramos el espécimen en la cámara triaxial con ligas de jebe, luego se coloca la celda triaxial apretando los tornillos que sujetan la cámara uniformemente, se inunda el espécimen con agua, evitando la presencia de vacíos y el transductor se coloca en una de las buretas del panel triaxial, se coloca la cámara triaxial en la prensa triaxial y se aplica una presión diferente para cada espécimen ensayado mediante los transductores.

Para iniciar con el ensayo se ingresa los datos (contenido de humedad, diámetro superior, inferior y medio, temperatura y masa seca) del espécimen en el software DataSystem 7, con estas condiciones se realiza el ensayo triaxial; se va registrando los datos de deformación axial (%) y esfuerzos (kPa) con el software. Finalmente, de llegar el espécimen a su máximo esfuerzo, falla y el proceso se detiene. Se libera la presión y se extrae el fluido, luego se extrae el espécimen.



Fotografía 27: Colocado del espécimen a la cámara triaxial.



Fotografía 28: Aseguramos la celda triaxial en la cámara triaxial.



Fotografía 29: Inundado del espécimen con agua.



Fotografía 30: Montaje en la prensa triaxial.



Fotografía 31: Aplicación de la presión respectiva y lectura de datos con el software DataSystem7.



Fotografía 32: Especímenes ensayados y visualización de los modos de falla.

4.1.3. Resultados de los ensayos realizados

4.1.3.1. Descripción de las muestras

Para la obtención de un análisis confiable se realizó un proceso detallado, ordenado y estructurado previamente para que los datos obtenidos nos permitan abstraer valores más confiables.

- **Calicata 1 (C-1)**

En cuanto a la C-1, es un suelo arcilloso con presencia de gravas, de color marrón oscuro, a profundidad de excavación de 1.20 m no se presentó nivel freático, según la clasificación S.U.C.S. es **ML** limo arenoso.

- **Calicata 2 (C-2)**

Para la calicata C-2 es un suelo arenoso con presencia de gravas y finos, de color amarillo claro, a profundidad de excavación de 1.60 m se presentó nivel freático a 0.75 m, según la clasificación S.U.C.S. es **SM** arena limosa.

- **Calicata 3 (C-3)**

Mientras la calicata C-3 es un suelo arcilloso con presencia de gravas, de color amarillo claro, a profundidad de excavación es de 1.70 m no se presentó nivel freático, según la clasificación S.U.C.S. es **SM-SC** arena limosa-arcillosa.

- **Trinchera 1 (T-1)**

Para la trinchera T-1 en cuanto a sus propiedades físicas, es un suelo arcilloso con presencia de gravas, de color marrón oscuro, a pie de talud de 5.50 m, no hay presencia nivel freático y según la clasificación S.U.C.S. es **CL** arcilla fina arenosa.

- **Trinchera 2 (T-2)**

Para la trinchera T-2 en cuanto a sus propiedades físicas, es un suelo arcilloso con presencia de gravas en mínima cantidad, de color marrón oscuro, a pie de talud de 3.10 m, no hay presencia de nivel freático y según la clasificación S.U.C.S. es **CL** arcilla fina arenosa.

4.1.3.2. Propiedades Físicas

- **Calicata 1 (C-1)**

El contenido de humedad es 21.42% y su densidad in situ de 1.93 Tn/m³, así mismo los límites de atterberg son: Límite Líquido de 34.21%, Límite de Plástico de 25.50% y su índice de plasticidad 8.71%.

- **Calicata 2 (C-2)**

El contenido de humedad es 16.09% y su densidad in situ de 2.05 Tn/m³, así mismo los límites de atterberg son: Límite Líquido de 16.68%, Límite de Plástico de 15.52% y su índice de plasticidad 1.17%.

- **Calicata 3 (C-3)**

El contenido de humedad es 17.79% y su densidad in situ de 2.13Tn/m³, así mismo los límites de atterberg son: Límite Líquido de 24.96%, Límite de Plástico de 20.78% y su índice de plasticidad 4.18%.

- **Trinchera 1 (T-1)**

El contenido de humedad es 17.38% y su densidad in situ de 2.14Tn/m³, así mismo los límites de atterberg son: Límite Líquido de 24.22%, Límite de Plástico de 16.67% y su índice de plasticidad 7.55%.

- **Trinchera 2 (T-2)**

El contenido de humedad es 15.12% y su densidad in situ de 2.05Tn/m³, así mismo los límites de atterberg son: Límite Líquido de 31.69%, Límite de Plástico de 19.38% y su índice de plasticidad 11.86%.

Tabla 10 : Propiedades físicas de los materiales en estudio

Propiedades físicas	C-1	C-2	C-3	T-1	T-2
Contenido de					
humedad (%)	21.42	16.09	17.79	17.38	15.12
(NTP-339.127)					
Densidad húmeda In					
situ (g/cm³)	1.93	2.05	2.13	2.14	2.05
(NTP-339.143)					
Granulometría					
(NTP-330.128)	% que	% que	% que	% que	% que
	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
Tamiz N° 4	97.70	100.00	93.34	92.71	98.35
Tamiz N° 10	95.68	98.88	88.56	89.59	98.49
Tamiz N° 40	90.73	83.52	78.17	84.38	94.41
Tamiz N° 200	68.42	28.52	55.95	58.04	74.50
Límites de Atterberg					
(NTP-339.129)					
Límite Líquido (%)	34.21	16.68	24.96	24.22	31.69
Límite Plástico (%)	25.50	15.52	20.78	16.67	19.38
Índice de Plasticidad	8.71	1.17	4.18	7.55	11.86
Clasificación S.U.C.S.					
(NTP-339.134)	ML	SM	SM-SC	CL	CL

4.1.3.3. Propiedades Mecánicas

Para la obtención de los parámetros de resistencia del suelo de manera más confiable y un con mejor ajuste de las envolventes de falla se utilizará el software RocData v 4.0.

4.1.3.3.1. Obtención de los parámetros de resistencia del suelo con RocData v 4.0

RocData es un software para la determinar parámetros de resistencia del suelo y la masa rocosa mediante el análisis de laboratorio, prueba triaxial o prueba de corte.

El programa puede ajustar el criterio de falla lineal de Mohr-Coulomb, y otros tres criterios de falla: criterio de falla no lineal, criterio de falla generalizado de Hoek-Brown, Barton Bandis y el modelo de Power Curve de esfuerzo para poner a prueba los datos.

Esta característica, combinada con una interfaz intuitiva, rápida respuesta a las entradas del usuario, e inmediato trazado de las curvas de esfuerzo, facilita los estudios paramétricos del comportamiento de esfuerzo.

Por las bondades de este software, se utilizó en la investigación para determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo (ángulo de fricción interna- ϕ y cohesión -C), las cuales son variables de estudio.

En la tabla 12 y 13 se muestran los resultados obtenidos de los esfuerzos principales menor y mayor en los ensayos triaxiales para los especímenes inalterados y alterados las cuales serán ingresadas al software RocData y ajustarlos con el criterio de falla lineal de Mohr-Coulomb y obtener los parámetros de resistencia al corte del suelo, cuyos valores se muestran en la tabla 11.

Tabla 11 : *Parámetros de resistencia al corte del suelo, obtenidos con RocData v.4.*

Descripción	Muestra Inalterada		Muestra Alterada	
	Cohesión- C (kPa)	Ángulo de fricción- Ø (°)	Cohesión -C (kPa)	Ángulo de fricción -Ø (°)
C-1	46.46	2.25	23.61	3.84
C-2	5.40	28.85	18.16	11.03
C-3	51.89	5.54	34.40	0.16
T-1	35.33	2.98	26.69	4.11
T-2	52.24	15.36	76.52	1.4

- **Calicata 1 (C-1)**

La cohesión en el espécimen inalterado es de 46.46 kPa y en espécimen alterado de 23.61 kPa, donde obtenemos una variación de 22.85 kPa.

El ángulo de fricción interna en el espécimen inalterado es de 2.25 grados, y en espécimen alterado es de 3.84 grados, donde obtenemos una variación de 1.59 grados.

- **Calicata 2 (C-2)**

La cohesión en el espécimen inalterado es de 5.40 kPa y en espécimen alterado de 18.16 kPa, donde obtenemos una variación de 12.76 kPa.

El ángulo de fricción interna en el espécimen inalterado es de 28.85 grados, y en espécimen alterado es de 11.03 grados, donde obtenemos una variación de 17.82 grados.

- **Calicata 3 (C-3)**

La cohesión en el espécimen inalterado es de 51.89 kPa y en espécimen alterado de 34.40 kPa, con una variación de 17.49 kPa.

El ángulo de fricción interna en el espécimen inalterado es de 5.54 grados, y en espécimen alterado es de 0.16 grados, donde obtenemos una variación de 5.38 grados.

- **Trinchera 1 (T-1)**

La cohesión en el espécimen inalterado es de 35.33 kPa y en espécimen alterado de 26.69 kPa, donde obtenemos una variación de 8.64 kPa.

El ángulo de fricción interna en el espécimen inalterado es de 2.98 grados, y en espécimen alterado es de 4.11 grados, donde obtenemos una variación de 1.13 grados.

- **Trinchera 2 (T-2)**

La cohesión en el espécimen inalterado es de 52.24 kPa y en espécimen alterado de 76.52 kPa, donde obtenemos una variación de 24.28 kPa.

El ángulo de fricción interna en el espécimen inalterado es de 15.36 grados, y en espécimen alterado es de 1.40 grados, donde obtenemos una variación de 13.96 grados.

Para una mejor visualización de los resultados obtenidos se representaron mediante gráficos de barras en la figura 13 y 14.

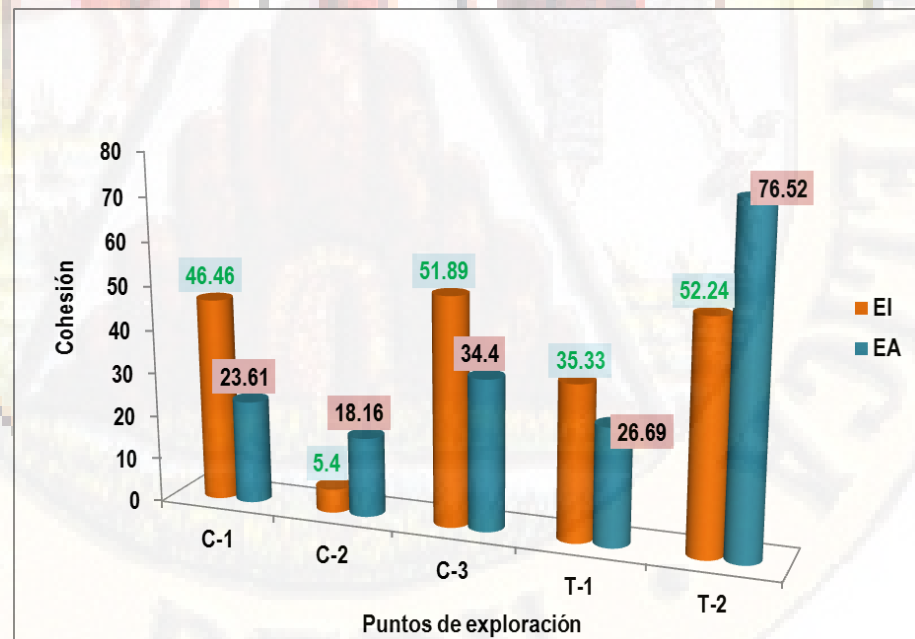


Figura 13: Valores de cohesión en tipos de especímenes.

En la figura 13, se observa que en la C-1, C-3 y T-1 los valores de cohesión en especímenes inalterados son mayores con respecto a especímenes alterados, por otro lado, en la C-2 y T-2 los valores de cohesión en especímenes inalterados son menores con respecto a especímenes alterados.

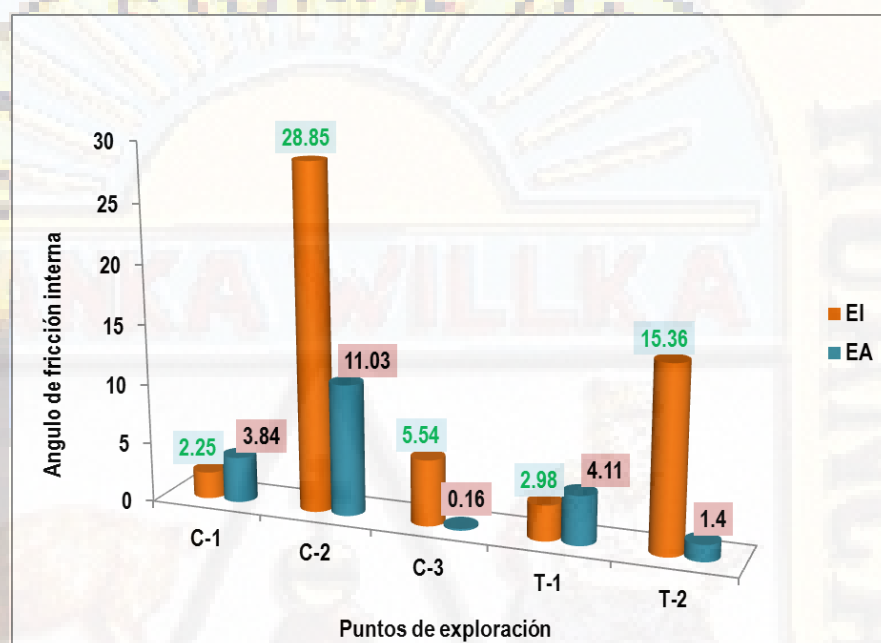


Figura 14: Valores de ángulo de fricción en tipos de especímenes.

En la figura 14, se observa que en la C-2, C-3 y T2 los valores de ángulo de fricción interna en especímenes inalterados son mayores con respecto a especímenes alterados, por otro lado, en C-1 y T-1 los valores de ángulo de fricción en especímenes inalterados son menores con respecto a especímenes alterados.

Estas variaciones tanto en cohesión y ángulo de fricción interna como se muestra en las figuras 13 y 14, son causadas debido al compactar los especímenes alterados en condición natural no se obtienen la misma estructura física del suelo ensayado en condición inalterado. Así mismo el manipuleo al tallar los especímenes inalterados y compactar en laboratorio los especímenes alterados se presentan micro fisuras.

De la misma forma al tratarse de suelos finos en su mayoría, no se determinó el mismo número de golpes al fabricar los especímenes alterados para todos los puntos de exploración y también por la heterogeneidad del suelo.

Tabla 12 : Esfuerzos principales en especímenes inalterados

Descripción	Especímenes Inalterados		
	Esfuerzo principal	Esfuerzo principal	Resistencia a la
	menor	mayor	Compresión
	(kPa)	(kPa)	(kPa)
C-1	49.80	140.50	90.70
	95.90	215.00	119.00
	195.70	303.70	107.90
C-2	49.40	160.30	110.90
	96.20	293.10	197.00
	192.10	568.80	376.70
C-3	48.20	171.50	123.30
	96.00	232.80	136.70
	192.10	346.80	154.70
T-1	48.00	127.70	79.80
	96.30	181.30	85.00
	143.70	233.90	90.20
T-2	46.70	228.50	181.90
	96.60	286.30	189.70
	192.20	476.50	473.50

Tabla 13 : Esfuerzos principales en especímenes alteradas

Descripción	Especímenes Alterados		
	Esfuerzo principal menor	Esfuerzo principal mayor	Resistencia a la Compresión
	(kPa)	(kPa)	(kPa)
C-1	48.50	102.20	53.70
	98.00	170.10	72.10
	147.00	214.80	67.80
C-2	48.50	119.60	71.10
	96.60	178.20	81.60
	144.40	260.90	116.50
C-3	48.20	118.80	70.60
	97.20	164.00	66.80
	144.10	215.30	71.10
T-1	47.80	112.30	64.50
	96.30	169.00	72.70
	144.30	223.70	79.40
T-2	49.40	195.60	146.20
	96.60	277.90	181.30
	192.10	352.10	160.00

4.2. Análisis de datos

4.2.1. Presentación e interpretación de datos:

Se trabajó con dos dimensiones que fueron:

- **COHESIÓN** (Parámetro de resistencia del suelo)
- **ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA** (Parámetro de resistencia del suelo)

Las cuáles serán obtenidos a partir de los ensayos triaxiales de los diferentes tipos de especímenes ensayados.

4.2.1.1. Valoración de Estadísticos Descriptivos

Tabla 14 : Estadísticos descriptivos para la cohesión

Cohesión						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Mínimo	Máximo
El	5	38.26	19.60	8.77	5.40	52.24
EA	5	35.87	23.47	10.49	18.16	76.52
Total	10	37.07	20.42	6.46	5.40	76.52

Interpretación

Se puede apreciar en la tabla 14, que la media en la cohesión en el El es 38.26 kPa y en el EA es 35.87 kPa, resultando una diferencia mínima de 2.39 kPa entre los tipos de especímenes.

Tabla 15 : Estadísticos descriptivos para el ángulo de fricción interna

Ángulo de Fricción Interna						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Mínimo	Máximo
El	5	10.10	11.27	5.04	2.25	28.85
EA	5	4.11	4.21	1.88	0.16	11.03
Total	10	7.55	8.81	2.78	0.16	28.85

Interpretación

Se puede apreciar en la tabla 15 que la media en el ángulo de fricción interna en El es 10.10° y en EA es 4.11°, resultando una diferencia notable de 5.99° entre los tipos de especímenes.

4.2.1.1. Valoración de Datos para la Prueba Estadística

Para realizar la prueba de hipótesis paramétrica los grupos de análisis deben tener una distribución normal, es decir, cumplir con la prueba de normalidad y prueba de homocedasticidad (homogeneidad de varianzas), tanto para los especímenes inalterado y alterado.

- Prueba de Normalidad

Para la Cohesión

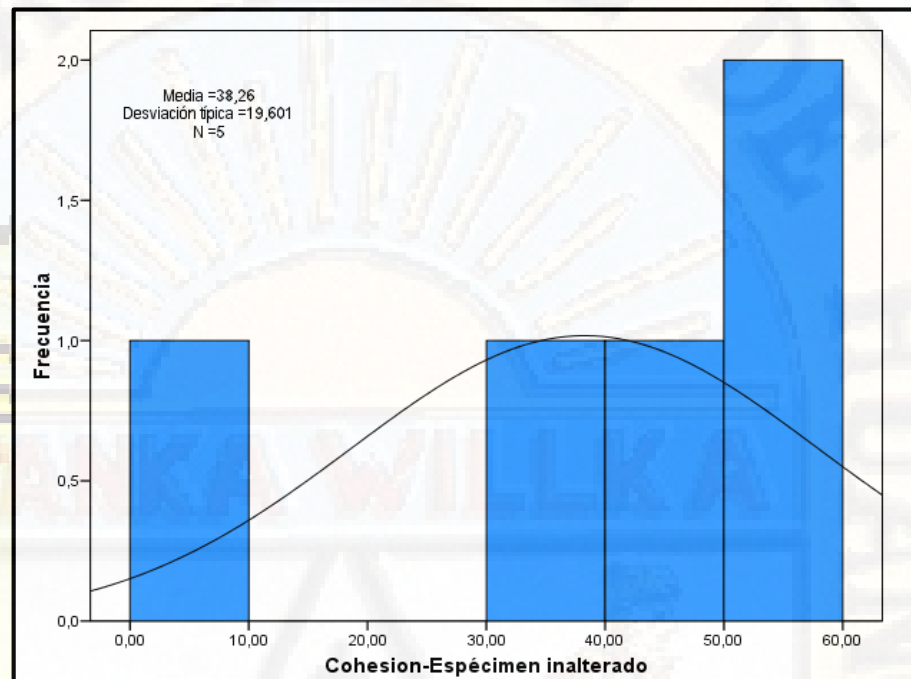


Figura 15: Histogramas de resultados obtenidos para la cohesión en especímenes inalterados (base de datos spss).

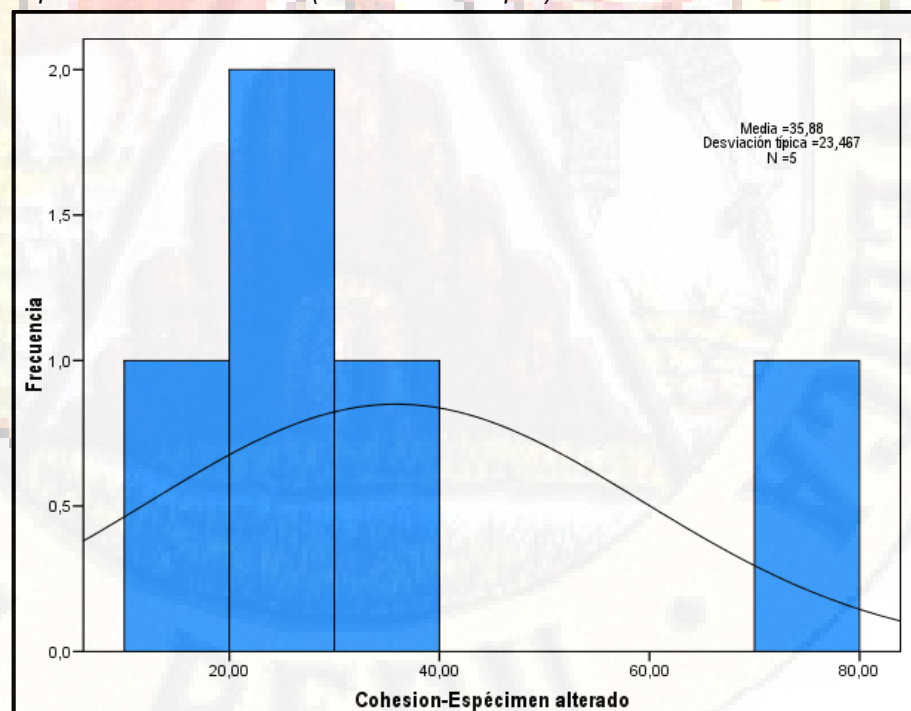


Figura 16: Histogramas de resultados obtenidos para la cohesión en especímenes alterados (base de datos spss).

Tabla 16 : Prueba de normalidad para la cohesión

Prueba de normalidad				
Parámetro de Resistencia de Suelo	Tipo de Espécimen	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
COHESIÓN	EI	0,803	8	,086
	EA	0,778	8	,053

Interpretación

Para la figura 15, los datos presentan una distribución normal de acuerdo a la prueba estadística Shapiro Wilk aplicable para cantidad de datos menores a 30, resultando un grado de significancia de 0.086 siendo mayor al grado de significancia considerado ($\alpha=0.05$).

Así mismo para la figura 16, los datos presentan una distribución normal resultando un grado de significancia de 0.053 que es mayor al grado de significancia considerado ($\alpha=0.05$), concluyendo que los valores para la cohesión se distribuyen de forma normal para los especímenes inalterados y alterados.

Para el Ángulo de Fricción Interna

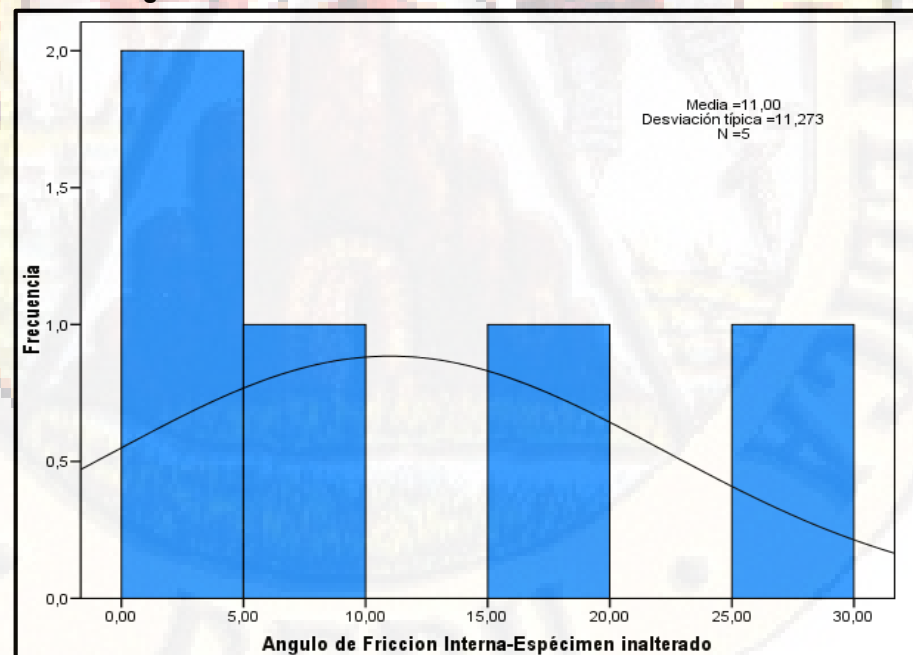


Figura 17: Histogramas de resultados obtenidos para el ángulo de fricción en especímenes inalterados (base de datos spss).

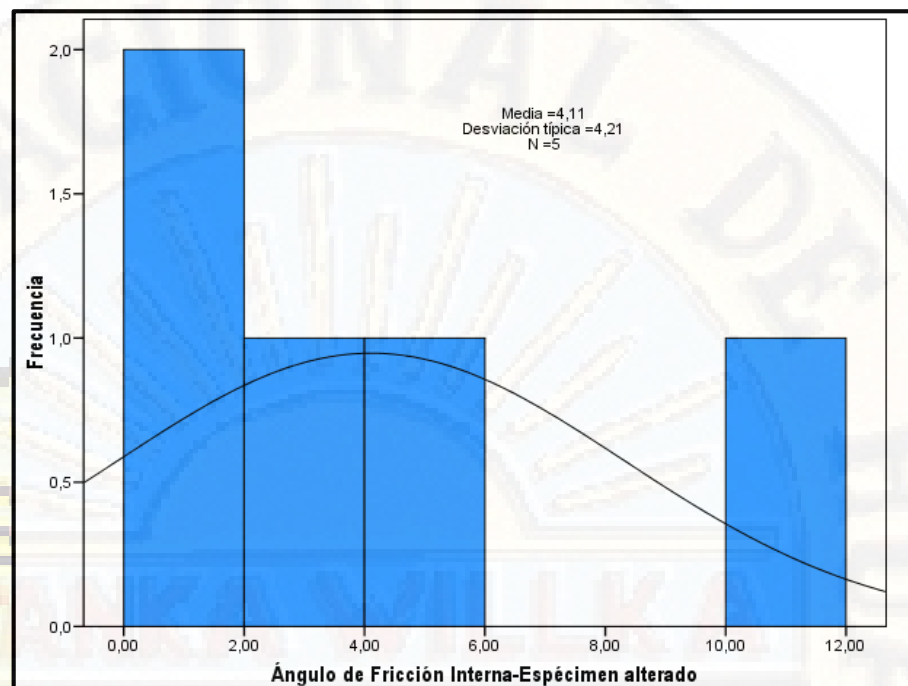


Figura 18: Histogramas de resultados obtenidos para el ángulo de fricción en especímenes alterados (base de datos spss).

Tabla 17 : Prueba de normalidad para el ángulo de fricción interna

Prueba de normalidad				
Parámetro de Resistencia de Suelo	Tipo de Especimen	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	EI	0,840	8	0,166
	EA	0,875	8	0,289

Interpretación

Para la figura 17, los datos presentan una distribución normal de acuerdo al método Shapiro Wilk aplicable para cantidad de datos menores a 30, resultando un grado de significancia de 0.166 que es mayor al grado de significancia considerado ($\alpha=0.05$).

Así mismo para la figura 18, los datos presentan una distribución normal resultando un grado de significancia de 0.289 que es mayor al grado de significancia considerado ($\alpha=0.05$), concluyendo que los valores para la

cohesión se distribuyen de forma normal para los especímenes inalterados y alterados.

- **Prueba de Homocedasticidad**

Para determinar la homocedasticidad se realizó mediante la prueba estadística: Test de Levene. Se procederá a comparar los dos grupos.

Para la Cohesión

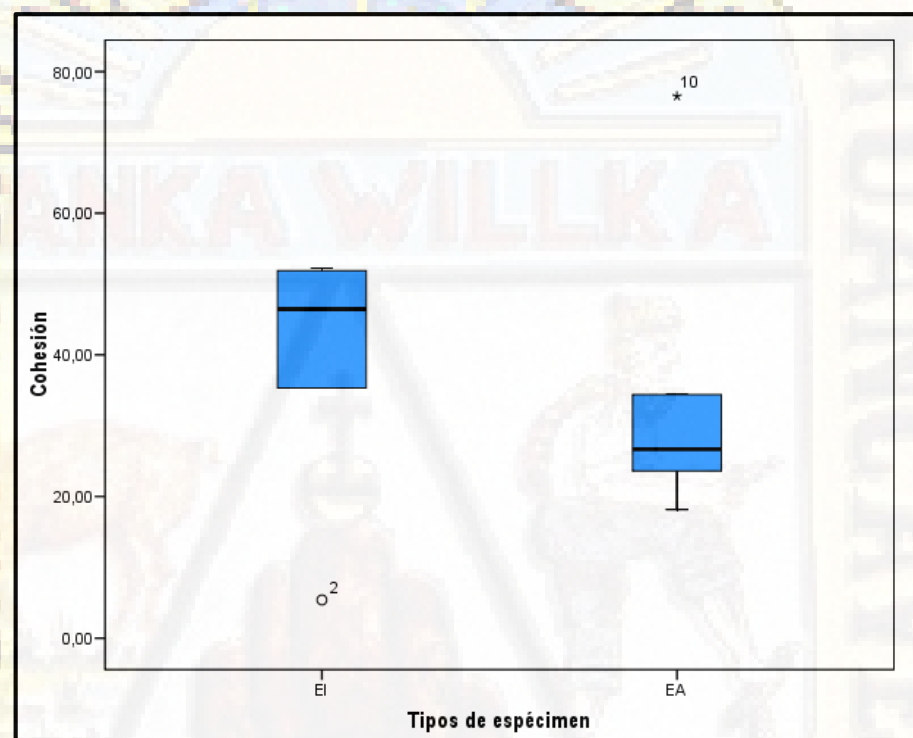


Figura 19: Gráfica de cajas y bigotes Cohesión (base de datos spss).

Interpretación

En la Figura 19, nos muestra que la media y mediana de la cohesión en especímenes inalterados es mayor que en los especímenes alterados, así mismo la variabilidad de los datos de cohesión en especímenes inalterados es mayor que en especímenes alterados. Así mismo podemos afirmar que los datos obtenidos para la cohesión en especímenes inalterados son mucho mayores a los de los especímenes alterados.

Tabla 18 : Prueba de homogeneidad para la cohesión

Prueba de homogeneidad de varianza				
Parámetro de Resistencia	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
COHESIÓN	0,054	1	8	0,822

Interpretación

En la Tabla 18, el grado de significancia para la prueba de Levene es 0.822 siendo mayor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, concluyendo que las varianzas de la cohesión en especímenes inalterados y alterados son homogéneas.

Para el Angulo de Fricción Interna

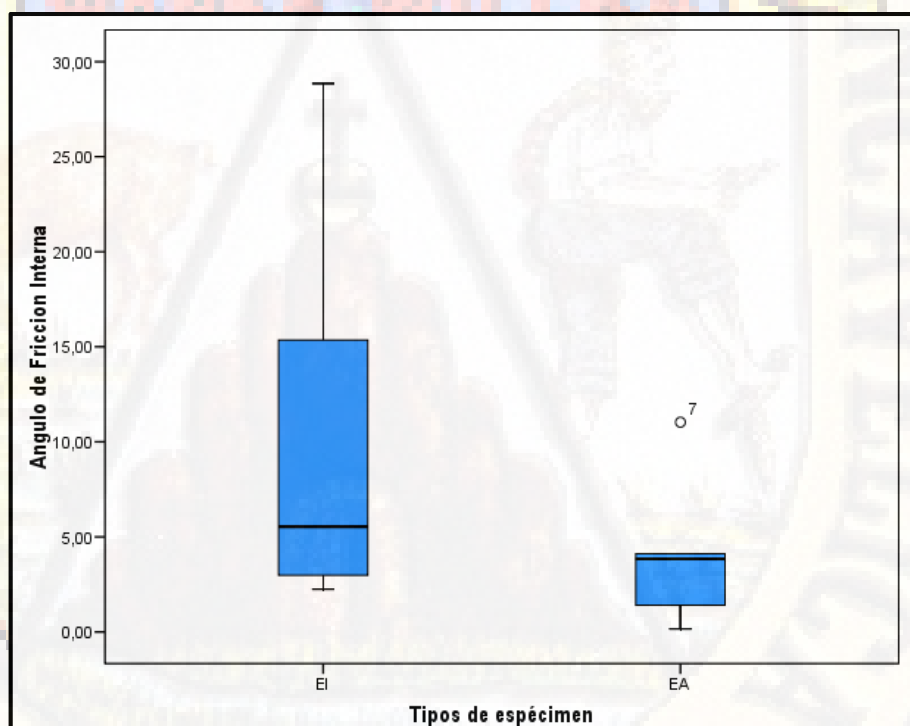


Figura 18: Grafica de cajas y bigotes Ángulo de fricción Interna (base de datos spss).

Interpretación

En la Figura 18, nos muestra que la media y la mediana del ángulo de fricción interna en especímenes inalterados es mucho mayor que en los

especímenes alterados existiendo variación entre las medianas, así mismo la variabilidad de los datos del ángulo de fricción interna en especímenes inalterados es mucho mayor que en especímenes alterados. Así mismo podemos afirmar que los datos obtenidos para el ángulo de fricción interna en especímenes inalterados son mayores a los de los especímenes alterados.

Tabla 19 : Prueba de homogeneidad para el ángulo de fricción interna

Prueba de homogeneidad de varianza				
Parámetro de Resistencia	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
ÁNGULO DE FRICCIÓN	5.128	1	8	0,053

Interpretación

En la Tabla 19, nos indica que el grado de significancia para la prueba de Levene es 0.053 siendo mayor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, concluyendo que las varianzas del ángulo de fricción interna en especímenes inalterados y alterados son homogéneas.

4.2.2. Proceso de la Prueba de hipótesis

El proceso que permite realizar el contraste de hipótesis requiere ciertos procedimientos. Se ha podido verificar los planteamientos de diversos autores y cada uno de ellos con sus respectivas características y peculiaridades. Se conocen dos métodos que llevan a verificar la hipótesis: el método clásico y el método del valor probabilístico o nivel de significación observada ($P\text{-value}=\text{Sig.}$).

El primero se resume a 6 pasos los cuales son: Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema, escoger un nivel de significancia o riesgo α , escoger el estadígrafo de prueba más apropiado, establecer la región crítica, calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño "n" y rechazar la H_0 si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) en el otro caso; es decir estando en este último paso se toma la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula

comparando el valor calculado de la estadística de prueba y su respectivo valor teórico. Sin embargo, en estos días se utiliza métodos más sofisticados para determinar la prueba de hipótesis como son los softwares que nos permite obtener inmediato el valor de significancia para aceptar o rechazar la hipótesis.

En esta investigación se utilizó la estadística inferencial y de particular la ANOVA de un factor para determinar la prueba de hipótesis con las siguientes características.

Nivel de significancia

$\alpha=0,05$ o 5%. Es la probabilidad de cometer un error.

Nivel de confianza

$1-\alpha= 0,95$ o 95%. Probabilidad de que la estimación de un parámetro en una muestra sea el valor real en la población.

Estadístico de prueba

ANOVA con medidas repetidas

4.2.2.1. Proceso de la Prueba de hipótesis para la Cohesión

Hipótesis de investigación

H1. El tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales.

Hipótesis nula

H0. El tipo de espécimen no influye significativamente en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales.

Tabla 20 : Cuadro estadístico inferencial y de particular ANOVA de medidas repetidas ($\text{sig}=5\%$) (Base de datos spss)

Parámetro	Tipo de Especimen		Diferencia entre medias (EI-EA)	Error típ.	Significación
Cohesión	EI	EA	2.388	9.018	0.804
	EA	EI	-2.388	9.018	0.804

Interpretación

- Como el valor de significancia es **0.804** mayor a 0.05, entonces se **acepta la hipótesis nula** y se rechaza la hipótesis de investigación, **pudiendo** concluir que: El tipo de espécimen no influye significativamente en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales.

4.2.2.2. Proceso de la Prueba de hipótesis para el ángulo de fricción interna

Hipótesis de investigación

H1. El tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales.

Hipótesis nula

H0. El tipo de espécimen no influye significativamente en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales.

Tabla 21: Cuadro estadístico inferencial y de particular ANOVA de medidas repetidas (sig=5%)(base de datos spss)

Parámetro	Tipo de Especimen		Diferencia entre medias (EI-EA)	Error típ.	Significación
Ángulo de Ficción interna	EI	EA	6.888	3.924	0.154
	EA	EI	-6.888	3.924	0.154

Interpretación

- Como el valor de significancia es **0.154** menor a 0.05, entonces se **acepta la hipótesis de nula** y se rechaza la hipótesis de investigación, **pudiendo** concluir que: El tipo de espécimen no influye significativamente en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales.

4.2.3. Contratación de la Prueba de hipótesis

Como menciona Button, y otros, (2013) un estudio con bajo poder estadístico tiene una probabilidad reducida de detectar un efecto verdadero, pero se aprecia menos que el bajo poder también reduce la probabilidad de que un resultado estadísticamente significativo refleje un efecto verdadero

El bajo poder estadístico (debido al bajo tamaño de la muestra de los estudios, los efectos pequeños o ambos) afecta negativamente la probabilidad de que un hallazgo estadísticamente significativo nominal que refleje realmente un efecto verdadero.

Para Quesada & Figuerola, (2010), cuando se plantea un experimento es importante plantear lo siguiente ¿qué tamaño muestral necesito para comprobar mi hipótesis? Otra pregunta también muy recurrente es aquella que se refiere a la fiabilidad de una prueba estadística que ya se ha realizado: ¿me puedo fiar de la “p” que he obtenido? Esta pregunta se hace frecuentemente cuando los resultados de una prueba estadística no son significativos: ¿no lo son porque verdaderamente no hay un efecto, o el problema es que tenemos un tamaño muestral tan reducido que no somos capaces de detectar estadísticamente un efecto que por otro lado podría ser importante?

- **Tipos de error aleatorio en una prueba estadística de contraste de hipótesis.**

Si nos fijamos bien siempre estamos hablando de probabilidades. Por ejemplo, si trabajamos a un nivel de significación $p = 0,05$ y aceptamos H_1 hemos de observar que al menos queda un 5% de probabilidad de que la H_0 sea cierta, por lo que estamos asumiendo un posible error de equivocarnos, es decir de aceptar que ocurre H_1 cuando en realidad lo que ocurre es H_0 . Así pues, cuando hacemos un solo análisis y obtenemos una $p < 0,05$ y aceptamos la H_1 estamos asumiendo un porcentaje de error de tal manera que pueden ocurrir dos cosas:

Que aceptemos H_1 y la verdad sea que H_1 es cierta.

Que aceptemos H_1 pero que verdaderamente ocurra H_0

Este pequeño error que asumimos se denomina **Error de tipo I** y se denota por la letra griega α .

Imaginemos ahora que obtenemos una $p = 0,40$. En este caso aceptaríamos H_0 . Sin embargo, también existe una probabilidad de que en realidad esté ocurriendo H_1 y nuestro estudio sea incapaz de detectar las diferencias entre los dos grupos, debido a un deficiente diseño experimental, por ejemplo, porque tengamos un tamaño muestral muy pequeño. Este posible error se denomina **Error de tipo II** y se denota β .

A cualquier científico le interesaría disminuir, los dos tipos de errores. La potencia de una prueba estadística se calcula como $1-\beta$ y se entiende como la probabilidad de afirmar que la H_1 es verdadera. También se puede entender como la probabilidad de rechazar H_0 cuando de hecho es falsa. El interés de la potencia de una prueba estadística estriba en que los análisis estadísticos más comúnmente usados están diseñados para “controlar” el error de tipo I obviándose tradicionalmente el error de tipo II, por lo que el cálculo de la potencia de una prueba estadística también se puede entender como una medida de confianza del análisis que hemos realizado, principalmente cuando no hemos obtenido un resultado significativo. Así, si disminuimos el error de tipo II estaremos aumentando la potencia de la prueba estadística

- **Potencia de una prueba estadística**

Un concepto algo más elusivo es el de “potencia de la prueba”. La potencia de una prueba de hipótesis en estadística se refiere a la probabilidad de rechazar una hipótesis nula que es falsa; o, dicho de otra forma, representa la probabilidad de aceptar una hipótesis alternativa como verdadera cuando así lo es. En este sentido, la potencia de la prueba refleja la “**sensibilidad**” de un contraste de hipótesis, esto es, su capacidad para detectar diferencias significativas existentes entre los grupos.

La potencia de una prueba de hipótesis depende de tres elementos:

- el α (alpha) o nivel de significación: si se aumenta alpha, también aumenta el valor de la potencia... eso sí, con un mayor riesgo de cometer “falsos positivos”. Por convención, alpha se suele fijar en valores como 0.05 o 0.01, por lo que no vamos a fijarnos ahora en ello, aunque también es un tema que daría para hablar.
- el “tamaño del efecto”, por ejemplo, la magnitud de las diferencias entre grupos, la fuerza de una asociación entre variables, etc. Si mantenemos fijo el nivel de significación y el tamaño de la muestra, a medida que aumenta el tamaño del efecto aumenta también la potencia del contraste. Es decir, que dicho de forma llana y rápida- los efectos de gran tamaño son más fáciles de detectar que los pequeños.
- el tamaño de la muestra: si quedamos fijos los demás elementos (nivel de significación y tamaño del efecto), al aumentar el tamaño de la muestra aumenta también la potencia de la prueba.

4.2.3.1. Análisis de sensibilidad

Para Quesada & Figuerola, (2010), esta es una interesante aplicación del cálculo de poder estadístico. Muchas veces ocurre que no encontramos diferencias significativas y obtenemos una p cercana o no a la significación. Podemos preguntarnos entonces, si esa falta de significación es debida a que efectivamente no existen diferencias o a que existe ruido en nuestros datos y no obtenemos la significación porque tenemos un tamaño muestral muy pequeño. Para ello lo único que es necesario es calcular el tamaño de efecto que podríamos detectar dado nuestro tamaño muestral, con un nivel de significación α y un poder estadístico que consideremos adecuados. Esto nos permite determinar si las diferencias detectables en función de nuestro tamaño muestral son lo suficientemente pequeñas como para descartar que la falta de significación sea debida a problemas con el tamaño muestral.

4.2.4. Análisis de sensibilidad para nuestra investigación

Si bien es cierto en la prueba de hipótesis realizados para nuestros parámetros (Φ , C) se han obtenido valores de $p > 0.05$ pudiendo aceptar las hipótesis nulas, sin embargo, en los datos obtenidos para ambos parámetros se evidencia diferencias notables, que no se obtuvo diferencia significativa en la prueba de hipótesis realizado esto debido a la mínima cantidad de puntos de exploración en los cuales se realizó las pruebas triaxiales para la obtención de estos.

Como ya se mencionó la prueba de potencia o “sensibilidad” depende de tres factores, el tamaño de muestra, el tamaño del efecto y el grado de significancia, para nuestra investigación se calcularán estos factores.

Para la Cohesión y ángulo de fricción interna para nuestra investigación (5 datos por parámetro):

El tamaño del efecto se calculará con la siguiente expresión:

$$d = \frac{u_1 - u_2}{\sigma}$$

Tabla 22: Tamaño de efecto para los parámetros (5 datos)

Parámetro	Tamaño del efecto
Cohesión	0.117 ≈ 11.70%
ángulo de fricción interna	0.68 ≈ 68.00%

Tabla 23: Potencia estadística para los parámetros (5 datos)

Parámetro	Potencia
Cohesión	0.055 ≈ 5.50%
Ángulo de Fricción interna	0.273 ≈ 27.3%

Como se observa en la tabla 22 y 23 la potencia estadística es directamente proporcional a la cantidad de datos y al tamaño del efecto.

En la tabla 23 se muestra potencias estadísticas bajas con una probabilidad de 5.50% y 27.3% de obtener diferencia significancia para cada parámetro respectivamente para nuestra investigación.

Para la Cohesión y ángulo de fricción interna para nuestra investigación (8 datos por parámetro):

Es importante mencionar que los 3 datos adicionales para la prueba de sensibilidad se tomaron de investigaciones ya realizadas en la misma área de estudio.

Tabla 24: *Tamaño de efecto para los parámetros (8 datos)*

Parámetro	Tamaño del efecto
Cohesión	0.38≈38.00%
ángulo de fricción interna	0.937≈93.70%

Tabla 25: *Potencia estadística para los parámetros (8 datos)*

Parámetro	Potencia
Cohesión	0.146≈14.60%
Ángulo de Fricción interna	0.536≈53.60%

Como se observa en la tabla 22 y 24 el tamaño de efecto aumenta con cantidad de datos analizados, para la cohesión de 5 a 8 datos el efecto aumenta de **11.70%** a **38.00%** respectivamente, así mismo para el ángulo de fricción interna aumenta de **68.00%** a **93.70%**, es decir que la diferencia significativa aumenta.

En la tabla 23 y 25 la potencia estadística aumenta con cantidad de datos analizados, para la cohesión de 5 a 8 datos el efecto aumenta de **5.50%** a **14.60%** respectivamente, así mismo para el ángulo de fricción interna aumenta de **27.30%** a **53.70%**, es decir que la diferencia significativa aumenta.

En la prueba de hipótesis realizado líneas arriba se comete el error tipo II al afirmar la hipótesis nula cuando esta es falsa, para ambos

parámetros al tener un pequeño número de datos analizados como ya se demostró en la prueba de potencia, es decir que nuestros datos son sensibles a este factor.

Por lo tanto, para nuestra investigación aceptaremos la **hipótesis alterna** para ambos parámetros.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los objetivos propuestos y los resultados obtenidos en la presente investigación se desprenden las siguientes conclusiones:

1. El tipo de espécimen influye significativamente en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales UU, considerando que todos los especímenes fueron ensayados en condición natural.
2. Se determinó que el tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales UU, con la prueba de sensibilidad de los datos en estudio se afirmó la **hipótesis alterna**. Este análisis evidencia que a mayor tamaño muestral la probabilidad de obtener diferencia significativa aumenta, es decir que las cohesiones obtenidas en los dos tipos de especímenes son sensibles al tamaño muestral.
3. Se determinó que el tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales UU, con la prueba de sensibilidad de los datos en estudio se afirmó la **hipótesis alterna**. Este análisis evidencia que a mayor tamaño muestral la probabilidad de obtener diferencia significativa aumenta, es decir que los ángulos de fricción interna obtenidas en los dos tipos de especímenes son sensibles al tamaño muestral.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con la investigación de los parámetros de resistencia al corte de los suelos en la ciudad de Huancavelica comparando los resultados de ensayos triaxiales CU y CD, realizando mayor cantidad de exploraciones con el fin de obtener una mejor interpretación de datos.
2. Para un mejor análisis de comparación de los resultados en los parámetros de resistencia al corte del suelo, se recomienda realizar mayor cantidad de ensayos y aplicar el esfuerzo a los especímenes en la misma relación (0.5:1:2).
3. Para un mejor ajuste de la envolvente de falla se recomienda la utilización de softwares como RocData u otro que permita obtener los parámetros de resistencia al corte de los suelos con mayor precisión y no un ajuste manual como se realiza en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNH.
4. La operación del equipo triaxial debe ser realizada por personal especialista en el funcionamiento del equipo y con conocimientos de geotecnia para la toma de decisiones en campo e interpretación de los resultados.
5. Es importante extraer muestras inalteradas para obtener los parámetros de corte del suelo más real a la condición natural in situ, para calcular de forma más aproximada posible la resistencia última de una masa de suelo a diferencia de una muestra alterada.
6. Las muestras inalteradas son transportados y manipuladas en laboratorio, se recomienda tener cuidado ya que puede generar microfisuras y alteración en sus propiedades físicas insitu, alterando sus propiedades mecánicas del suelo en estudio.

7. Para suelos con presencia de grava donde no se pueden extraer o preparar muestras inalteradas que en ocasiones se deben realizar los ensayos con el material de la matriz solamente, se recomienda para futuras investigaciones, disponer de equipos especializados que permitan de manera directa obtener los parámetros de resistencia la corte del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). *El proyecto de la investigación, Introducción a la metodología científica* (Sexta ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Bo, C., Hua, L., Ping, Y., Dong, X., & Ping, X. (2010). Triaxial compression test of soil-root composites to evaluate influence of roots on soil shear strength. *Ecological Engineering*, 36, 19-36. doi:10.1016/j.ecoleng.2009.09.005
- Button, K., Ioannidis, J., Mokrysz, C., Nasek, B., Flint, J., Robinson, E., y otros. (2013). Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *10.1038/nrn3475*
- Cometa, S., & Mendez, N. J. (2016). *Correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo triaxial en un suelo arcilloso típico de la zona occidental de Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Córdova, I. (2014). *El informe de investigación cuantitativa*. Lima: San Marcos.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (Quinta ed.). Mexico: Limusa.
- Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Sexta ed.). México: International Thomson Editores.
- Das, B. (2012). *Fundamento de ingeniería de cimentaciones* (Séptima ed.). México: Cengage Learning Editores.
- ELE INTERNATIONAL. (2011). *Equipos para pruebas de materiales de construcción. Séptima*. Chicago: Estados Unidos.
- Flor, A. (2016). *Determinación de ángulo de fricción y cohesión del suelo mediante correlaciones obtenidas en los ensayos de plasticidad, módulo de elasticidad y nspt de suelos de tres sectores de la ciudad de Quito*. Quito, Ecuador.
- Gómez, J. (2010). *Estudio del comportamiento de suelos no saturados en pruebas triaxiales*. Querétaro, México.

- Guadalupe, D. (2015). *Determinación de la resistencia al corte in situ de los suelos en zonas de peligro sísmico*. Sangolquí, Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México: McGraw-Hill.
- Juárez, E., & Rico, A. (1973). *Fundamentos de la mecánica de suelos* (Segunda ed.). Mexico: Limusa.
- Lozano, B., & Parras, L. (2011). A New method for studying clay soils using unaltered soil blocks. *Catena* 87, 101-106. doi:10.1016/j.catena.2011.05.016
- Pachacama, N. (2015). *Caracterización de canchahuas mediante ensayos triaxiales no consolidados-no drenados(uu) y consolidado no drenado(cu), aplicación a la estabilidad de taludes*. Sangolquí, Ecuador.
- Portillo, M., & Roque, E. (2003). *Metodología de la investigación científica* (Primera ed.). (J. Gutemberg, Ed.) Lima.
- Quesada, J., & Figuerola, J. (2010). *Potencia de una prueba estadística: aplicación e interpretación en ecología del comportamiento*. Barcelona.
- RNE. (2006). *Norma técnica de edificaciones E.050 suelos y cimentaciones*. Lima, Perú.
- Rosales, R. (2007). *Variación de la cohesión y el ángulo de fricción interna obtenidos por los ensayos de corte directo y triaxial con materiales granulares y arcillosos*. Guatemala.
- Ruiz, R. (2017). *El método científico y sus etapas*. México.
- Sanchez, H., & Reyes, C. (1996). *Metodología y diseño en la investigación científica* (Quinta ed.). Lima, Perú: Business Support Aneth.
- Suarez, J. (2009). *Análisis Geotécnico*. Colombia: U.I.S. Escuela de filosofía.
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico*. Colombia: U. Industrial de Santander.
- Valerio, O. (2011). *Ensayos triaxiales para suelos. Métodos & Materiales, 1*.

ANEXOS

ANEXO N°1: Panel Fotográfico del proceso de ejecución de la presente Tesis.

ANEXO N°2: Constancia de laboratorio.

ANEXO N°3: Resultados de los ensayos para la caracterización de los suelos.

ANEXO N°4: Resultados de los ensayos triaxiales UU en especímenes inalterados.

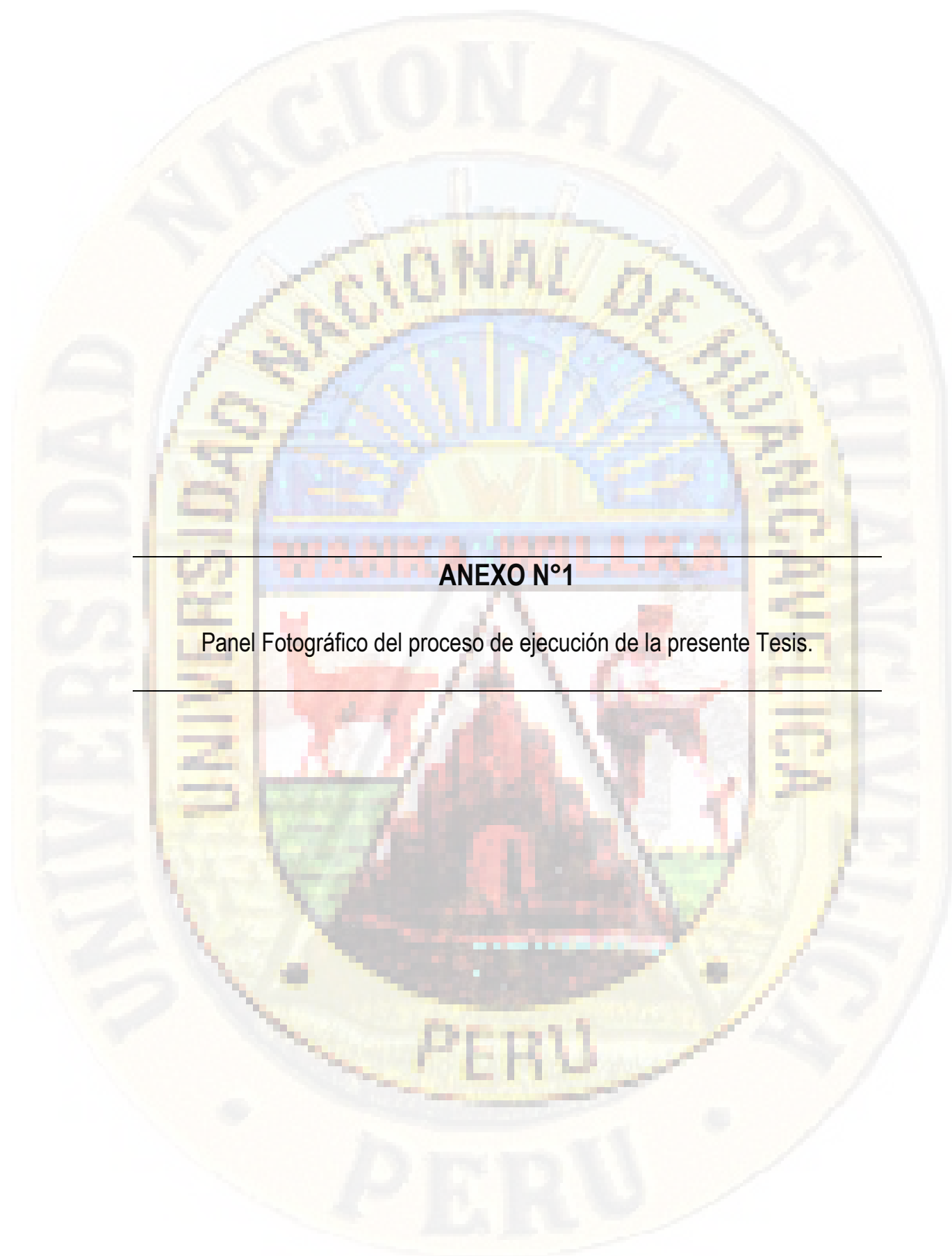
ANEXO N°5: Resultados de los ensayos triaxiales UU en especímenes alterados.

ANEXO N°6: Artículo científico.

ANEXO N°7: Matriz de consistencia.

ANEXO N°8: Tablas, cuadros.

ANEXO N°9: Planos.



ANEXO N°1

Panel Fotográfico del proceso de ejecución de la presente Tesis.



Fotografía A.1. 1. Ubicación y medición de las zonas donde se excavarán las calicatas para la obtención de las muestras.



Fotografía A.1.2. Excavación de calicata N°01, ubicado a espaldas de la Facultad de Obstetricia de la UNH.



Fotografía A.1. 3. Excavación de calicata N°02, ubicado a espaldas de la Facultad de Obstetricia de la UNH.



Fotografía A.1. 4. Excavación de calicata N°03, ubicado a espaldas de la facultad de Obstetricia de la UNH.



Fotografía A.1.5. Vista de trinchera N°01, ubicado a espaldas de la nueva infraestructura de la facultad de educación de la UNH.



Fotografía A.1.6. Vista de trinchera N°02, ubicado a espaldas de la nueva infraestructura de la facultad de educación de la UNH.



Fotografía A.1. 7. Calibración de la arena fina y obtención de su densidad en laboratorio para realiza el ensayo de cono de arena.



Fotografía A.1. 8. Obtención de muestras inalteradas con tubos bipartidos de PVC de 4".



Fotografía A.1. 9. Muestras inalterados en laboratorio.



Fotografía A.1. 10. Se muestra la obtención de muestras alterados a granel



Fotografía A.1. 11. Realización de ensayo de cono de arena en campo con la finalidad de obtener la densidad en campo para la preparación de los especímenes inalterados.



Fotografía A.1.12. Extracción de los especímenes de los tubos bipartidos.



Fotografía A.1.13. Tallados de especímenes con el apoyo del tallador de muestras.



Fotografía A.1.14. Moldeo de los especímenes con el molde a dimensiones requeridas para realizar el ensayo triaxial.





Fotografía A.1.15. Vista de Especímenes inalterados moldeados para ser ensayados con el equipo triaxial.



Fotografía A.1.16. Pesado de muestra alterada para la preparación de Especímenes inalterados.



Fotografía A.1.17. Colocado de muestra inalterada en el molde bipartido.



Fotografía A.1.18. Compactación de los laterales del espécimen inalterado.



Fotografía A.1.19. Compactación de muestra inalterada en el molde bipartido.



Fotografía A.1.20. Vista de Especímenes moldeados alterados para ser ensayados con el equipo triaxial.



Fotografía A.1.21. Extracción del Especímenes inalterados del molde bipartido.



Fotografía A.1.22. Toma de medidas como altura, diámetro y peso a los especímenes que serán datos de entrada para el ensayo triaxial.



Fotografía A.1.23. Se muestra la prueba de la Geomenbrana con la finalidad de evitar presencia de agujeros y evitar daños al equipo durante el ensayo.



Fotografía A.1.24. Se muestra los especímenes con la Geomembrana colocada y papel filtro en ambos lados.



Fotografía A.1.25. Se muestra colocado de la muestra en la cámara triaxial.



Fotografía A.1.26. Se muestra el colocado de la celda triaxial y anclaje.



Fotografía A.1.27. Se muestra llenado del líquido (agua) en la celda triaxial evitando la presencia de burbujas.



Fotografía A.1.28. Se muestra el ingreso de datos en el software D7 y arranque del ensayo hasta que el espécimen falle.



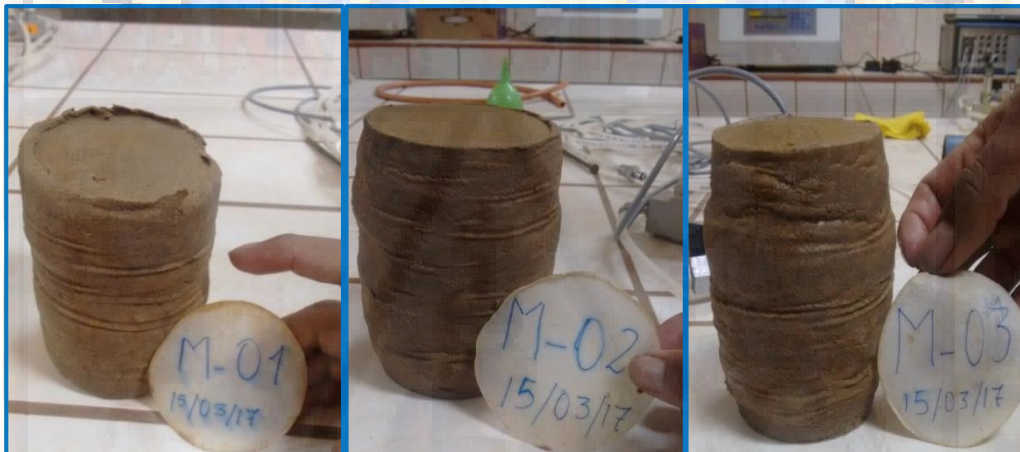
Fotografía A.1.29. Se muestra los modos de falla (Por corte) de los especímenes inalterados ensayados de la calicata 01.



Fotografía A.1.30. Se muestra los modos de falla (Por aplastamiento) de los especímenes alterados ensayados de la calicata 01.



Fotografía A.1.31. Se muestra los modos de falla (Por aplastamiento) de los especímenes inalterados ensayados de la calicata 02.



Fotografía A.1.32. Se muestra los modos de falla (Por aplastamiento) de los especímenes alterados ensayados de la calicata 02.



Fotografía A.1.33. Se muestra los modos de falla (Por corte) de los especímenes inalterados ensayados de la calicata 03.



Fotografía A.1.34. Se muestra los modos de falla (Por aplastamiento) de los especímenes alterados ensayados de la calicata 03.



Fotografía A.1.35. Se muestra los modos de falla (Por corte) de los especímenes inalterados ensayados de la Trinchera 01.



Fotografía A.1.36. Se muestra los modos de falla (Por aplastamiento) de los especímenes alterados ensayados de la Trinchera 01.



Fotografía A.1.37. Se muestra los modos de falla (Por corte) de los especímenes inalterados ensayados de la Trinchera 02.



Fotografía A.1.38. Se muestra los modos de falla (Por aplastamiento) de los especímenes alterados ensayados de la Trinchera 02.



Fotografía A.1.39. Se muestra muestras de suelos en 5 taras pesadas y después secados en horno a 100°C para el cálculo del contenido de humedad.



Fotografía A.1.40. Se muestra el cuarteo de muestra seca, pesado de 3Kg y lavado de limos con el tamiz N°200 con la finalidad de determinar su distribución granulométrica.



Fotografía A.1.41. Se muestra el tamizado de la muestra seca y pesaje del material retenido en cada tamiz.



Fotografía A.1.42. Se muestra 200gr de muestra tamizado por la malla N°40 y una masa de suelo saturada colocada en la copa de Casagrande en forma de cuchara.



Fotografía A.1.43. Se muestra el cálculo del número de golpes que cierra la ranura realizada con ranurador, luego se pesa la muestra y secar en horno a 100°C.



Fotografía A.1.44. Se separa entre 20 a 15 gr de muestra preparado para el límite líquido, se deja perder su humedad hasta una consistencia donde pueda enrollarse en rollitos hasta un diámetro de 3mm.



Fotografía A.1.45. Se toma los rollitos se coloca en una tara tomando su peso y secado en horno para calcular su contenido de humedad.



ANEXO N°2:

Constancia de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAMELICA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

EL JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAMELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: **PEREZ QUISPE Vitaliano y TAIPE SEDANO María Elena**, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo los siguientes ensayos en el Laboratorio de geotecnia I y II de la EPICH:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Ensayo de Contenido de humedad	05
2	Ensayo de densidad in situ	05
3	Ensayo de Análisis granulométrico por tamizado	05
4	Ensayo de Limites de atterberg	05
5	Ensayo de triaxial UU – parámetros para el cálculo de capacidad portante (Angulo de fricción y cohesión)	10

Durante el periodo de ejecución 07 de marzo al 28 de abril del año 2017, del proyecto de tesis: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES".

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para fines que estime por conveniente.

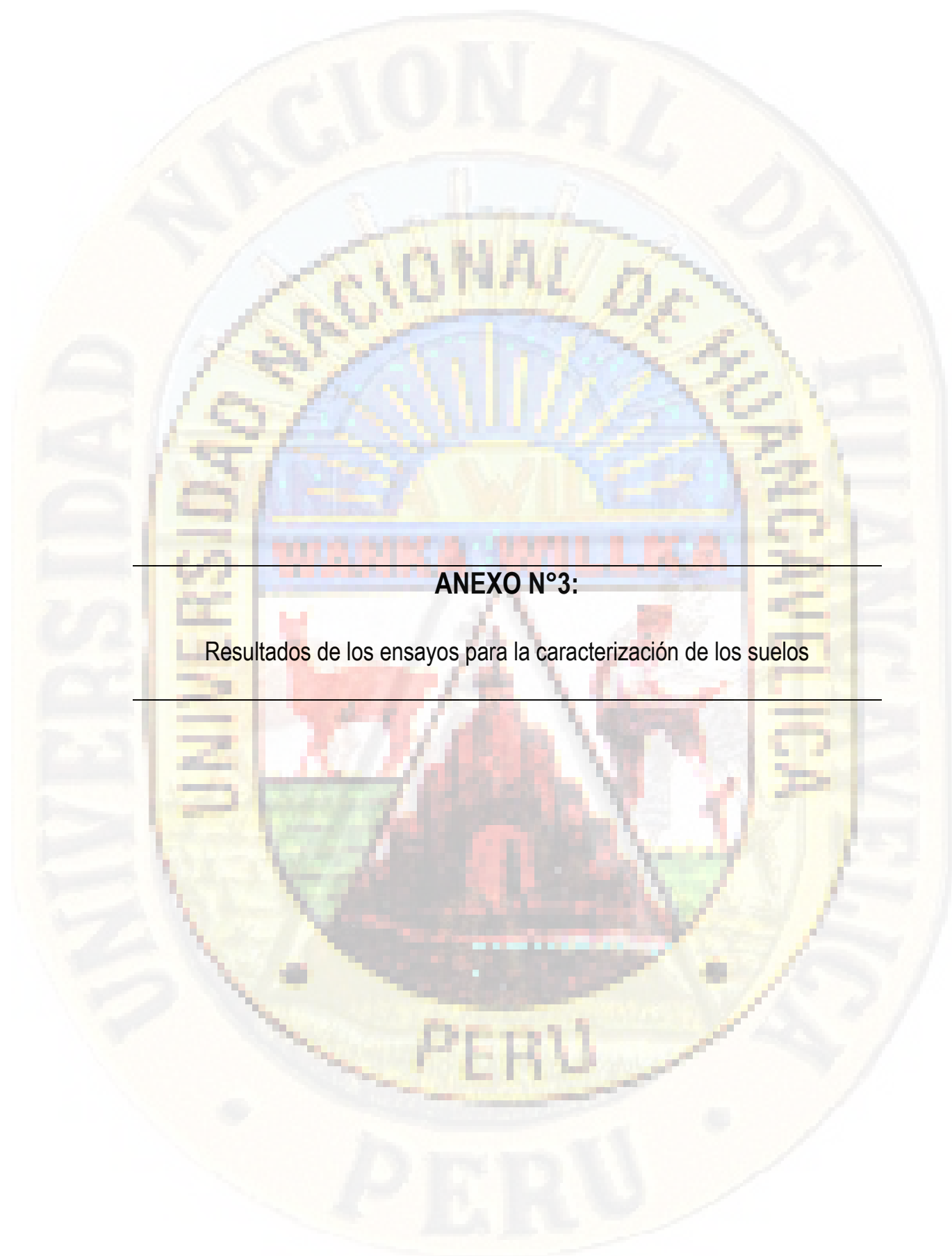
Huancavelica, 04 de diciembre de 2018.

Nº 009-2018

C. C.
Archivo
AP



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH
Ing. Judith. Martinez Quispe
JEFE



ANEXO N°3:

Resultados de los ensayos para la caracterización de los suelos

**ANÁLISIS MÉCANICO OR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504374 -N:8587512-Z:3752
FECHA	: 7/03/17
SONDAJE	: Calicata
MUESTRA	: C-01
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.20 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	956.50

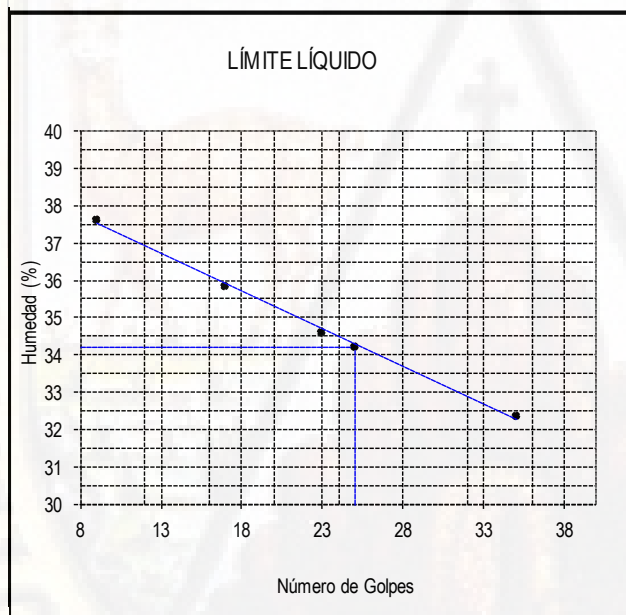
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° Tara	T-04	T-05	T-06
Peso de SH (g)	102.00	95.10	100.40
Peso de SS (g)	83.20	78.80	83.00
Peso del agua (g)	18.80	16.30	17.40
C.Humedad (g)	22.60	20.69	20.96
C. H. Prom. (%)	21.42		

Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	69.00	2.30	2.30	97.70
N° 8	60.50	2.02	4.32	95.68
N° 10	0.00	0.00	4.32	95.68
N° 16	55.90	1.86	6.18	93.82
N° 20	23.18	0.77	6.95	93.05
N° 30	20.86	0.70	7.65	92.35
N° 40	48.66	1.62	9.27	90.73
N° 50	0.00	0.00	9.27	90.73
N° 60	213.90	7.13	16.40	83.60
N° 80	0.00	0.00	16.40	83.60
N° 100	243.70	8.12	24.52	75.48
N° 200	211.60	7.05	31.58	68.42
Fondo	9.20			
Finos	2052.70			

**LÍMITES DE ATTERBERG
(ASTM D-4318)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504374 -N:8587512-Z:3752
FECHA	: 7/03/17
SONDAJE	: Calicata
MUESTRA	: C-01
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.20 m

Muestra	C-01							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	9	17	23	35	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06	T-07	T-08
Peso suelo húmedo (g)	31.10	32.60	28.40	31.50	6.20	6.80	10.20	6.80
Peso suelo seco (g)	22.60	24.00	21.10	23.80	4.90	5.40	8.10	5.50
Humedad %	37.61	35.83	34.60	32.35	26.53	25.93	25.93	23.64
Límites	34.21				25.50			



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	34.21
Límite Plástico	25.50
Índice Plástico	8.71

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipei Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504374 -N:8587512-Z:3752
FECHA	: 7/03/17

Sondaje	Calicata	
Muestra	C-01	
Profundidad (m)	0.00 - 1.20 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	ML
Descripción:	ML - Sandy silt
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	5.40
Límite Líquido (LL) (%)	34.21
Límite Plástico (LP) (%)	25.50
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	8.71

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	2.30	Gruesa	0.00
		Fina	2.30
% ARENA	29.28	Gruesa	2.02
		Media	4.95
% FINOS	68.42	Fina	22.31
			68.42

CURVA GRANULOMÉTRICA



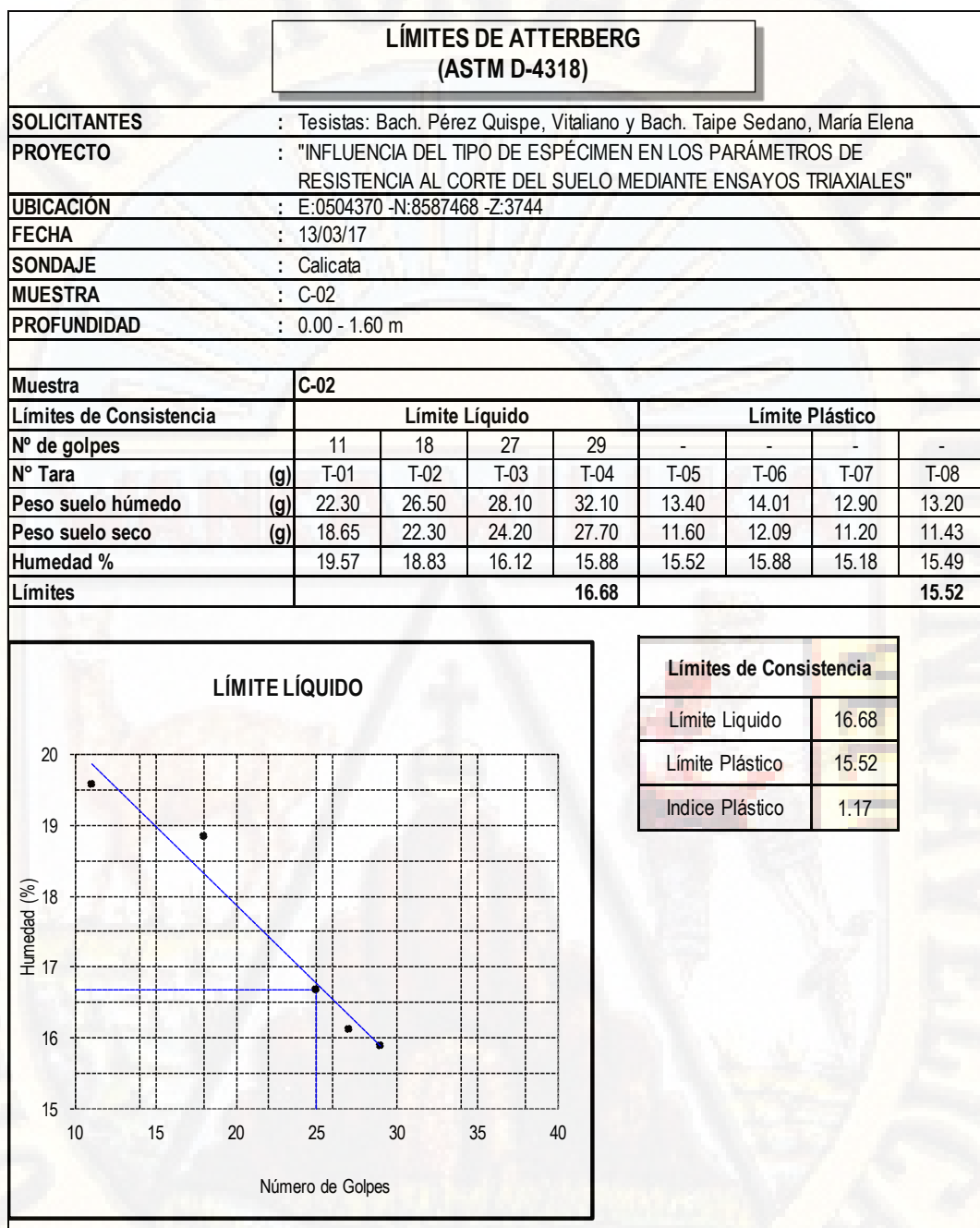
**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504370 -N:8587468 -Z:3744
FECHA	: 13/03/17
SONDAJE	: Calicata
MUESTRA	: C-02
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.60 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	2173.10

CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° Tara	T-04	T-05	T-06
Peso de SH (g)	77.60	113.60	123.50
Peso de SS (g)	67.20	97.70	106.00
Peso del agua (g)	10.40	15.90	17.50
C.Humedad (g)	15.48	16.27	16.51
C. H. Prom. (%)	16.09		

Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	0.70	0.02	0.02	99.98
N° 10	2.76	0.09	0.12	99.88
N° 16	4.14	0.14	0.25	99.75
N° 20	97.36	3.25	3.50	96.50
N° 30	146.04	4.87	8.37	91.63
N° 40	243.40	8.11	16.48	83.52
N° 50	569.58	18.99	35.47	64.53
N° 60	379.72	12.66	48.12	51.88
N° 80	331.16	11.04	59.16	40.84
N° 100	155.84	5.19	64.36	35.64
N° 200	213.70	7.12	71.48	28.52
Fondo	28.70			
Finos	855.60			



ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504370 -N:8587468 -Z:3744
FECHA	: 13/03/17

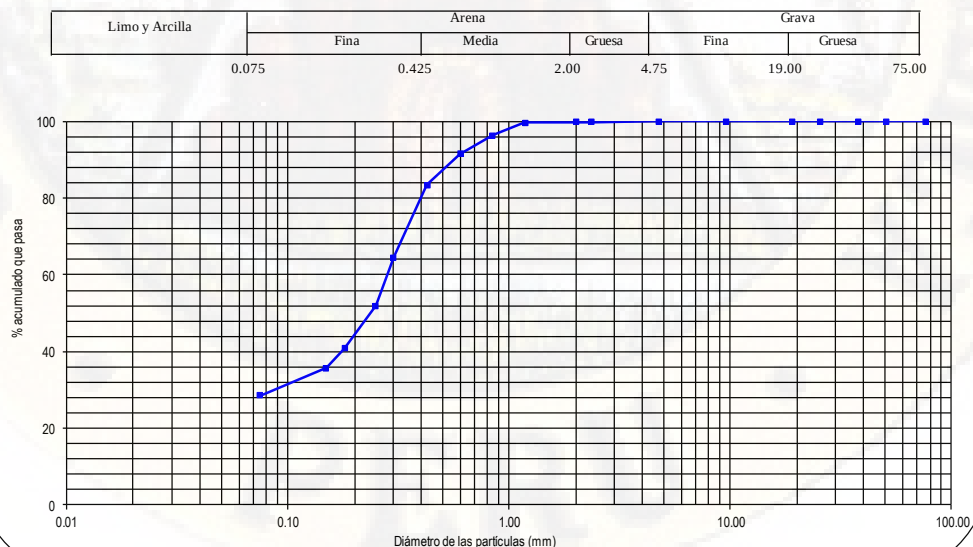
Sondaje		Calicata	
Muestra		C-02	
Profundidad (m)		0.00 - 1.60 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	76.200	100.00
	2"	50.300	100.00
	1 1/2"	38.100	100.00
	1"	25.400	100.00
	3/4"	19.050	100.00
	3/8"	9.525	100.00
	Nº 004	4.760	100.00
	Nº 008	2.360	99.98
	Nº 010	2.000	99.88
	Nº 016	1.180	99.75
	Nº 020	0.840	96.50
	Nº 030	0.600	91.63
	Nº 040	0.426	83.52
	Nº 050	0.300	64.53
	Nº 060	0.250	51.88
	Nº 080	0.180	40.84
	Nº 100	0.149	35.64
	Nº 200	0.075	28.52

Clasificación (S.U.C.S.)		SM
Descripción		SM - Silty sand
Clasificación (AASHTO)		A-2-4
Descripción (AASHTO)		EXCELENTE A BUENO
Contenido de Humedad	(%)	5.40
Límite Líquido (LL)	(%)	16.68
Límite Plástico (LP)	(%)	15.52
Límite Contracción (LC)	(%)	NP
Índice Plástico (IP)	(%)	1.17

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.09
D ₆₀ (mm)	0.28
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% ARENA	71.48	Gruesa	0.12
		Medía	16.36
		Fina	55.00
% FINOS	28.52		28.52

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO OR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Vitaliano Pérez Quispe y Bach. María Elena Taipe Sedano
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504446 -N:8587460 -Z:3746
FECHA	: 17/03/17
SONDAJE	: Calicata
MUESTRA	: C-03
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.70 m

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-04	T-05	T-06	T-07	T-08
Peso de SH (g)	49.10	44.10	54.00	42.50	44.40
Peso de SS (g)	41.90	37.20	46.00	36.20	37.50
Peso del agua (g)	7.20	6.90	8.00	6.30	6.90
C.Humedad (g)	17.18	18.55	17.39	17.40	18.40
C. H. Prom. (%)	17.79				

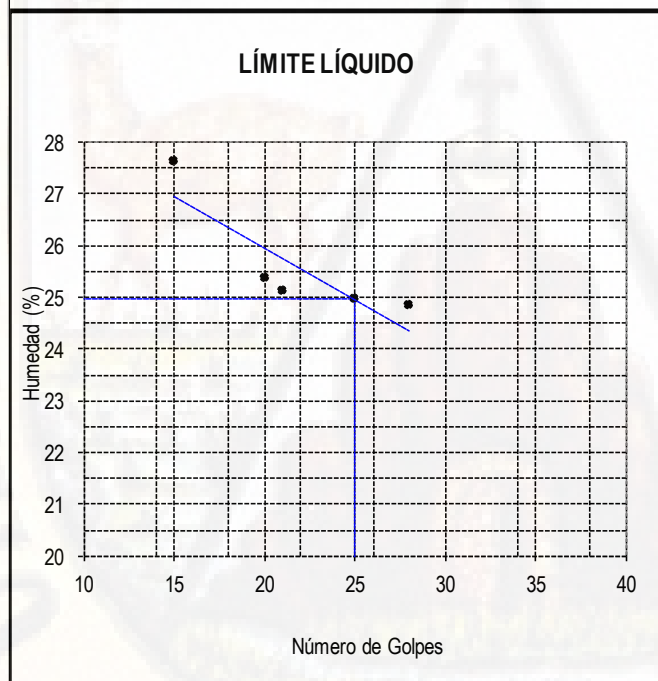
Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1588.60

Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje		Porcentaje Acumulado Que pasa (%)
		Parcial re- tenido (%)	Retenido (%)	
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	199.70	6.66	6.66	93.34
N° 8	102.90	3.43	10.09	89.91
N° 10	40.62	1.35	11.44	88.56
N° 16	27.08	0.90	12.34	87.66
N° 20	23.50	0.78	13.13	86.87
N° 30	43.80	1.46	14.59	85.41
N° 40	217.40	7.25	21.83	78.17
N° 50	210.80	7.03	28.86	71.14
N° 60	190.00	6.33	35.19	64.81
N° 80	167.20	5.57	40.77	59.23
N° 100	98.50	3.28	44.05	55.95
N° 200	256.30	8.54	52.59	47.41
Fondo	10.80			
Finos	1422.20			

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D-4318)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Vitaliano Pérez Quispe y Bach. Maria Elena Taipe Sedano
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS
UBICACIÓN	: E:0504446 -N:8587460 -Z:3746
FECHA	: 17/03/17
SONDAJE	: Calicata
MUESTRA	: C-03
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.70 m

Muestra	C-03							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	15	20	21	28	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06	T-07	T-08
Peso suelo húmedo (g)	15.70	16.80	25.90	20.60	6.10	7.10	5.60	5.00
Peso suelo seco (g)	12.30	13.40	20.70	16.50	5.00	5.90	4.60	4.20
Humedad %	27.64	25.37	25.12	24.85	22.00	20.34	21.74	19.05
Límites	24.96				20.78			



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	24.96
Límite Plástico	20.78
Índice Plástico	4.18

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Vitaliano Pérez Quispe y Bach. Maria Elena Taipe Sedano
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO : MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504446 -N:8587460 -Z:3746
FECHA	: 17/03/17

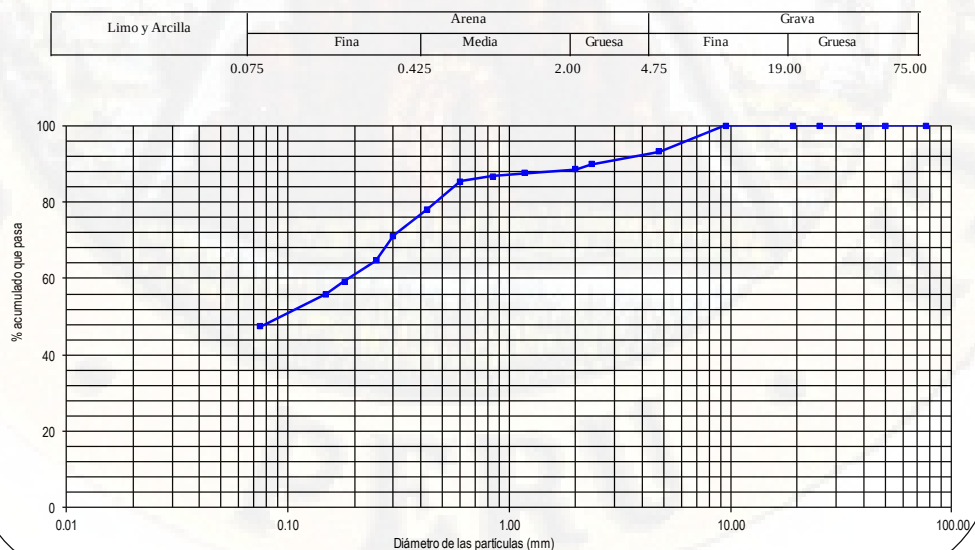
Sondaje			Calicata
Muestra			C-03
Profundidad (m)			0.00 - 1.70 m
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200	100.00
	2"	50.300	100.00
	1 1/2"	38.100	100.00
	1"	25.400	100.00
	3/4"	19.050	100.00
	3/8"	9.525	100.00
	Nº 004	4.760	93.34
	Nº 008	2.360	89.91
	Nº 010	2.000	88.56
	Nº 016	1.180	87.66
	Nº 020	0.840	86.87
	Nº 030	0.600	85.41
	Nº 040	0.426	78.17
	Nº 050	0.300	71.14
	Nº 060	0.250	64.81
	Nº 080	0.180	59.23
	Nº 100	0.149	55.95
	Nº 200	0.075	47.41

Clasificación (S.U.C.S.)	SM-SC
Descripción :	SC-SM - Silty, clayey sand
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	5.40
Límite Líquido (LL) (%)	24.96
Límite Plástico (LP) (%)	20.78
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	4.18

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.19
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	6.66	Gruesa	0.00
		Fina	6.66
% ARENA	45.94	Gruesa	4.78
		Media	10.39
% FINOS	47.41	Fina	30.76
			47.41

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taípe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504565 -N:8587487 -Z:3752
FECHA	: 20/03/17
SONDAJE	: Trinchera
MUESTRA	: T-01
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 5.50 m

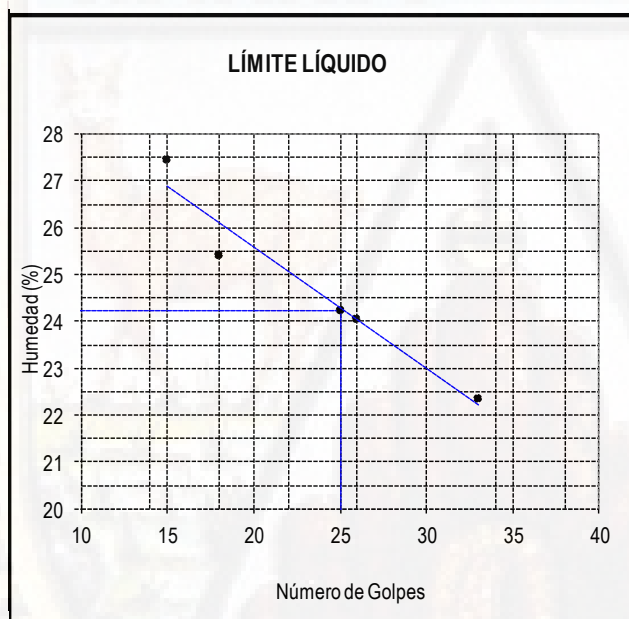
Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1270.50

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-04	T-05	T-06	T-07	T-08
Peso de SH (g)	10.10	10.50	10.50	10.10	10.80
Peso de SS (g)	8.70	8.90	8.90	8.60	9.20
Peso del agua (g)	1.40	1.60	1.60	1.50	1.60
C.Humedad (g)	16.09	17.98	17.98	17.44	17.39
C. H. Prom. (%)	17.38				

Tamiz	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial retenido (%)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	218.60	7.29	7.29	92.71
N° 8	59.60	1.99	9.27	90.73
N° 10	34.00	1.13	10.41	89.59
N° 16	12.50	0.42	10.82	89.18
N° 20	19.80	0.66	11.48	88.52
N° 30	31.10	1.04	12.52	87.48
N° 40	93.10	3.10	15.62	84.38
N° 50	113.50	3.78	19.41	80.59
N° 60	88.40	2.95	22.35	77.65
N° 80	148.00	4.93	27.29	72.71
N° 100	96.70	3.22	30.51	69.49
N° 200	343.60	11.45	41.96	58.04
Fondo	11.60			
Finos	1741.10			

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM-4318)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, Maria Elena							
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"							
UBICACIÓN	: E:0504565 -N:8587487 -Z:3752							
FECHA	: 20/03/17							
SONDAJE	: Trinchera							
MUESTRA	: T-01							
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 5.50 m							
Muestra	T-01							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	15	18	26	33	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-01	T-05	T-03	T-04	T-02	T-01	T-03	T-06
Peso suelo húmedo (g)	28.80	30.10	26.30	37.80	6.20	5.00	5.00	4.10
Peso suelo seco (g)	22.60	24.00	21.20	30.90	5.30	4.30	4.30	3.50
Humedad %	27.43	25.42	24.06	22.33	16.98	16.28	16.28	17.14
Límites	24.22				16.67			



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	24.22
Límite Plástico	16.67
Índice Plástico	7.55

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

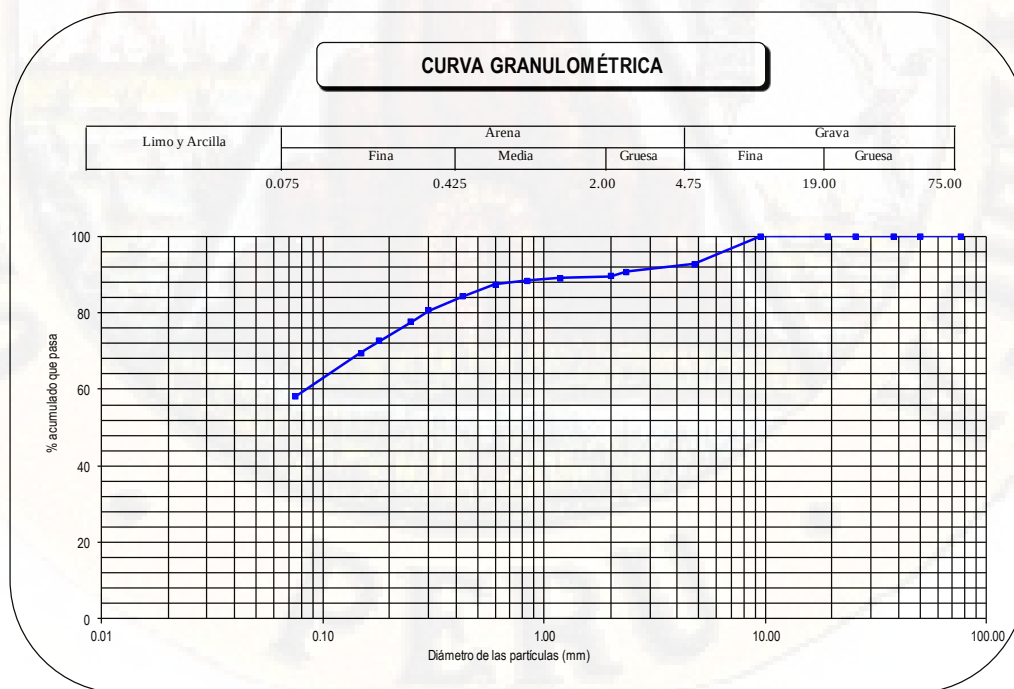
SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, Maria Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO : MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504565 -N:8587487 -Z:3752
FECHA	: 20/03/17

Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-01	
Profundidad (m)	0.00 - 5.50 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	5.40
Límite Líquido (LL) (%)	24.22
Límite Plástico (LP) (%)	16.67
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	7.55

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.08
C _u	0.00
C _c	0.00

% GRAVA	7.29	Gruesa	0.00
		Fina	7.29
% ARENA	34.68	Gruesa	3.12
		Media	5.22
		Fina	26.34
% FINOS	58.04		58.04



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taípe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACION	: E:0504529 -N:8587506 -Z:3758
FECHA	: 23/03/17
SONDAJE	: Trinchera
MUESTRA	: T-02
PROFUNDIDAD	: 0.00-3.10m

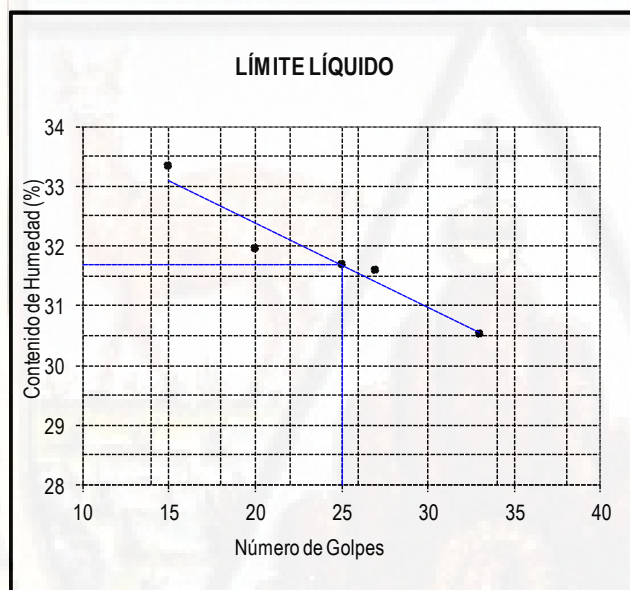
Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	770.00

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
Peso de SH (g)	49.00	54.60	55.50	52.30	52.60
Peso de SS (g)	42.80	47.60	47.90	45.30	45.70
Peso del agua (g)	6.20	7.00	7.60	7.00	6.90
C.Humedad (g)	14.49	14.71	15.87	15.45	15.10
C. H. Prom. (%)	15.12				

Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	49.50	1.65	1.65	98.35
N° 8	21.50	0.72	2.37	97.63
N° 10	4.30	0.14	2.51	97.49
N° 16	13.80	0.46	2.97	97.03
N° 20	8.70	0.29	3.26	96.74
N° 30	15.80	0.53	3.79	96.21
N° 40	54.00	1.80	5.59	94.41
N° 50	75.10	2.50	8.09	91.91
N° 60	60.10	2.00	10.09	89.91
N° 80	91.50	3.05	13.14	86.86
N° 100	75.30	2.51	15.65	84.35
N° 200	295.30	9.84	25.50	74.50
Fondo	5.10			
Finos	2235.10			

**LÍMITES DE ATTERBERG
(ASTM D-4318)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, Maria Elena							
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"							
UBICACIÓN	: E:0504529 -N:8587506 -Z:3758							
FECHA	: 23/03/17							
SONDAJE	: Trinchera							
MUESTRA	: T-02							
PROFUNDIDAD	: 0.00-3.10m							
Muestra	T-02							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	15	20	27	33	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06	T-07	T-08
Peso suelo húmedo (g)	27.60	28.90	27.50	24.80	5.20	5.40	5.30	7.00
Peso suelo seco (g)	20.70	21.90	20.90	19.00	4.40	4.50	4.40	5.80
Humedad %	33.33	31.96	31.58	30.53	18.18	20.00	20.45	20.69
Límites	31.69				19.83			



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	31.69
Límite Plástico	19.83
Índice Plástico	11.86

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taípe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO : MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504529 -N:8587506 -Z:3758
FECHA	: 23/03/2017

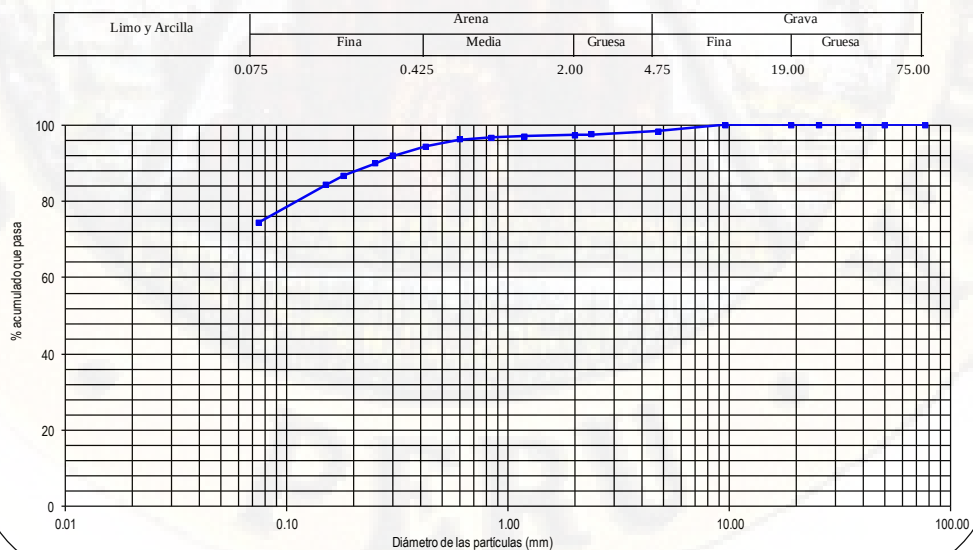
Sondaje			Trinchera
Muestra			T-02
Profundidad (m)			0.00-3.10m
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200	100.00
	2"	50.300	100.00
	1 1/2"	38.100	100.00
	1"	25.400	100.00
	3/4"	19.050	100.00
	3/8"	9.525	100.00
	Nº 004	4.760	98.35
	Nº 008	2.360	97.63
	Nº 010	2.000	97.49
	Nº 016	1.180	97.03
	Nº 020	0.840	96.74
	Nº 030	0.600	96.21
	Nº 040	0.426	94.41
	Nº 050	0.300	91.91
	Nº 060	0.250	89.91
	Nº 080	0.180	86.86
	Nº 100	0.149	84.35
	Nº 200	0.075	74.50

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción:	CL - Lean clay with sand
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	5.40
Límite Líquido (LL) (%)	31.69
Límite Plástico (LP) (%)	19.83
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	11.86

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	1.65	Gruesa	0.00
		Fina	1.65
% ARENA	23.85	Gruesa	0.86
		Media	3.08
		Fina	19.91
% FINOS	74.50		74.50

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO/MÉTODO DEL CONO DE
ARENA (ASTM D 1556)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, Maria Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504374 -N:8587512-Z:3752
FECHA	: 7/03/17
SONDAJE	: Calicata
MUESTRA	: C-01
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.20 m

P. INICIAL ARENA + FRASCO (Wo)	5840.50	gr.
P. FINAL ARENA + FRASCO (Wf)	2534.50	gr.
P. ARENA EN CONO Y PLACA (Wc)	1409.10	gr.
P. UNITARIO ARENA (yd)	1.31	gr/cm ³
P. AREANA EN HOYO (We)	1896.90	gr.
VOLUMEN HUECO (V)	1448.02	cm ³
P. SUELO HÚMEDO (Wh)	2779.40	gr.
VOLUMEN SUELO HÚMEDO (Vh)	1448.02	cm ³
DENS. SUELO HUMEDO (yh)	1.92	gr/cm ³

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE

H=	14.50 cm
D=	7.00 cm

VOL. DEL MOLDE/COMPACTAR (Vc)	558.03	m ³
P. SUELO A COMPACTAR	1071.10	gr.
N° DE CAPAS	5.00	
N° DE GOLPES/CAPA	9.00	



**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO/MÉTODO DEL
CONO DE ARENA (ASTM D 1556)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, Maria Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504370 -N:8587468 -Z:3744
FECHA	: 13/03/17
SONDAJE	: Calicata
MUESTRA	: C-02
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.60 m

P. INICIAL ARENA + FRASCO (Wo)	5759.50	gr.
P. FINAL ARENA + FRASCO (Wf)	2611.30	gr.
P. ARENA EN CONO Y PLACA (Wc)	1501.33	gr.
P. UNITARIO ARENA (yd)	1.31	gr/cm3
P. AREANA EN HOYO (We)	1646.87	gr.
VOLUMEN HUECO (V)	1257.15	cm3
P. SUELO HÚMEDO (Wh)	2578.90	gr.
VOLUMEN SUELO HÚMEDO (Vh)	1257.15	cm3
DENS. SUELO HUMEDO (yh)	2.05	gr/cm3

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE

H=	14.50 cm
D=	7.00 cm

VOL. DEL MOLDE/COMPACTAR (Vc)	558.03	m3
P. SUELO A COMPACTAR	1144.72	gr.
Nº DE CAPAS	5.00	
Nº DE GOLPES/CAPA	4.00	

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO/MÉTODO DEL CONO DE ARENA (ASTM D 1556)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Perez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, Maria Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504446 -N:8587460 -Z:3746
FECHA	: 17/03/17
SONDAJE	: Calicata
MUESTRA	: C-03
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.70 m

P. INICIAL ARENA + FRASCO (W ₀)	5556.10	gr.
P. FINAL ARENA + FRASCO (W _f)	2754.80	gr.
P. ARENA EN CONO Y PLACA (W _c)	1501.33	gr.
P. UNITARIO ARENA (y _d)	1.31	gr/cm ³
P. AREANA EN HOYO (W _e)	1299.97	gr.
VOLUMEN HUECO (V)	992.34	cm ³
P. SUELO HÚMEDO (W _h)	2109.00	gr.
VOLUMEN SUELO HÚMEDO (V _h)	992.34	cm ³
DENS. SUELO HUMEDO (y _h)	2.13	gr/cm ³

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE

H=	14.50 cm
D=	7.00 cm

VOL. DEL MOLDE/COMPACTAR (V _c)	558.03	m ³
P. SUELO A COMPACTAR	1185.96	gr.
N° DE CAPAS	5.00	
N° DE GOLPES/CAPA	8.00	

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO/MÉTODO DEL CONO DE
ARENA (ASTM D 1556)**

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACIÓN	: E:0504565 -N:8587487 -Z:3752
FECHA	: 20/03/17
SONDAJE	: Trinchera
MUESTRA	: T-01
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 5.50 m

P. INICIAL ARENA + FRASCO (W ₀)	5885.00	gr.
P. FINAL ARENA + FRASCO (W _f)	2954.80	gr.
P. ARENA EN CONO Y PLACA (W _c)	1501.33	gr.
P. UNITARIO ARENA (y _d)	1.31	gr/cm ³
P. AREANA EN HOYO (W _e)	1428.87	gr.
VOLUMEN HUECO (V)	1090.74	cm ³
P. SUELO HÚMEDO (W _h)	2339.20	gr.
VOLUMEN SUELO HÚMEDO (V _h)	1090.74	cm ³
DENS. SUELO HUMEDO (y _h)	2.14	gr/cm ³

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE

H=	14.50 cm
D=	7.00 cm

VOL. DEL MOLDE/COMPACTAR (V _c)	558.03	m ³
P. SUELO A COMPACTAR	1196.74	gr.
N° DE CAPAS	5.00	
N° DE GOLPES/CAPA	8.00	

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO/MÉTODO DEL CONO DE
ARENA (ASTM D 1556)**

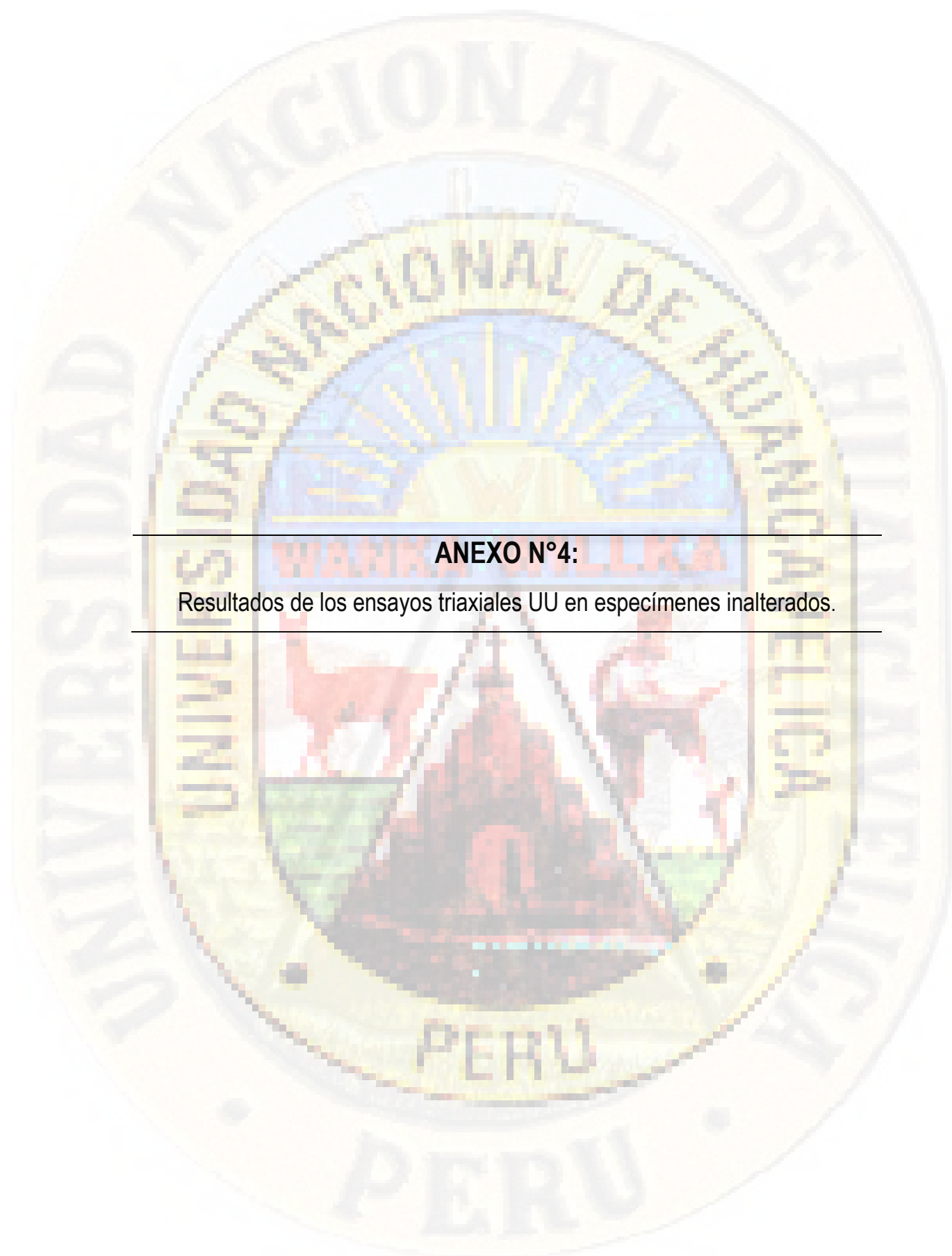
SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano y Bach. Taipe Sedano, María Elena
PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES"
UBICACION	: E:0504529 -N:8587506 -Z:3758
FECHA	: 23/03/17
SONDAJE	: Trinchera
MUESTRA	: T-02
PROFUNDIDAD	: 0.00-3.10m

P. INICIAL ARENA + FRASCO (W ₀)	5857.90	gr.
P. FINAL ARENA + FRASCO (W _f)	2452.30	gr.
P. ARENA EN CONO Y PLACA (W _c)	1501.33	gr.
P. UNITARIO ARENA (γ _d)	1.31	gr/cm ³
P. AREANA EN HOYO (W _e)	1904.27	gr.
VOLUMEN HUECO (V)	1453.64	cm ³
P. SUELO HÚMEDO (W _h)	2978.70	gr.
VOLUMEN SUELO HÚMEDO (V _h)	1453.64	cm ³
DENS. SUELO HUMEDO (γ _h)	2.05	gr/cm ³

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE

H=	14.50 cm
D=	7.00 cm

VOL. DEL MOLDE/COMPACTAR (V _c)	558.03	m ³
P. SUELO A COMPACTAR	1143.47	gr.
N° DE CAPAS	5.00	
N° DE GOLPES/CAPA	8.00	



ANEXO N°4:

Resultados de los ensayos triaxiales UU en especímenes inalterados.



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 07/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	1.70

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación: Tallado	
Altura inicial	141.00 mm	Relación de vacíos	0.12
Diámetro inicial	69.00 mm	Grado de saturación	298.31%
Peso Unit. Seco inicial	14.86 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	21.42%
SUCS: ML	Límites de Atterberg: LL=34.21 LP=25.50 IP=8.71		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

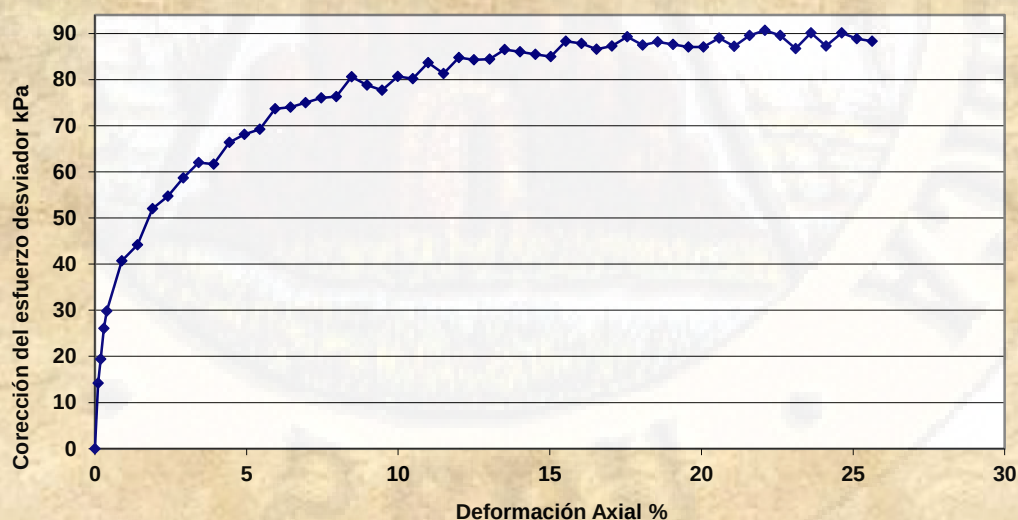
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	90.70 kPa	Esfuerzo principal mayor	140.50 kPa
Deformación axial	22.09 %	Esfuerzo principal menor	49.80 kPa
Peso unitario final	18.05 kN/m ³	Contenido de humedad final	21.42 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	49.80 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 07/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	1.90

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación: Tallado	
Altura inicial	142.00 mm	Relación de vacíos	0.12
Diámetro inicial	69.00 mm	Grado de saturación	192.86%
Peso Unit. Seco inicial	15.39 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	21.42%
SUCS: ML	Límites de Atterberg: LL=34.21 LP=25.50 IP=8.71		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

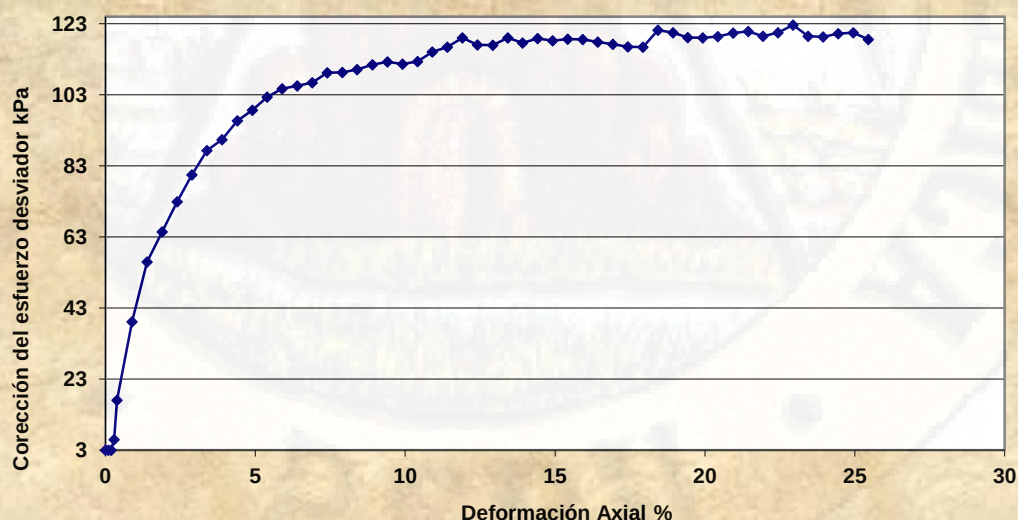
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	119.00 kPa	Esfuerzo principal mayor	215.00 kPa
Deformación axial	11.91 %	Esfuerzo principal menor	95.90 kPa
Peso unitario final	18.69 kN/m ³	Contenido de humedad final	21.42 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	95.90 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena
Calicata: C-01
Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 07/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	1.94

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación:	Tallado
Altura inicial	143.00 mm	Relación de vacíos	0.21
Diámetro inicial	66.30 mm	Grado de saturación	193.82%
Peso Unit. Seco inicial	15.68 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	21.42%
SUCS: ML	Límites de Atterberg: LL=34.21 LP=25.50 IP=8.71		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

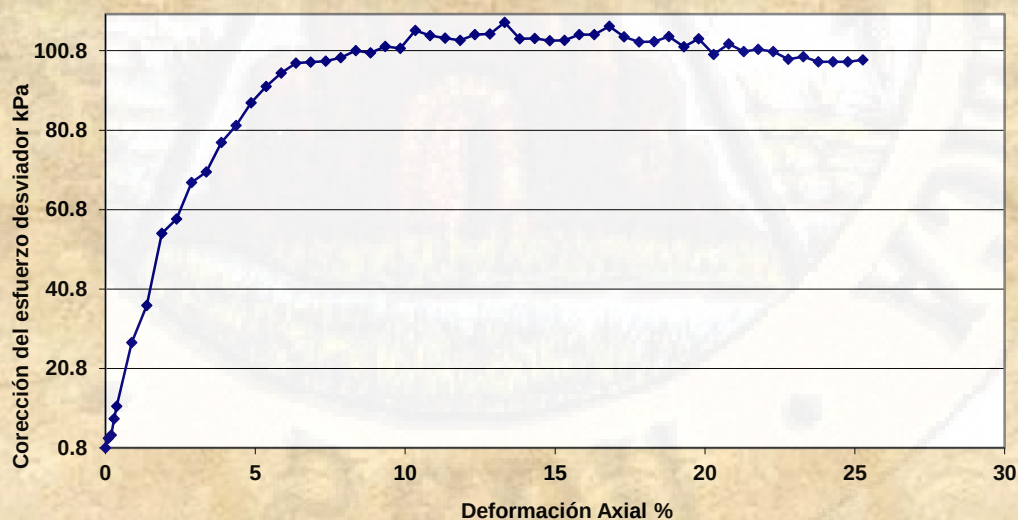
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	107.90 kPa	Esfuerzo principal mayor	303.70 kPa
Deformación axial	13.32 %	Esfuerzo principal menor	195.70 kPa
Peso unitario final	19.03 kN/m ³	Contenido de humedad final	21.42 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	195.70 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

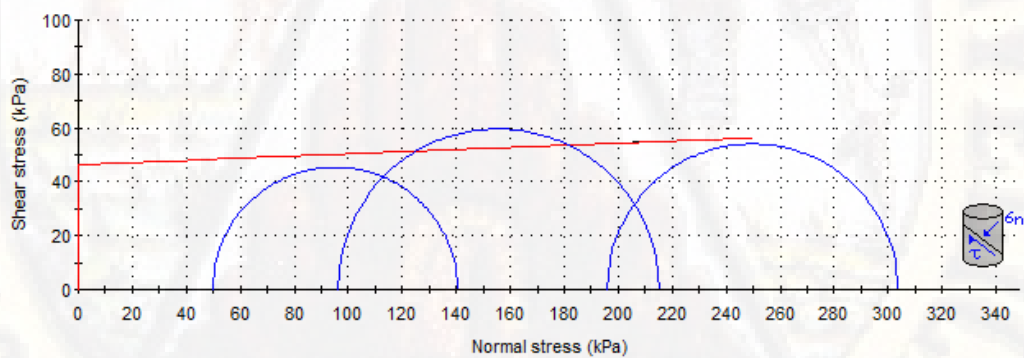
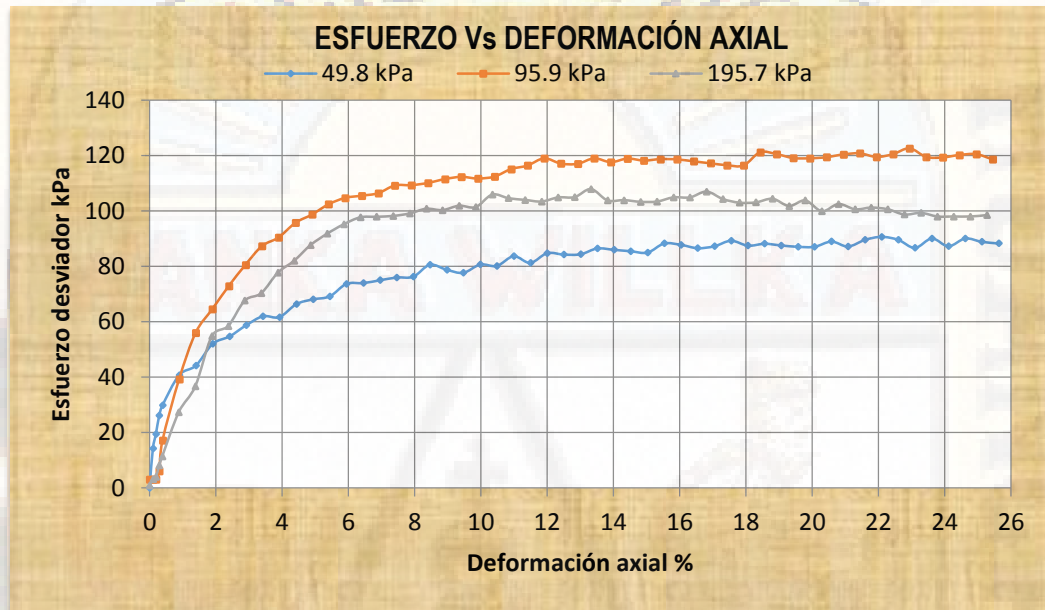
Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



Resumen

Espécimen Inalterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	49.80 kPa	140.50 kPa	90.70 kPa	22.09%	EMD*
2	95.90 kPa	215.00 kPa	119.00 kPa	11.91%	EMD*
3	195.70 kPa	303.70 kPa	107.90 kPa	13.32%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Modo de falla (Por Corte)



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-02

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 13/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.60 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.08

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación: Tallado	
Altura inicial	144.30 mm	Relación de vacíos	0.11
Diámetro inicial	70.40 mm	Grado de saturación	215.32%
Peso Unit. Seco inicial	18.57 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	16.09%
SUCS: SM	Límites de Atterberg: LL=16.68 LP=15.52 IP=1.17		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

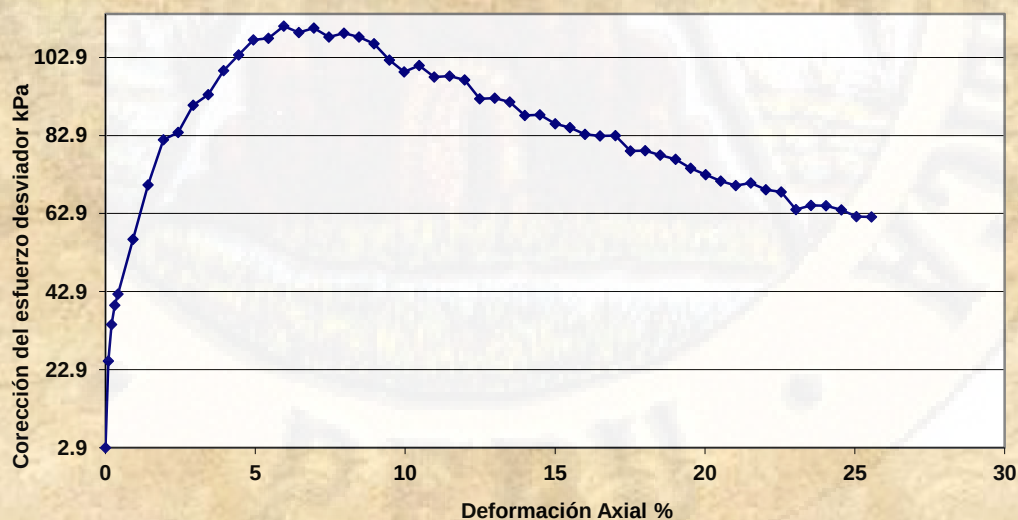
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	110.90 kPa	Esfuerzo principal mayor	160.30 kPa
Deformación axial	5.95 %	Esfuerzo principal menor	49.40 kPa
Peso unitario final	20.74 kN/m ³	Contenido de humedad final	16.09 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	49.40 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-02

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 13/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.07

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación: Tallado	
Altura inicial	145.30 mm	Relación de vacíos	0.10
Diámetro inicial	70.00 mm	Grado de saturación	209.24%
Peso Unit. Seco inicial	18.53 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	16.09%
SUCS: SM	Límites de Atterberg: LL=16.68 LP=15.52 IP=1.17		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

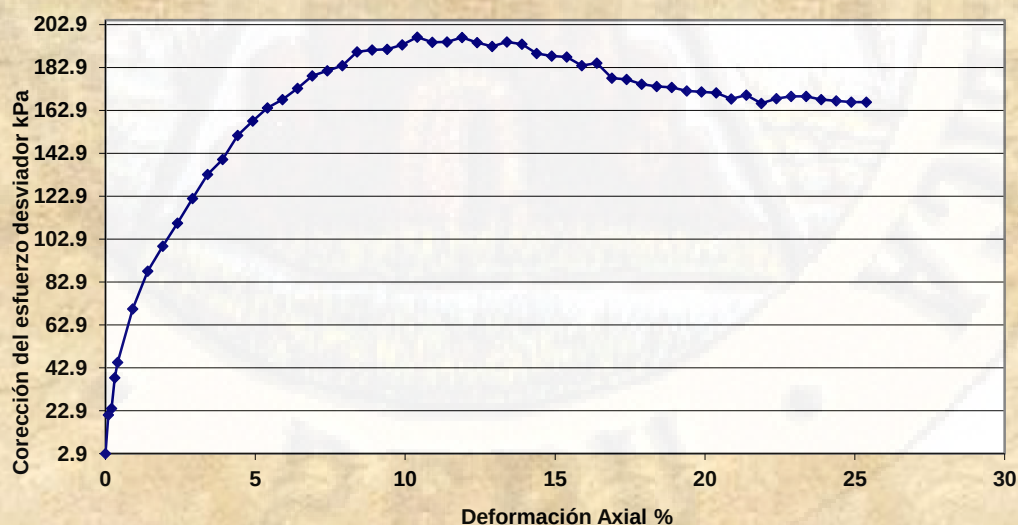
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	197.00 kPa	Esfuerzo principal mayor	293.10 kPa
Deformación axial	10.40 %	Esfuerzo principal menor	96.20 kPa
Peso unitario final	20.69 kN/m ³	Contenido de humedad final	16.09 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	96.20 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-02

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 13/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.60 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.11

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación: Tallado	
Altura inicial	144.00 mm	Relación de vacíos	0.13
Diámetro inicial	70.70 mm	Grado de saturación	212.21%
Peso Unit. Seco inicial	18.32 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	16.09%
SUCS: SM	Límites de Atterberg: LL=16.68 LP=15.52 IP=1.17		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

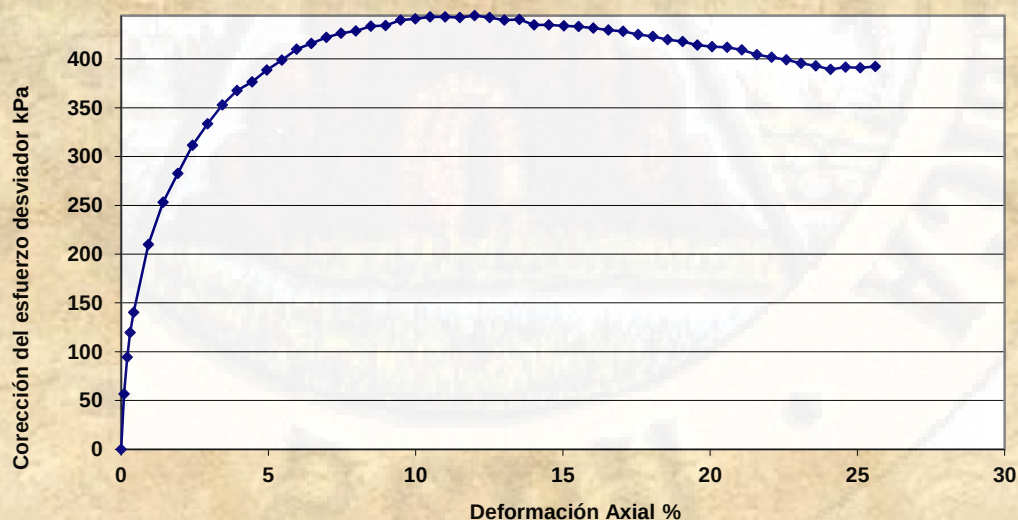
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	376.60 kPa	Esfuerzo principal mayor	568.80 kPa
Deformación axial	8.48 %	Esfuerzo principal menor	192.10 kPa
Peso unitario final	20.71 kN/m ³	Contenido de humedad final	16.09 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	192.10 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

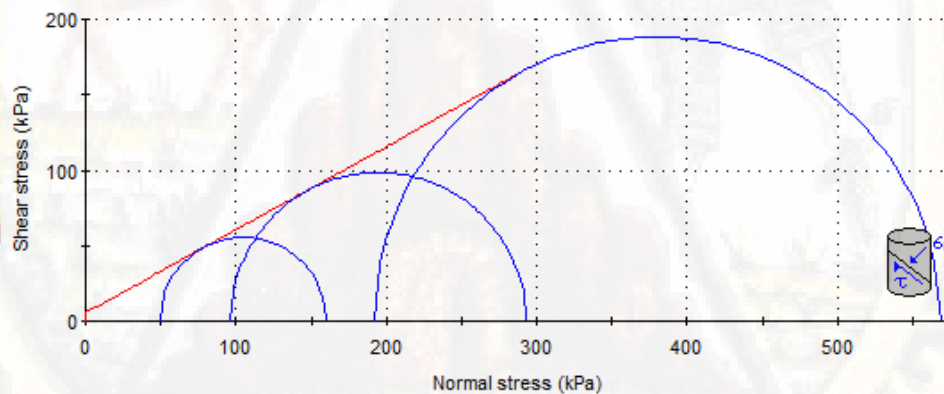
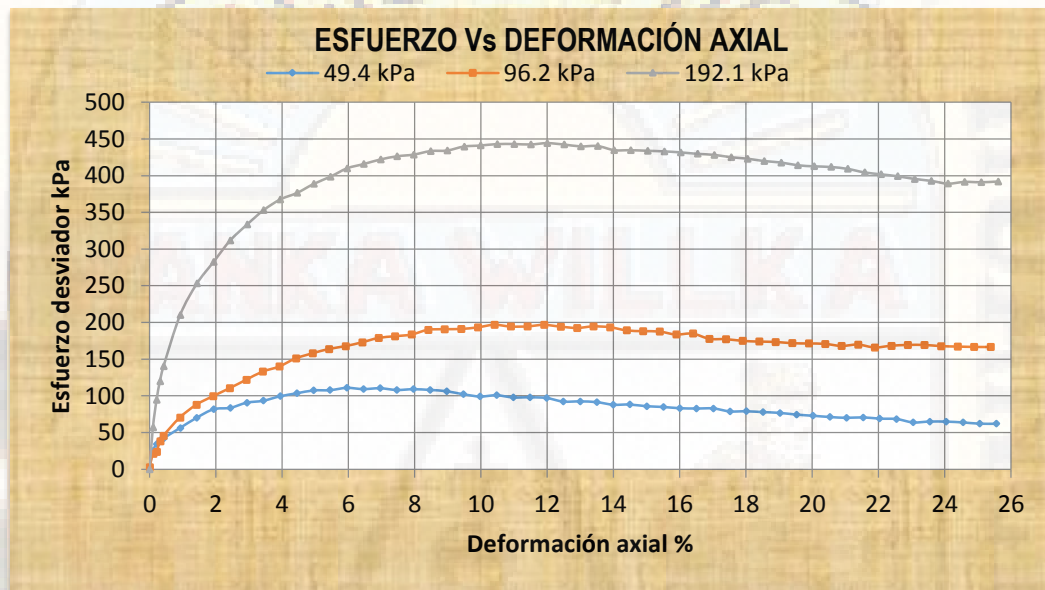
Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



Resumen

Espécimen Inalterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	49.40 kPa	160.30 kPa	110.90 kPa	5.95%	EMD*
2	96.20 kPa	293.10 kPa	197.00 kPa	10.40%	EMD*
3	192.10 kPa	568.80 kPa	376.70 kPa	8.48%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Modo de falla (Por Aplastamiento)



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena

Calicata: C-03

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 17/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.70 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.14

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación: Tallado	
Altura inicial	142.00 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	69.33 mm	Grado de saturación	212.91%
Peso Unit. Seco inicial	17.81 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.79%
SUCS: SC-SM	Límites de Atterberg: LL=24.96 LP=20.78 IP=4.18		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

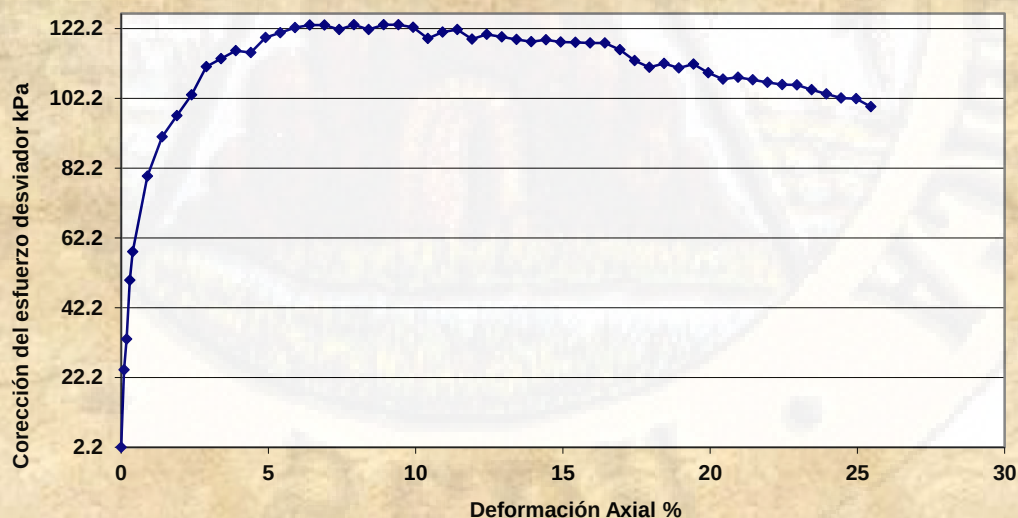
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	123.30 kPa	Esfuerzo principal mayor	171.50 kPa
Deformación axial	9.41 %	Esfuerzo principal menor	48.20 kPa
Peso unitario final	20.98 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.79 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	48.20 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-03

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 17/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.70 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.12

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación: Tallado	
Altura inicial	143.50 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	70.17 mm	Grado de saturación	211.56%
Peso Unit. Seco inicial	17.65 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.79%
SUCS: SC-SM	Límites de Atterberg: LL=24.96 LP=20.78 IP=4.18		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

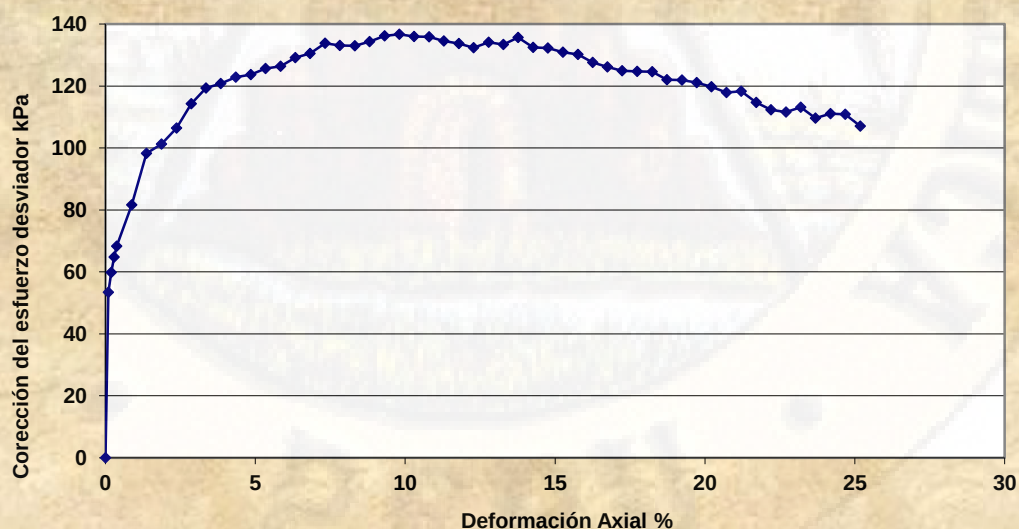
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	136.70 kPa	Esfuerzo principal mayor	232.80 kPa
Deformación axial	9.81 %	Esfuerzo principal menor	96.00 kPa
Peso unitario final	20.79 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.79 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	96.00 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena

Calicata: C-03

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 17/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	1.70 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.14

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación: Tallado	
Altura inicial	142.00 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	70.33 mm	Grado de saturación	213.50%
Peso Unit. Seco inicial	17.82 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.79%
SUCS: SC-SM	Límites de Atterberg: LL=24.96 LP=20.78 IP=4.18		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

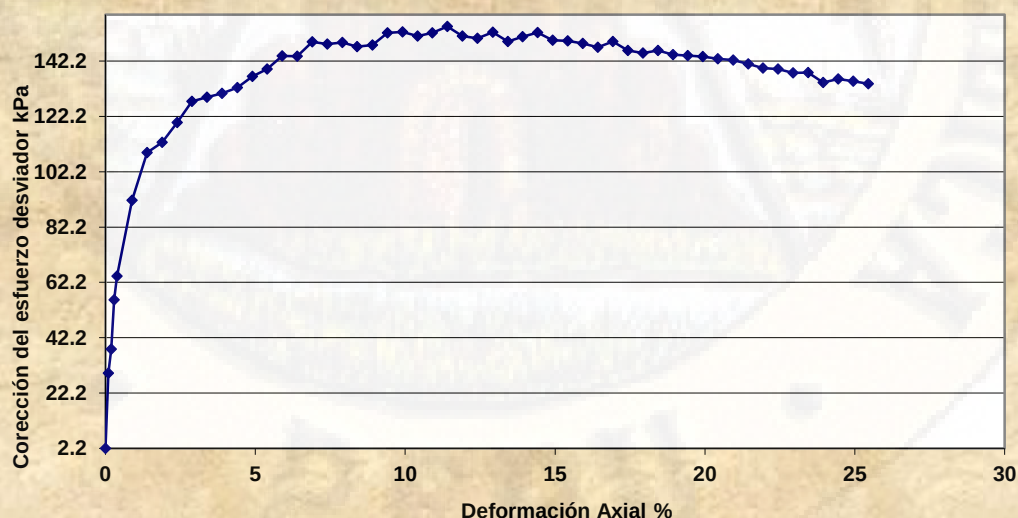
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	154.70 kPa	Esfuerzo principal mayor	346.80 kPa
Deformación axial	11.41 %	Esfuerzo principal menor	192.10 kPa
Peso unitario final	20.99 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.79 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	192.10 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

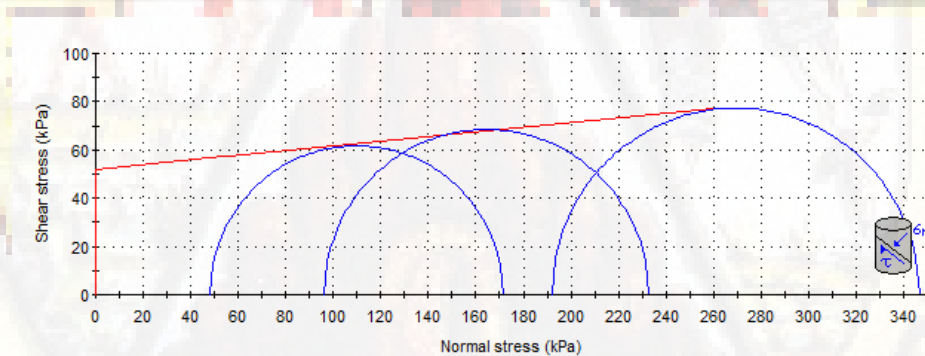
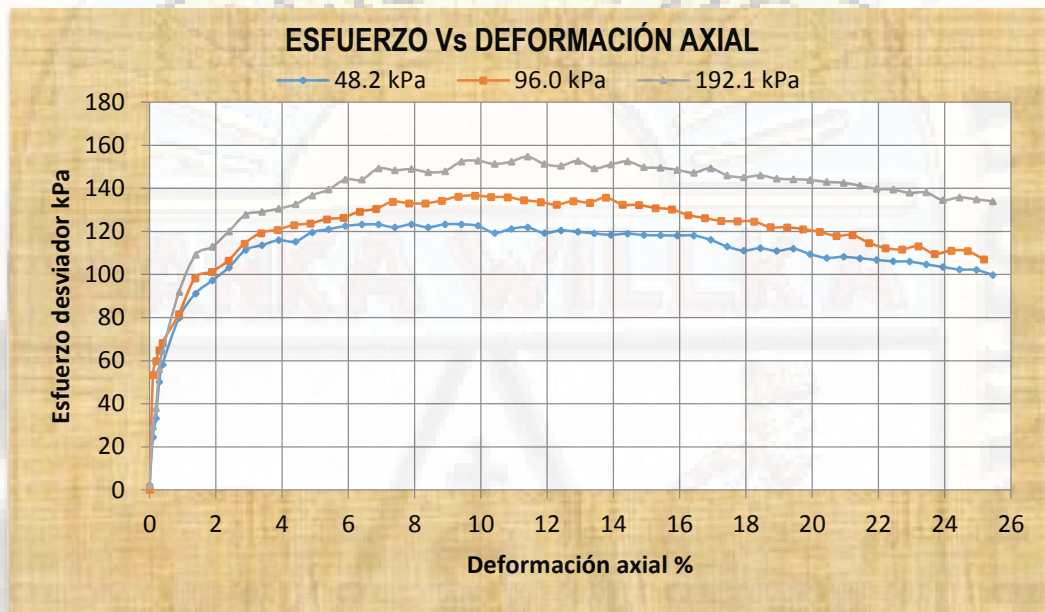
Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



Resumen

Espécimen Inalterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	48.20 kPa	171.50 kPa	123.30 kPa	9.41%	EMD*
2	96.00 kPa	232.80 kPa	136.70 kPa	9.81%	EMD*
3	192.10 kPa	346.80 kPa	154.70 kPa	11.41%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Mohr-Coulomb Criterion
cohesion = 51.887 kPa
friction angle = 5.537 deg



Modo de falla (Por Corte)



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena

Trinchera: T-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 20/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	5.50 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.13

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación: Tallado	
Altura inicial	142.73 mm	Relación de vacíos	0.17
Diámetro inicial	70.47 mm	Grado de saturación	214.53%
Peso Unit. Seco inicial	17.82 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.38%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=24.22 LP=16.67	IP=7.55	

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

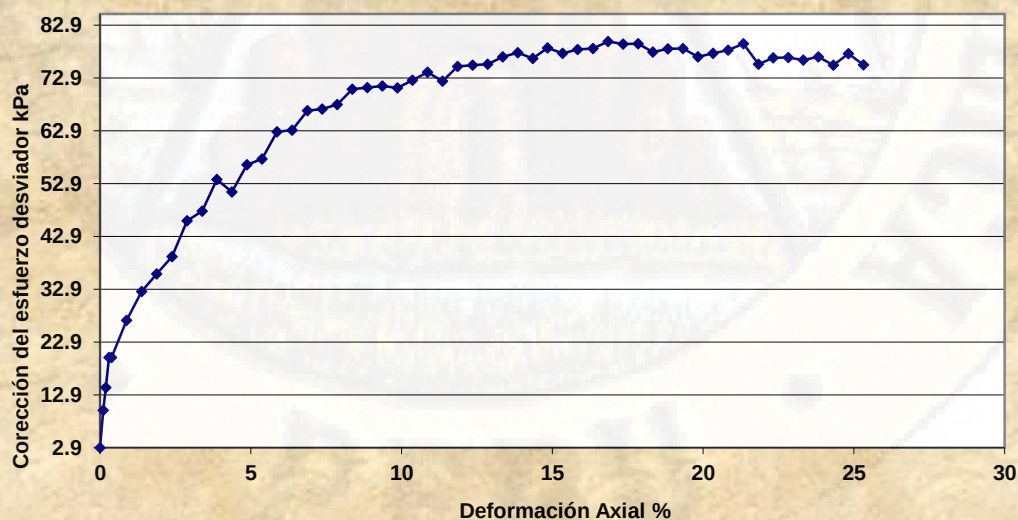
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	79.80 kPa	Esfuerzo principal mayor	127.70 kPa
Deformación axial	16.84 %	Esfuerzo principal menor	48.00 kPa
Peso unitario final	20.92 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.38 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	48.00 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Trinchera: T-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 20/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	5.50 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.16

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación: Tallado	
Altura inicial	143.93 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	69.93 mm	Grado de saturación	213.16%
Peso Unit. Seco inicial	18.02 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.38%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=24.22 LP=16.67 IP=7.55		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

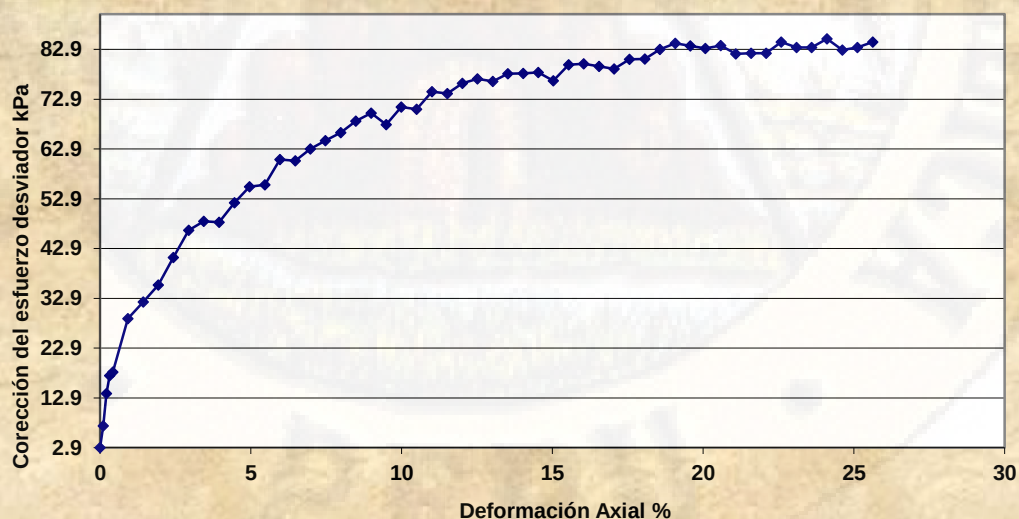
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	85.00 kPa	Esfuerzo principal mayor	181.30 kPa
Deformación axial	24.11 %	Esfuerzo principal menor	96.30 kPa
Peso unitario final	21.15 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.38 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	96.30 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena

Trinchera: T-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 20/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	5.50 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.15

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación:	Tallado
Altura inicial	142.07 mm	Relación de vacíos	0.17
Diámetro inicial	69.96 mm	Grado de saturación	216.03%
Peso Unit. Seco inicial	17.98 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.38%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=24.22 LP=16.67 IP=7.55		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

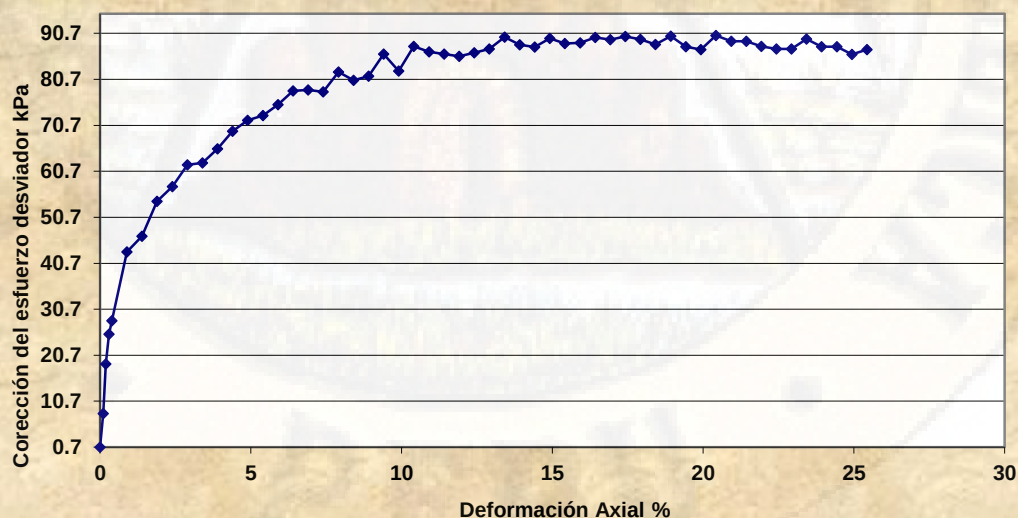
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	90.20 kPa	Esfuerzo principal mayor	233.90 kPa
Deformación axial	20.42 %	Esfuerzo principal menor	143.70 kPa
Peso unitario final	21.11 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.38 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	143.70 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

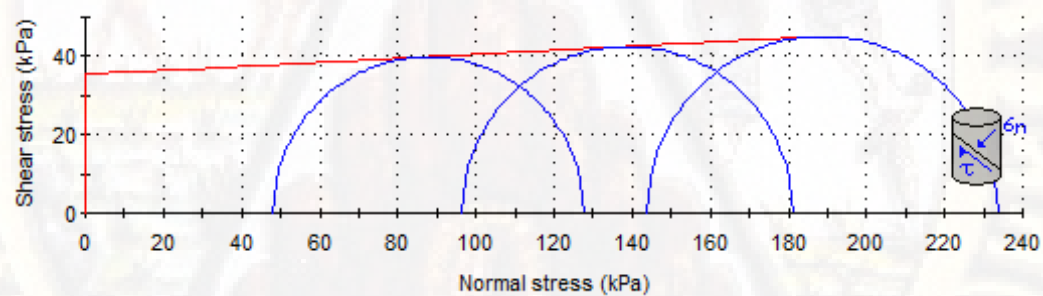
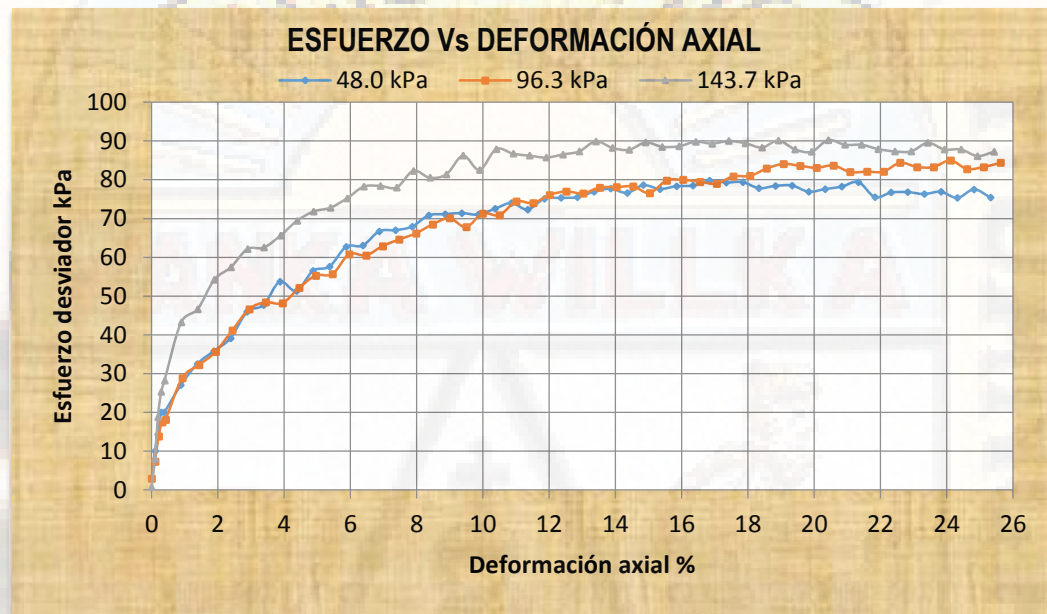
Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



Resumen

Espécimen Inalterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	48.00 kPa	127.70 kPa	79.80 kPa	16.84%	EMD*
2	96.30 kPa	181.30 kPa	85.00 kPa	24.11%	EMD*
3	143.70 kPa	223.90 kPa	90.20 kPa	20.42%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Mohr-Coulomb Criterion
cohesion = 35.329 kPa
friction angle = 2.981 deg



Modo de falla (Por Aplastamiento)



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena
Trinchera: T-02
Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 23/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	3.10 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.03

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación: Tallado	
Altura inicial	143.00 mm	Relación de vacíos	0.15
Diámetro inicial	70.62 mm	Grado de saturación	204.72%
Peso Unit. Seco inicial	17.32 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	15.12%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=31.69 LP=19.83	IP=11.86	

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

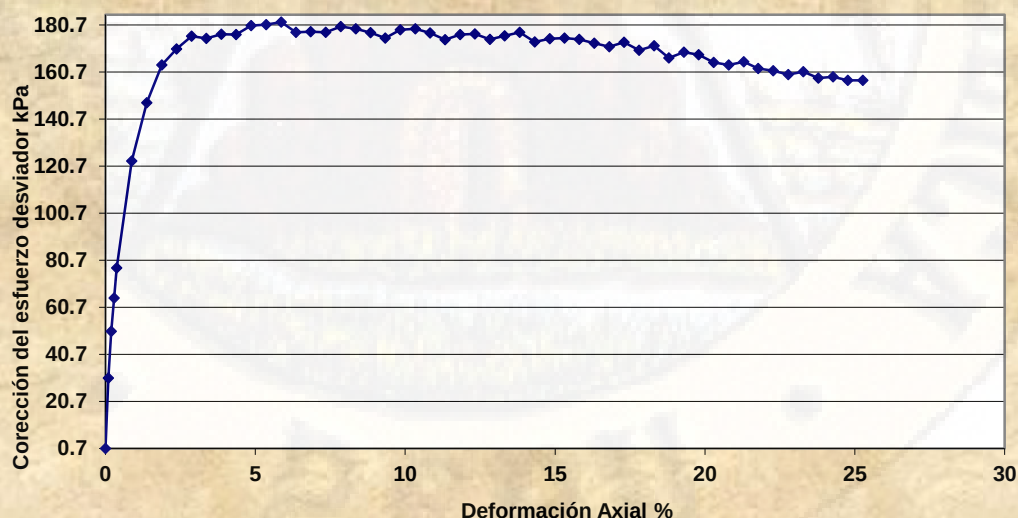
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	181.90 kPa	Esfuerzo principal mayor	228.50 kPa
Deformación axial	5.86 %	Esfuerzo principal menor	46.70 kPa
Peso unitario final	19.94 kN/m ³	Contenido de humedad final	15.12 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	46.70 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Trinchera: T-02

Proyecto : "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 23/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	3.10 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.03

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación: Tallado	
Altura inicial	142.77 mm	Relación de vacíos	0.15
Diámetro inicial	70.61 mm	Grado de saturación	205.49%
Peso Unit. Seco inicial	17.33 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	15.12%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=31.69 LP=19.83	IP=11.86	

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

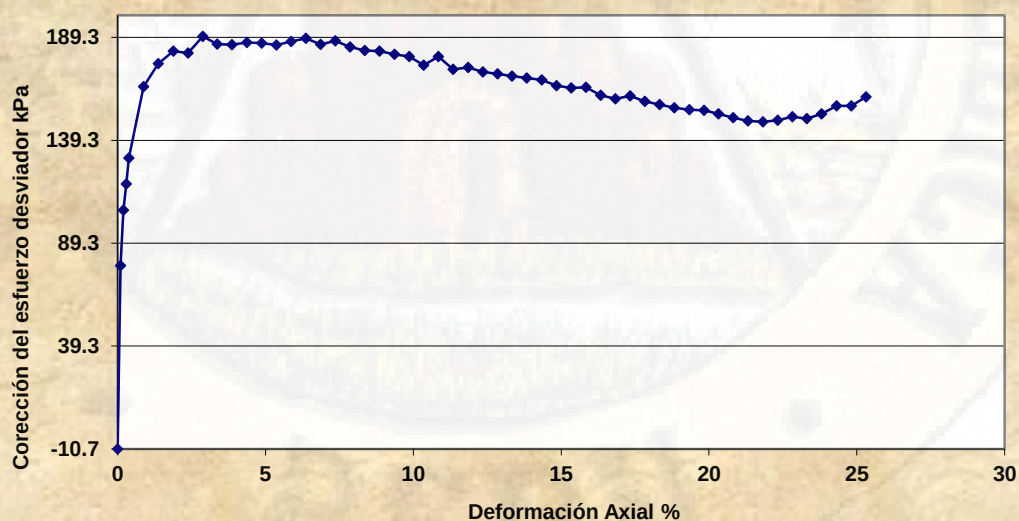
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	189.70 kPa	Esfuerzo principal mayor	286.30 kPa
Deformación axial	2.88 %	Esfuerzo principal menor	96.60 kPa
Peso unitario final	19.95 kN/m ³	Contenido de humedad final	15.12 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	96.60 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Trinchera: T-02

Proyecto : "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 23/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Inalterado	Profundidad	3.10 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.06

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación: Tallado	
Altura inicial	142.20 mm	Relación de vacíos	0.15
Diámetro inicial	71.08 mm	Grado de saturación	202.82%
Peso Unit. Seco inicial	17.52 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	15.12%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=31.69 LP=19.83	IP=11.86	

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

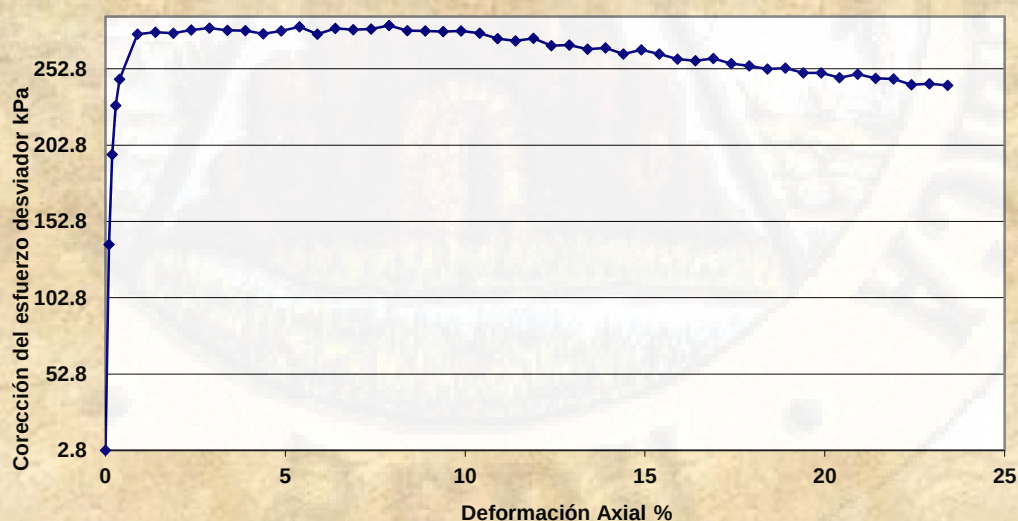
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	281.30 kPa	Esfuerzo principal mayor	473.50 kPa
Deformación axial	7.89 %	Esfuerzo principal menor	192.20 kPa
Peso unitario final	20.17 kN/m ³	Contenido de humedad final	15.12 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	192.20 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





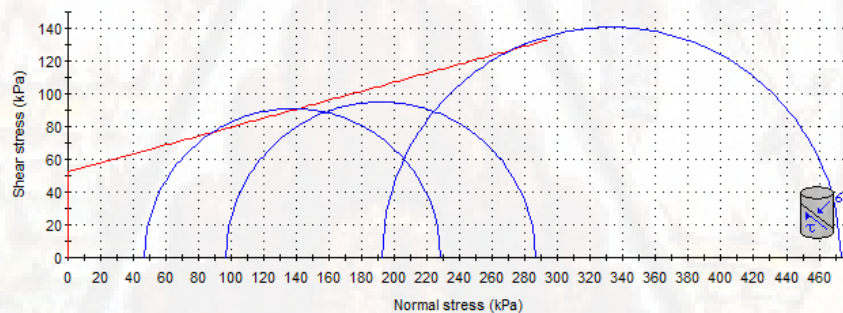
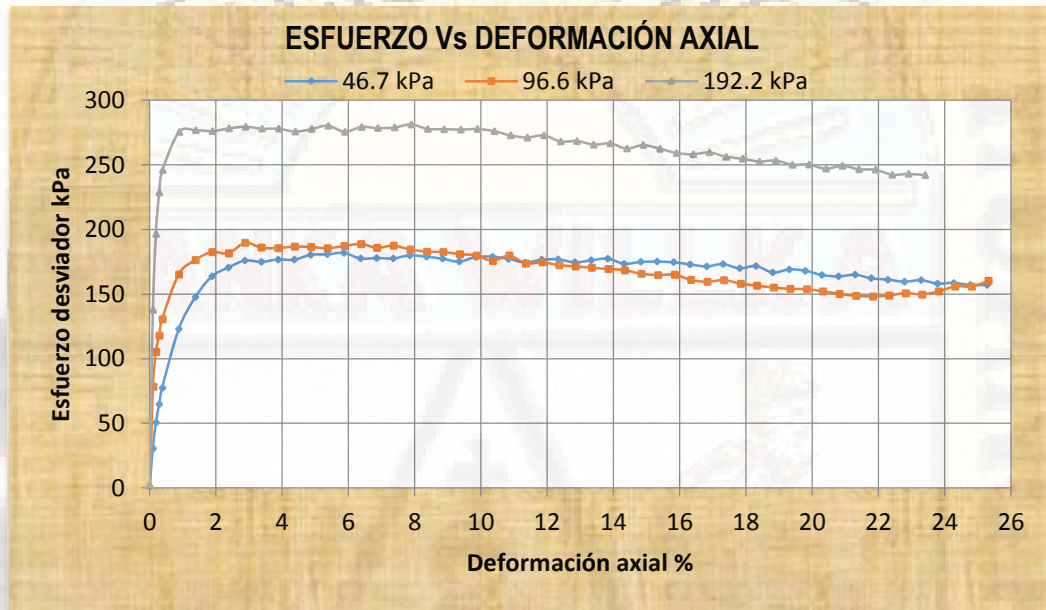
Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



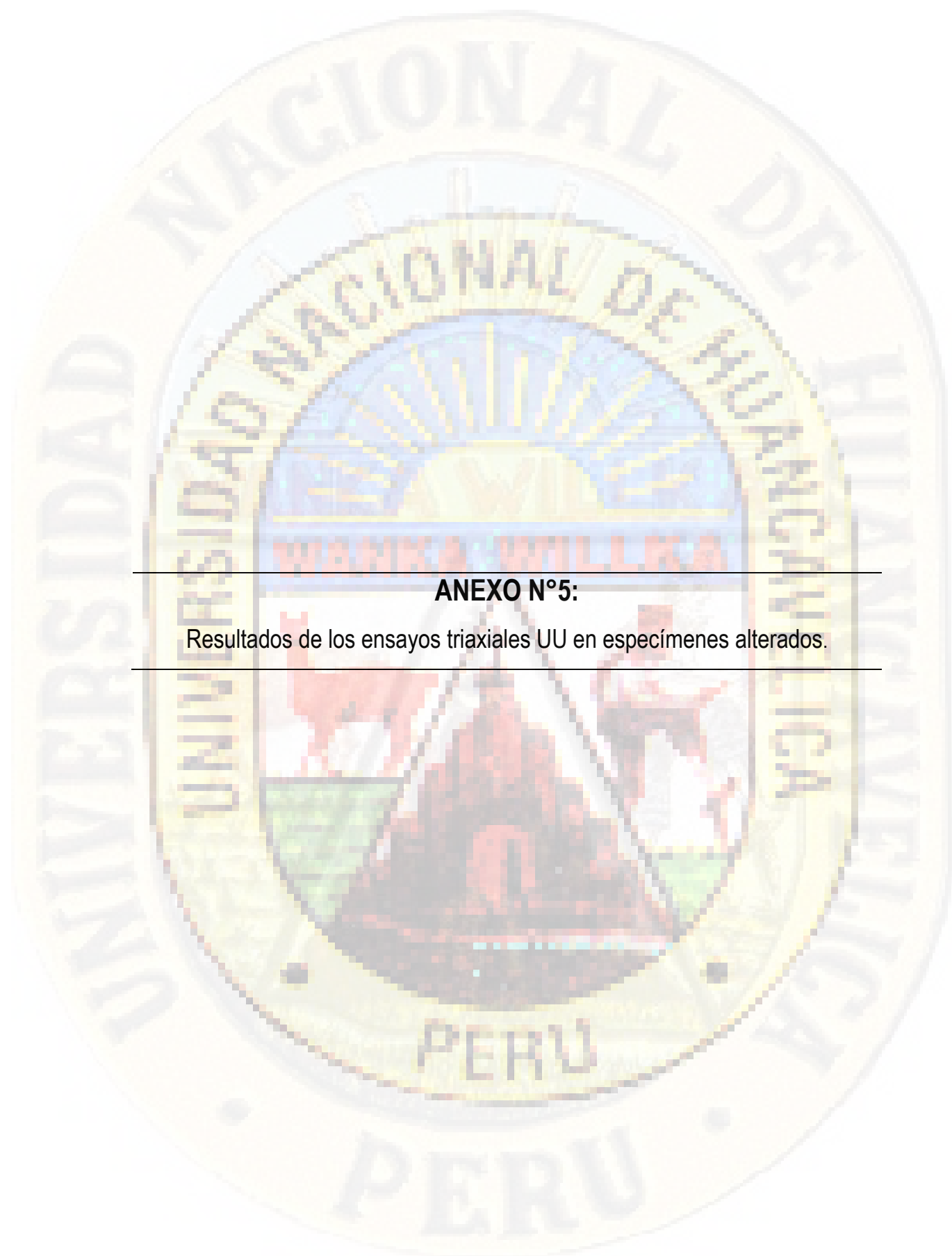
Resumen

Espécimen Inalterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	46.70 kPa	228.50 kPa	181.90 kPa	5.86%	EMD*
2	96.60 kPa	286.30 kPa	189.70 kPa	2.88%	EMD*
3	192.20 kPa	473.50 kPa	473.50 kPa	7.89%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Modo de falla (Por Corte)



ANEXO N°5:

Resultados de los ensayos triaxiales UU en especímenes alterados.



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 07/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	1.86

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	148.50 mm	Relación de vacíos	0.22
Diámetro inicial	70.00 mm	Grado de saturación	184.44%
Peso Unit. Seco inicial	15.01 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	21.42%
SUCS: ML	Límites de Atterberg: LL=34.21 LP=25.50 IP=8.71		

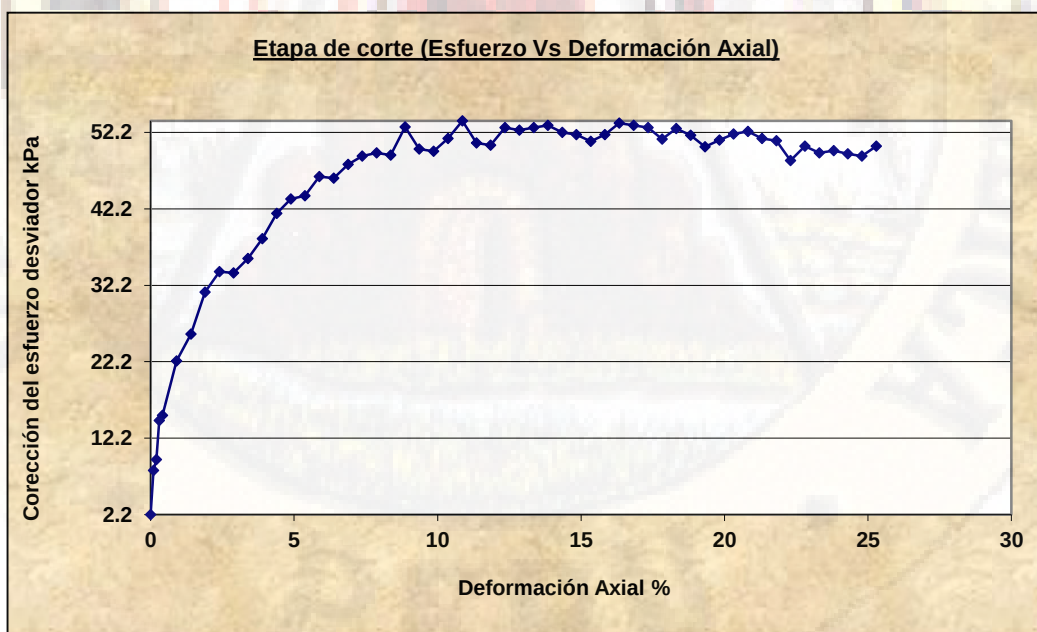
* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	53.70 kPa	Esfuerzo principal mayor	102.2 kPa
Deformación axial	10.86%	Esfuerzo principal menor	48.50 kPa
Peso unitario final	18.22 kN/m ³	Contenido de humedad final	21.42 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	48.50 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena

Calicata: C-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 07/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	1.90

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	145.70 mm	Relación de vacíos	0.22
Diámetro inicial	70.00 mm	Grado de saturación	188.23%
Peso Unit. Seco inicial	15.33 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	21.42%
SUCS: ML	Límites de Atterberg: LL=34.21 LP=25.50 IP=8.71		

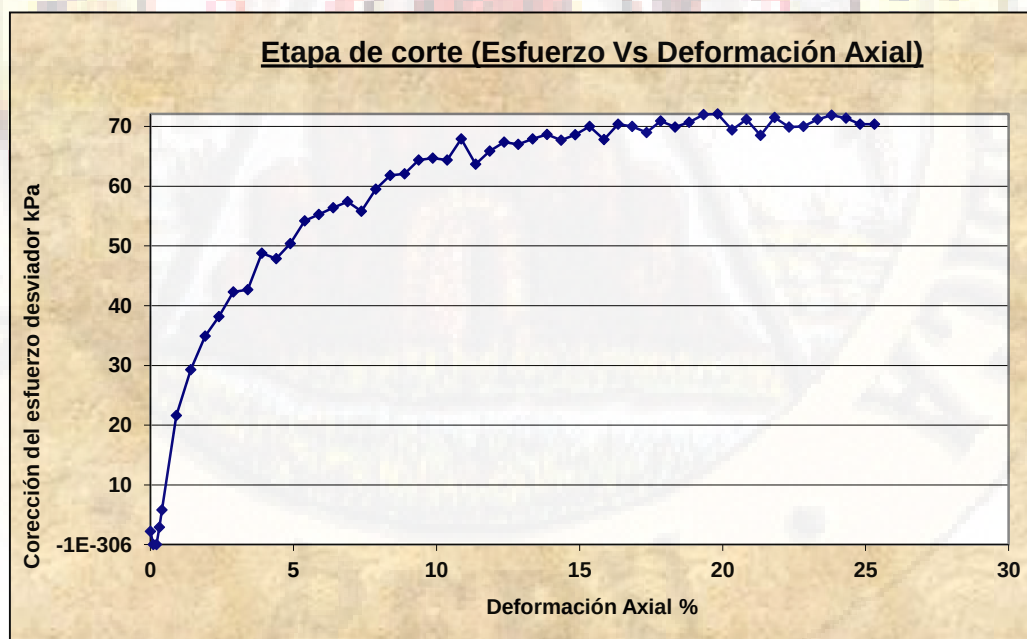
* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	72.10 kPa	Esfuerzo principal mayor	170.10 kPa
Deformación axial	19.83 %	Esfuerzo principal menor	98.00 kPa
Peso unitario final	18.61 kN/m ³	Contenido de humedad final	21.42 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	98.00 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena

Calicata: C-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 07/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	1.88

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	147.00 mm	Relación de vacíos	0.22
Diámetro inicial	70.00 mm	Grado de saturación	186.65%
Peso Unit. Seco inicial	15.17 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	21.42%
SUCS: ML	Límites de Atterberg: LL=34.21 LP=25.50 IP=8.71		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

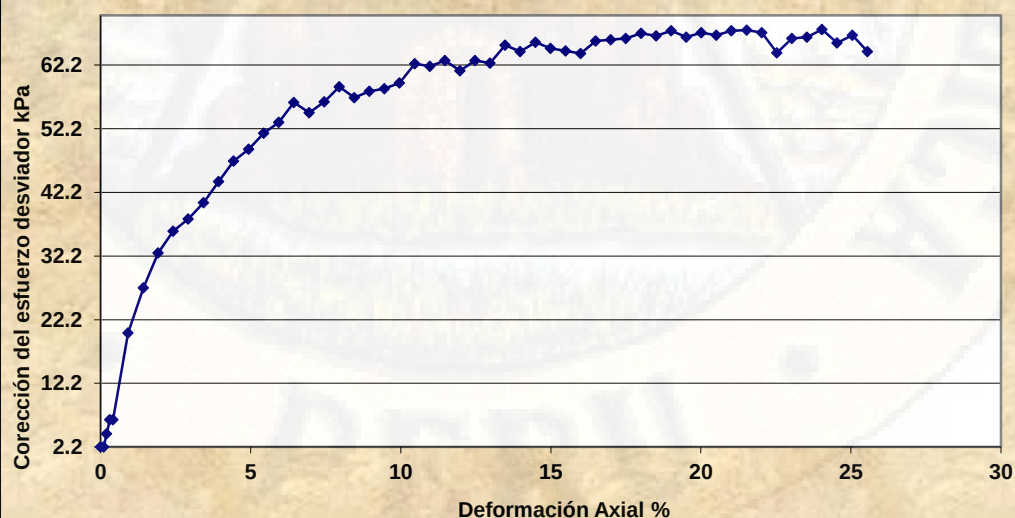
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	67.80 kPa	Esfuerzo principal mayor	214.80 kPa
Deformación axial	24.04 %	Esfuerzo principal menor	147.00 kPa
Peso unitario final	18.42 kN/m ³	Contenido de humedad final	21.42 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	147.00 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

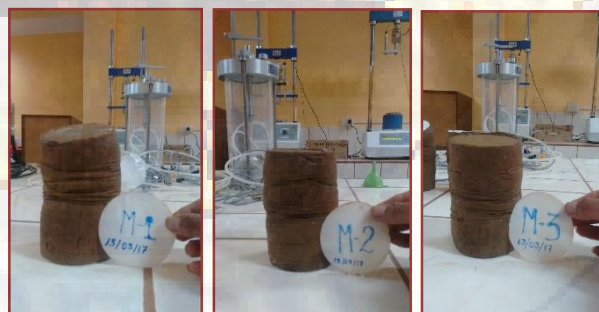
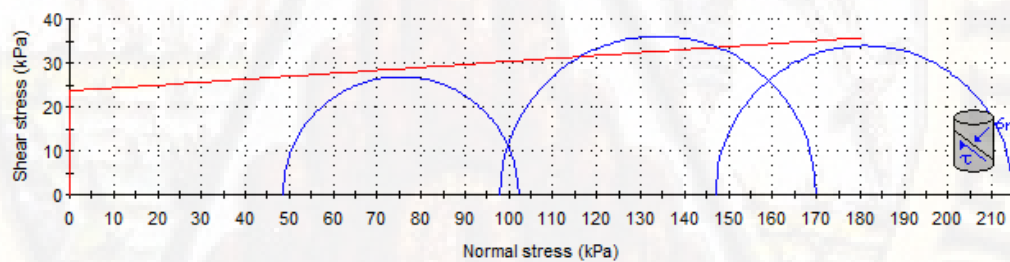
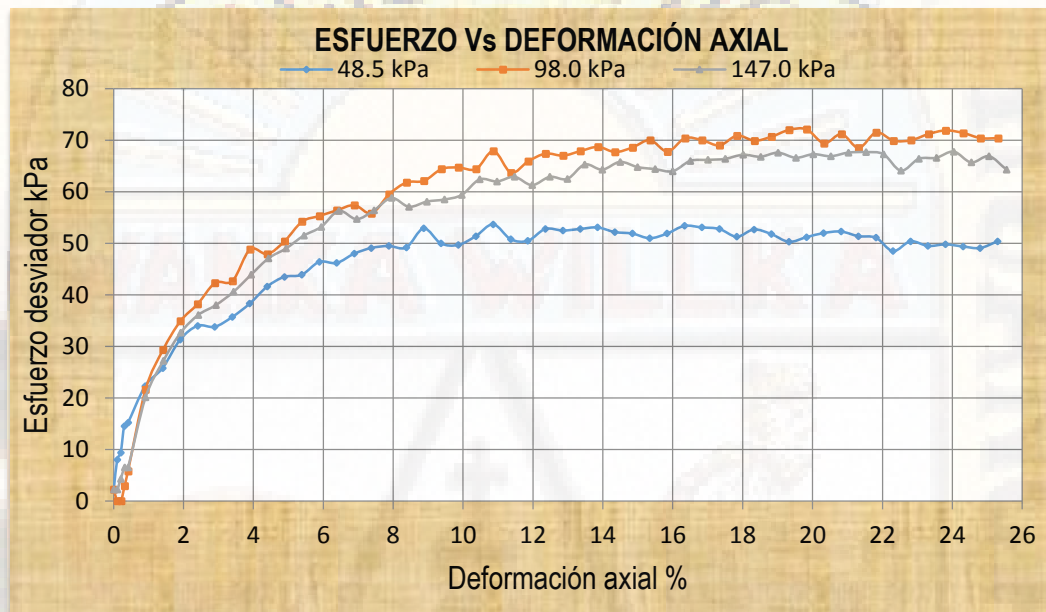
Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



Resumen

Espécimen Alterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	48.50 kPa	102.20 kPa	53.70 kPa	10.86%	EMD*
2	98.00 kPa	170.10 kPa	72.10 kPa	19.83%	EMD*
3	147.00 kPa	214.80 kPa	67.80 kPa	24.04%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Modo de falla (Por Aplastamiento)



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena

Calicata: C-02

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 13/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.60 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.08

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	142.00 mm	Relación de vacíos	0.11
Diámetro inicial	70.00 mm	Grado de saturación	211.95%
Peso Unit. Seco inicial	18.30 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	16.09%
SUCS: SM	Límites de Atterberg: LL=16.68 LP=15.52 IP=1.17		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

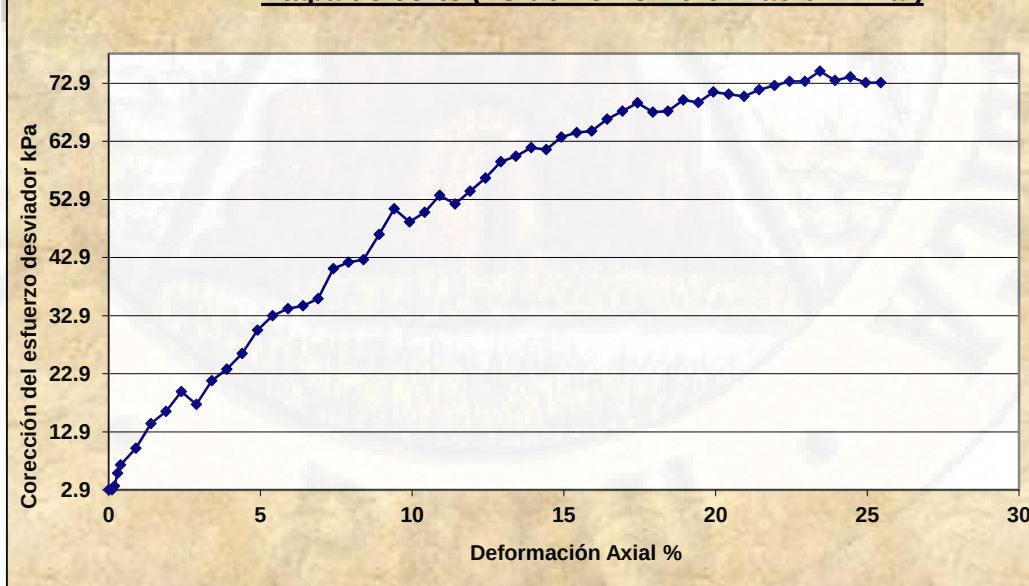
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	71.10 kPa	Esfuerzo principal mayor	119.60 kPa
Deformación axial	23.44 %	Esfuerzo principal menor	48.50 kPa
Peso unitario final	20.44 kN/m ³	Contenido de humedad final	16.09 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	48.50 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-02

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 13/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.09

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	142.00 mm	Relación de vacíos	0.12
Diámetro inicial	70.00 mm	Grado de saturación	205.14%
Peso Unit. Seco inicial	18.32 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	16.09%
SUCS: SM	Límites de Atterberg: LL=16.68 LP=15.52 IP=1.17		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

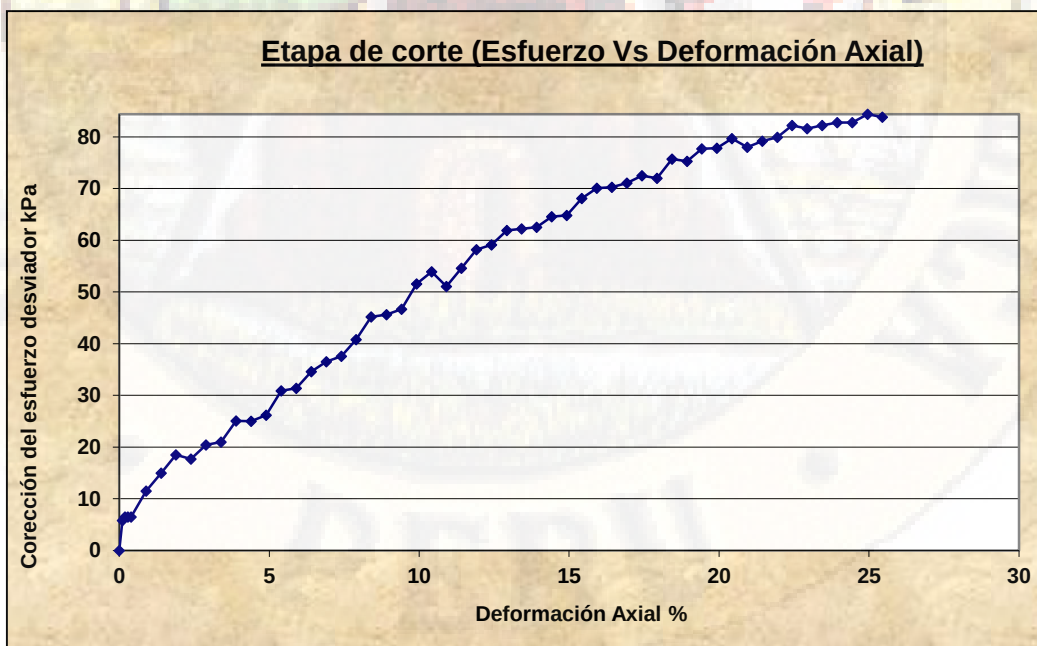
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	81.60 kPa	Esfuerzo principal mayor	178.20 kPa
Deformación axial	24.95 %	Esfuerzo principal menor	96.60 kPa
Peso unitario final	20.46 kN/m ³	Contenido de humedad final	16.09 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	96.60 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-02

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 13/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.20 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.09

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	142.00 mm	Relación de vacíos	0.12
Diámetro inicial	70.00 mm	Grado de saturación	207.02%
Peso Unit. Seco inicial	18.34 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	16.09%
SUCS: SM	Límites de Atterberg: LL=16.68 LP=15.52 IP=1.17		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

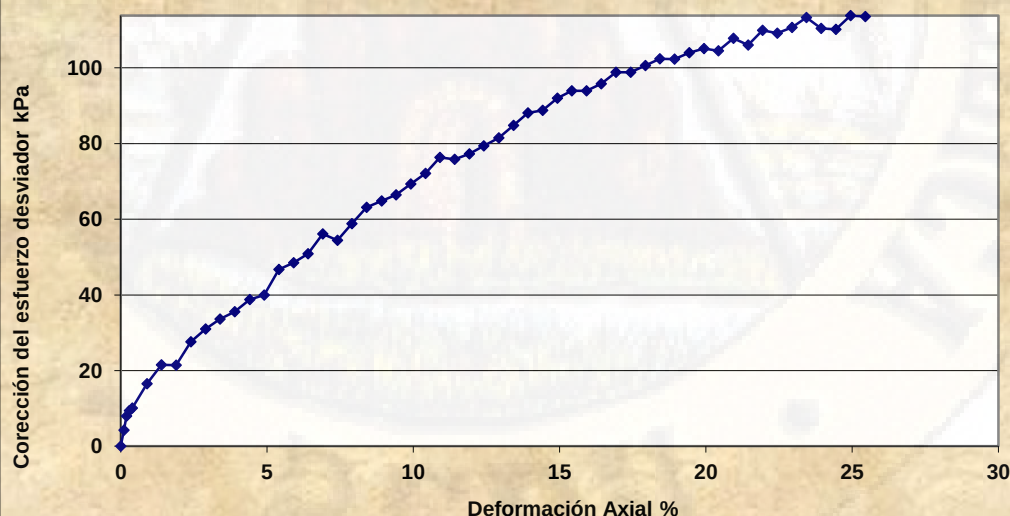
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	116.50 kPa	Esfuerzo principal mayor	260.90 kPa
Deformación axial	24.95 %	Esfuerzo principal menor	144.40 kPa
Peso unitario final	20.48 kN/m ³	Contenido de humedad final	16.09 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	144.40 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

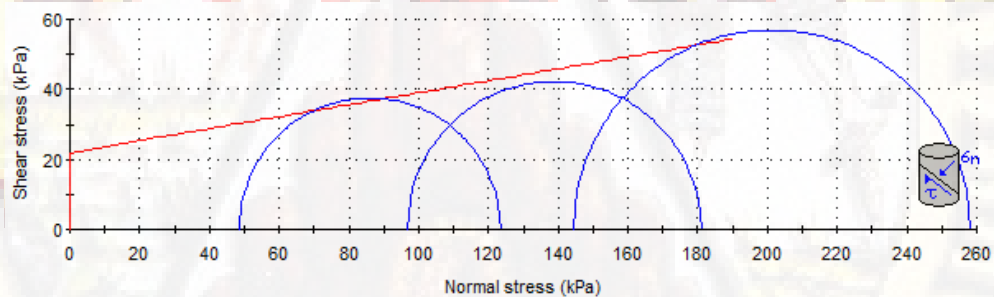
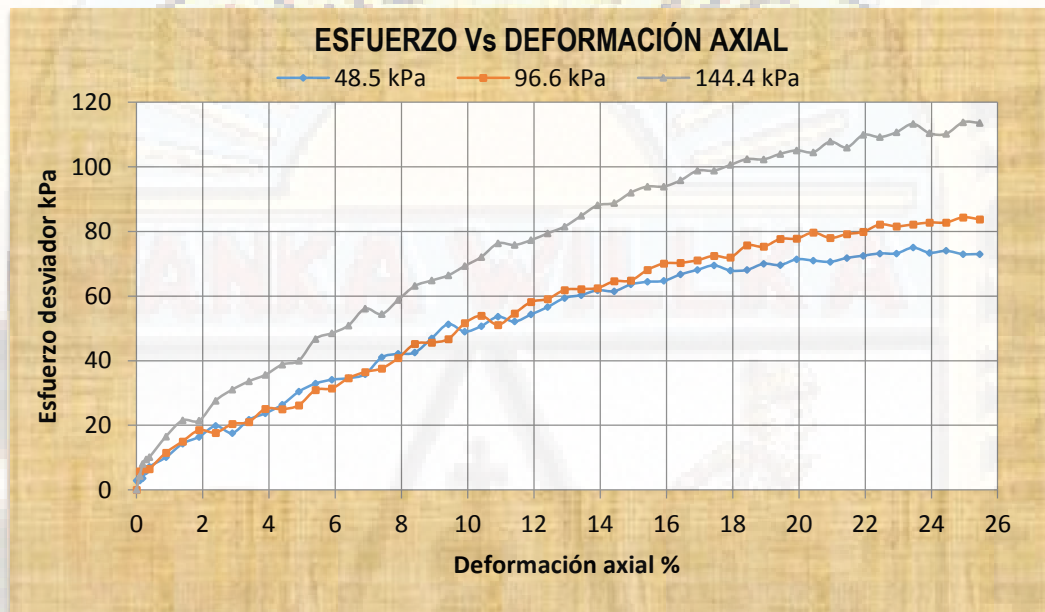
Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



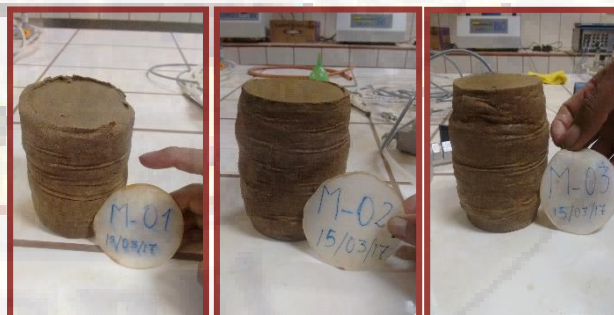
Resumen

Espécimen Alterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	48.50 kPa	119.60 kPa	71.10 kPa	23.44%	EMD*
2	96.60 kPa	178.20 kPa	81.60 kPa	24.95%	EMD*
3	144.40 kPa	260.90 kPa	116.50 kPa	24.95%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Mohr-Coulomb Criterion
cohesion = 18.157 kPa
friction angle = 11.029 deg



Modo de falla (Por Aplastamiento)



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-03

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 17/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.70 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.12

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	141.33 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	70.11 mm	Grado de saturación	209.60%
Peso Unit. Seco inicial	17.63 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.79%
SUCS: SC-SM	Límites de Atterberg: LL=24.96 LP=20.78 IP=4.18		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

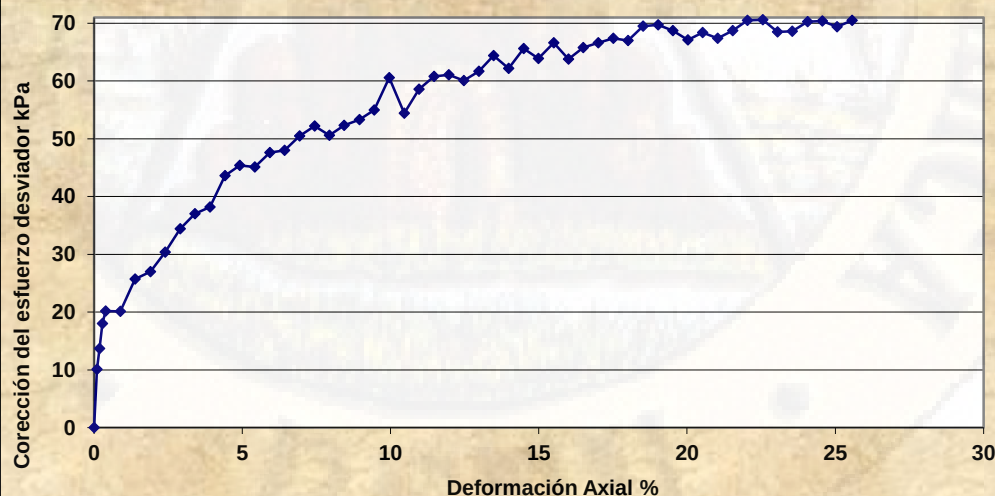
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	70.60 kPa	Esfuerzo principal mayor	118.80 kPa
Deformación axial	22.55 %	Esfuerzo principal menor	48.20 kPa
Peso unitario final	20.76 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.79 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	48.20 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Calicata: C-03

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 17/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.70 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.10

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	142.57 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	70.02 mm	Grado de saturación	213.33%
Peso Unit. Seco inicial	17.53 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.79%
SUCS: SC-SM	Límites de Atterberg: LL=24.96 LP=20.78 IP=4.18		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

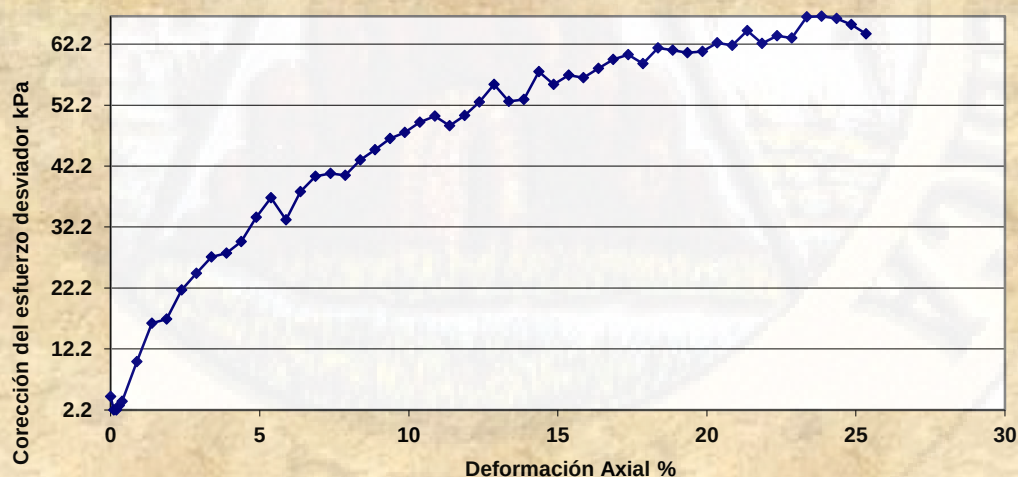
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	66.80 kPa	Esfuerzo principal mayor	164.00 kPa
Deformación axial	23.85 %	Esfuerzo principal menor	97.20 kPa
Peso unitario final	20.65 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.79 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	97.20 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taípe Sedano, María Elena

Calicata: C-03

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 17/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	1.70 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.15

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	142.23 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	69.31 mm	Grado de saturación	214.69%
Peso Unit. Seco inicial	17.90 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.79%
SUCS: SC-SM	Límites de Atterberg: LL=24.96 LP=20.78 IP=4.18		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

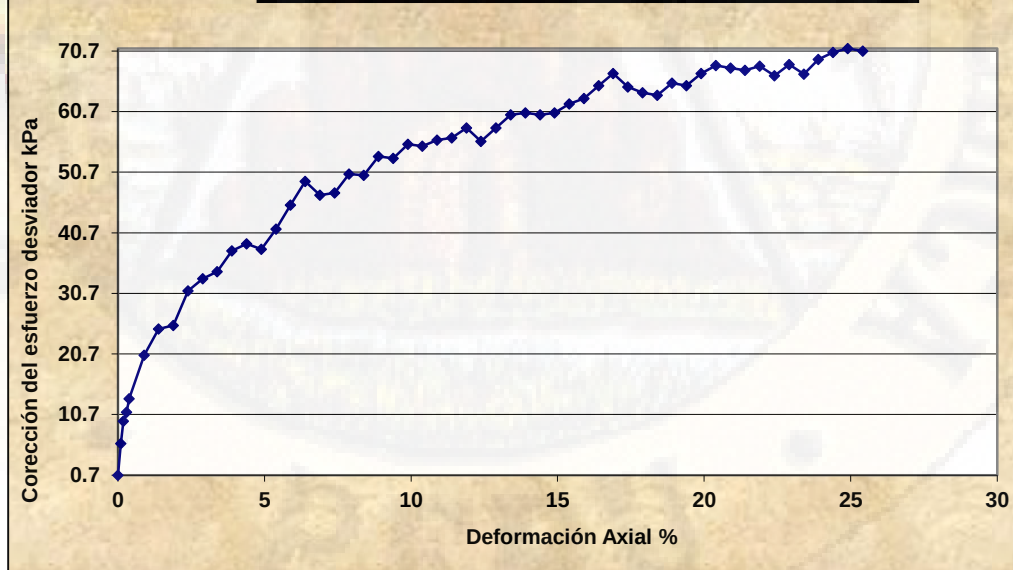
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	71.10 kPa	Esfuerzo principal mayor	215.3 kPa
Deformación axial	24.90 %	Esfuerzo principal menor	144.10 kPa
Peso unitario final	21.45 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.79 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	144.10 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

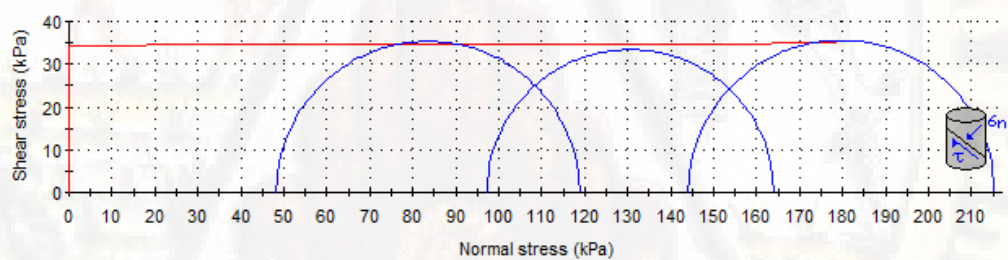
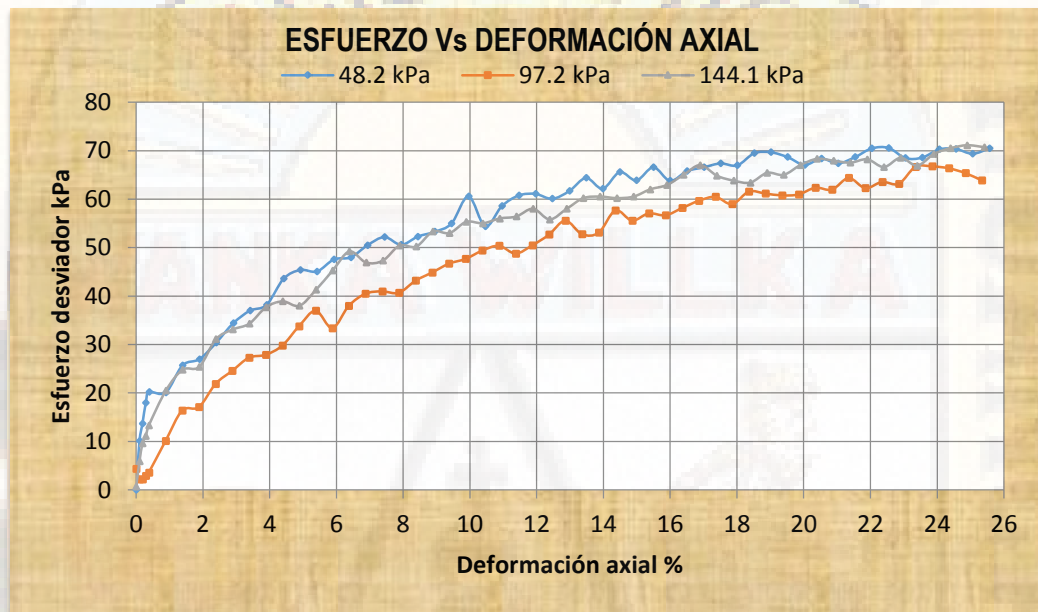
Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



Resumen

Espécimen Alterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	48.20 kPa	118.80 kPa	70.60 kPa	22.55%	EMD*
2	97.20 kPa	164.00 kPa	66.80 kPa	23.85%	EMD*
3	144.10 kPa	215.30 kPa	71.10 kPa	24.90%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Mohr-Coulomb Criterion
cohesion = 34.398 kPa
friction angle = 0.161 deg



Modo de falla (Por Aplastamiento)



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Trinchera: T-01

Proyecto : "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 20/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	5.50 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.17

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	143.00 mm	Relación de vacíos	0.17
Diámetro inicial	69.98 mm	Grado de saturación	216.96%
Peso Unit. Seco inicial	18.14 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.38%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=24.22 LP=16.67 IP=7.55		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

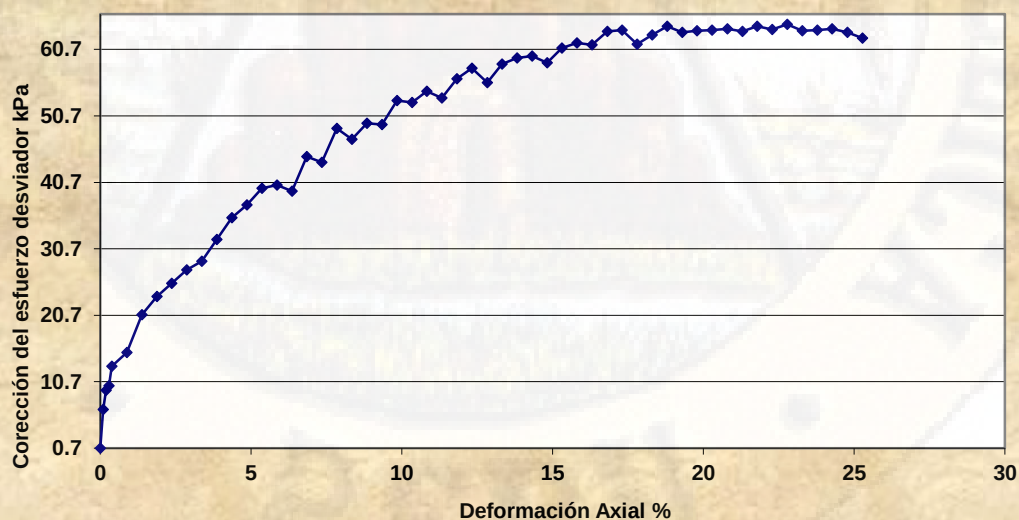
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	64.50 kPa	Esfuerzo principal mayor	112.30 kPa
Deformación axial	22.78 %	Esfuerzo principal menor	47.80 kPa
Peso unitario final	21.29 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.38 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	47.80 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Trinchera: T-01

Proyecto : "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 20/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	5.50 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.18

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	142.73 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	69.92 mm	Grado de saturación	216.27%
Peso Unit. Seco inicial	18.20 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.38%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=24.22 LP=16.67 IP=7.55		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

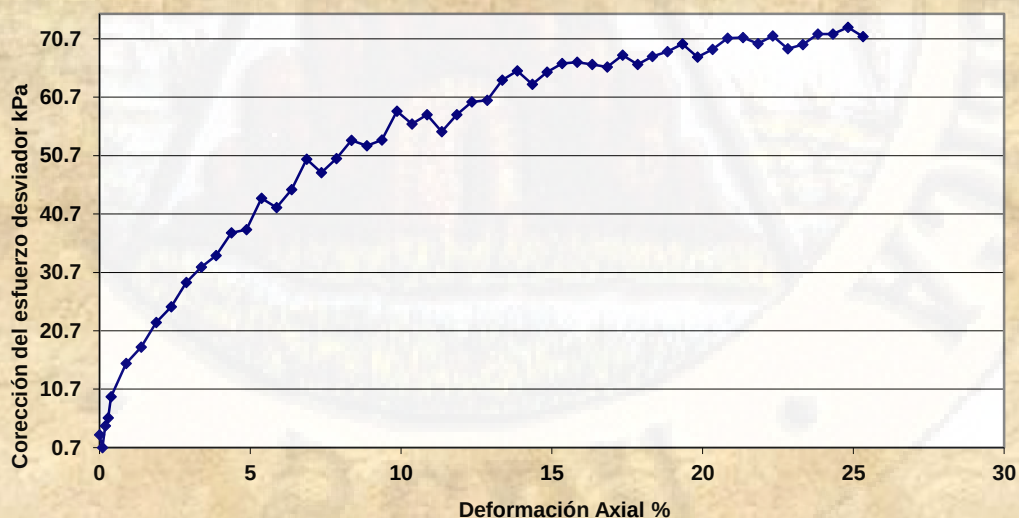
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	72.70 kPa	Esfuerzo principal mayor	169.00 kPa
Deformación axial	24.82 %	Esfuerzo principal menor	96.30 kPa
Peso unitario final	21.36 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.38 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	96.30 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Trinchera: T-01

Proyecto: "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 20/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	5.50 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.17

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	143.00 mm	Relación de vacíos	0.18
Diámetro inicial	70.09 mm	Grado de saturación	213.88%
Peso Unit. Seco inicial	18.09 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	17.38%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=24.22 LP=16.67 IP=7.55		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

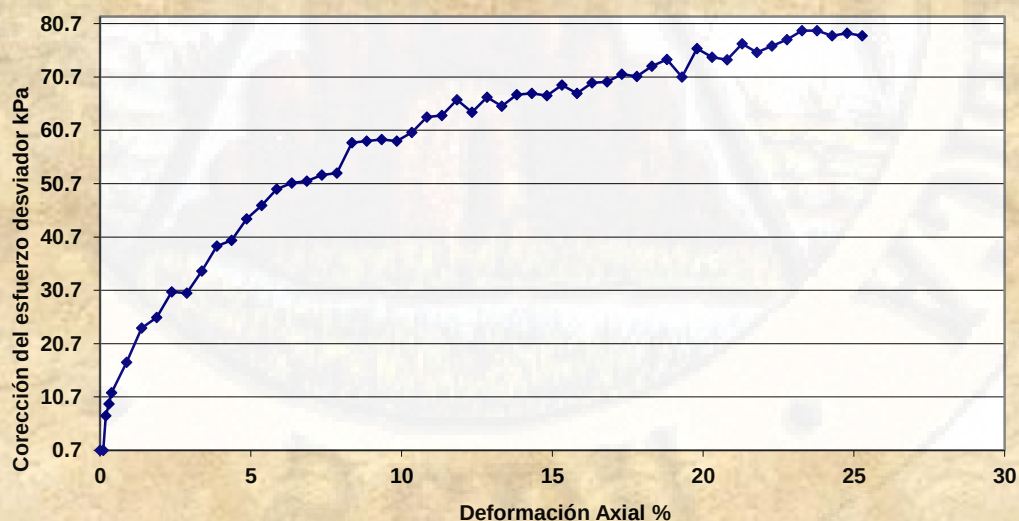
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	79.40 kPa	Esfuerzo principal mayor	223.70 kPa
Deformación axial	23.28 %	Esfuerzo principal menor	144.30 kPa
Peso unitario final	21.24 kN/m ³	Contenido de humedad final	17.44 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	144.30 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

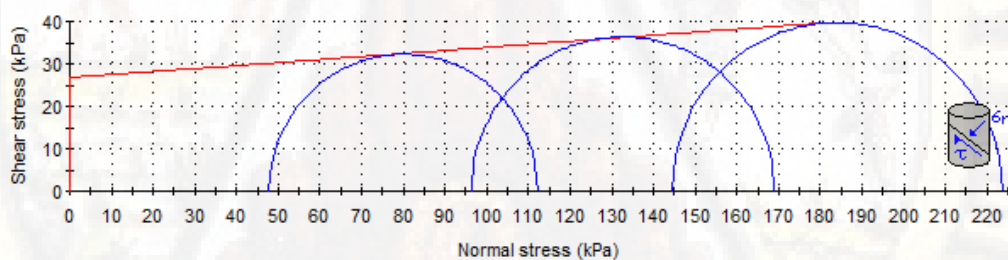
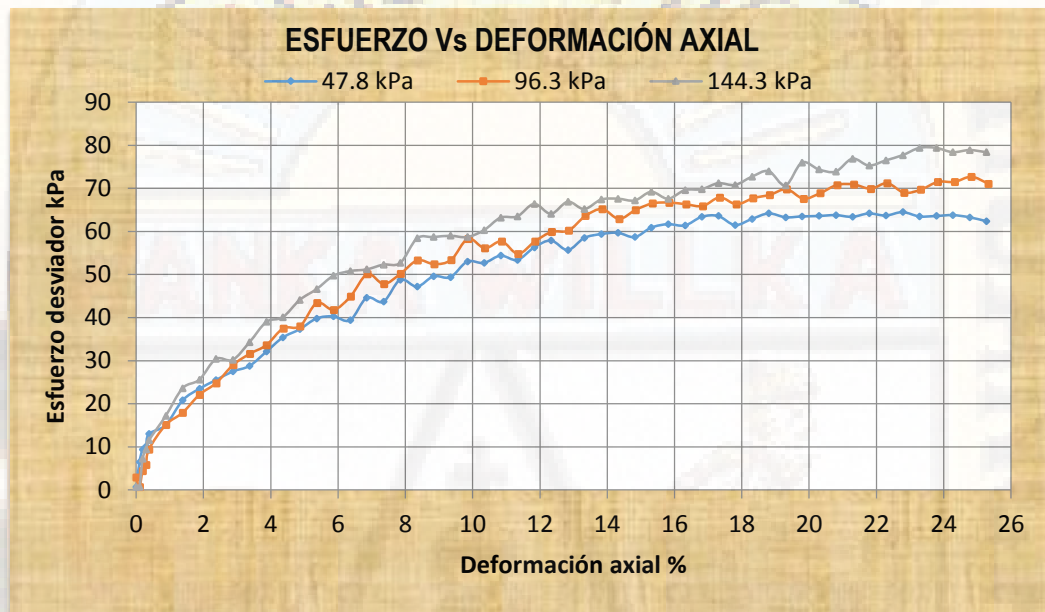
Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



Resumen

Espécimen Alterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	47.80 kPa	112.30 kPa	64.50 kPa	22.78%	EMD*
2	96.30 kPa	169.00 kPa	72.70 kPa	24.82%	EMD*
3	144.30 kPa	223.70 kPa	79.40 kPa	23.28%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Mohr-Coulomb Criterion
cohesion = 26.69 kPa
friction angle = 4.11 deg



Modo de falla (Por Aplastamiento)



Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Trinchera: T-02

Proyecto : "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 23/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	3.10 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.17

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	1	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	143.50 mm	Relación de vacíos	0.15
Diámetro inicial	69.80 mm	Grado de saturación	206.99%
Peso Unit. Seco inicial	17.71 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	15.12%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=31.69 LP=19.83 IP=11.86		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

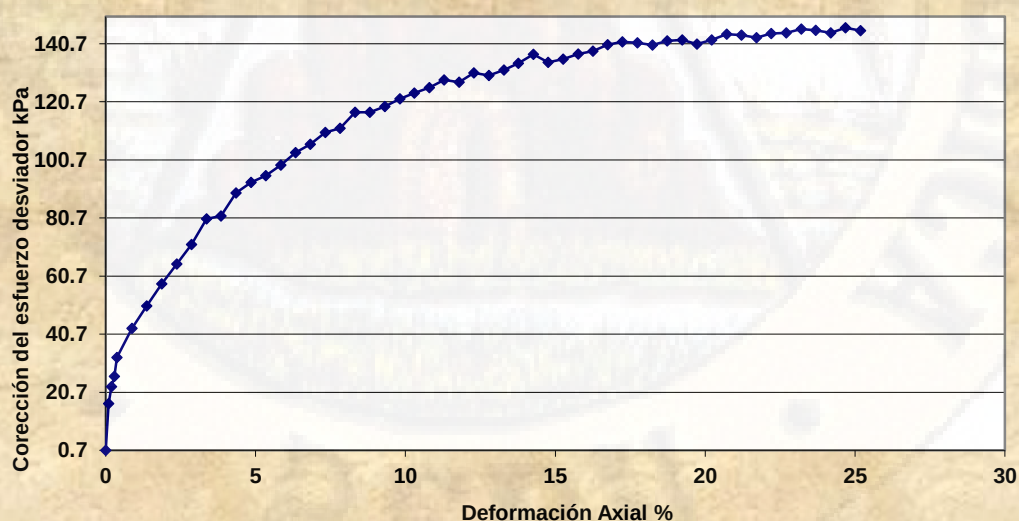
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	145.20 kPa	Esfuerzo principal mayor	195.60 kPa
Deformación axial	24.68 %	Esfuerzo principal menor	49.40 kPa
Peso unitario final	20.39 kN/m ³	Contenido de humedad final	15.12 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	49.40 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena
Trinchera: T-02
Proyecto : "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"
Fecha: 23/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	3.10 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.06

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	2	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	143.10 mm	Relación de vacíos	0.15
Diámetro inicial	70.16 mm	Grado de saturación	207.72%
Peso Unit. Seco inicial	17.57 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	15.12%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=31.69 LP=19.83 IP=11.86		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

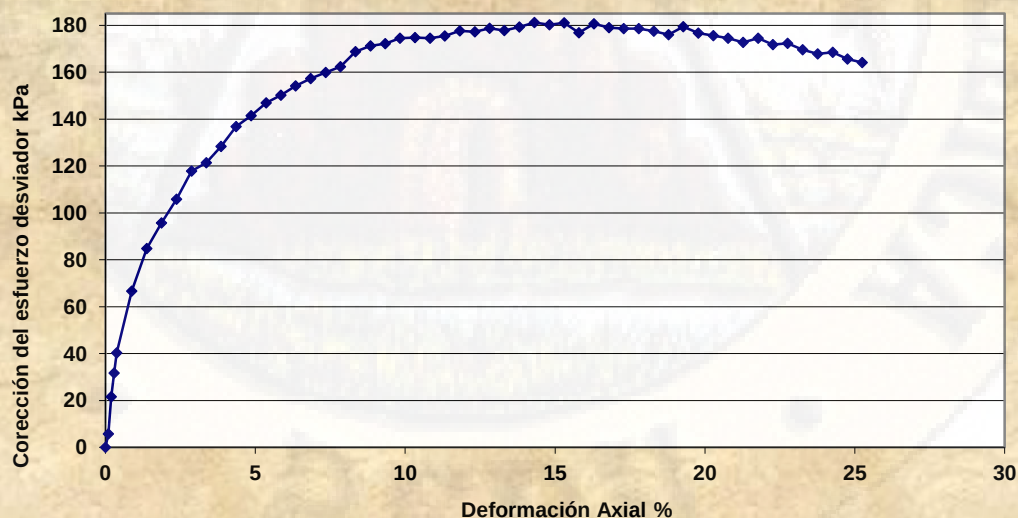
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	181.30 kPa	Esfuerzo principal mayor	277.90 kPa
Deformación axial	14.31 %	Esfuerzo principal menor	96.60 kPa
Peso unitario final	20.23 kN/m ³	Contenido de humedad final	15.12 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	96.60 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	-----------

Etapas de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)





Resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (ASTM D2850-95)



Tesistas: Bach. Pérez Quispe, Vitaliano
Bach. Taipe Sedano, María Elena

Trinchera: T-2

Proyecto : "Influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales"

Fecha: 23/03/17

Prueba y detalle del Espécimen

Tipo de Espécimen	Alterado	Profundidad	3.10 m
Temperatura del Lab.	10.0°	Grav. Espec. de los sólidos	2.05

Detalles del espécimen

N° de Ensayo	3	Preparación:	Remoldeado-Compactado
Altura inicial	142.43 mm	Relación de vacíos	0.15
Diámetro inicial	70.48 mm	Grado de saturación	206.88%
Peso Unit. Seco inicial	17.49 kN/m ³	Contenido de humedad inicial*	15.12%
SUCS: CL	Límites de Atterberg: LL=31.69 LP=19.83 IP=11.86		

* Calculado a partir de pesos iniciales y secos de ejemplares enteros

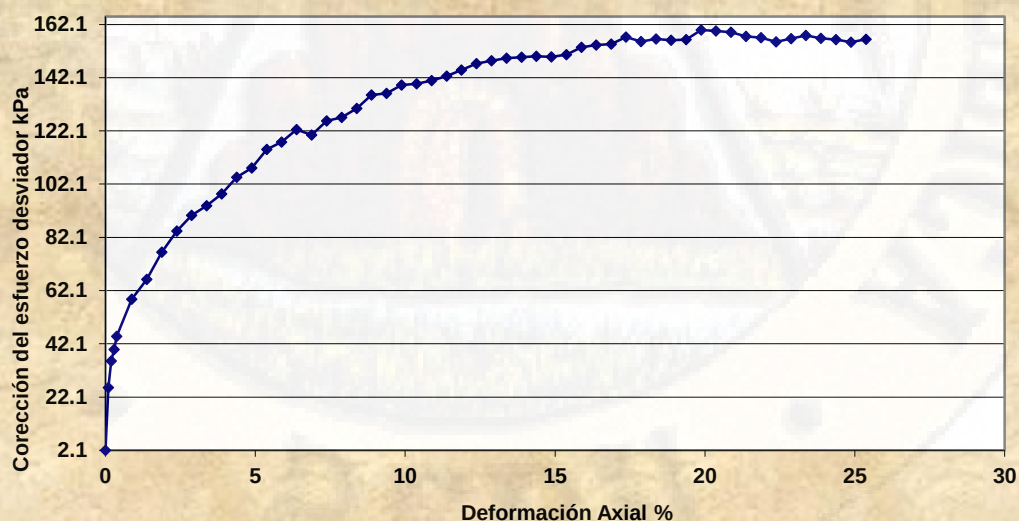
Condiciones de falla

Criterio de falla	Tensión máxima desviador		
Fuerza compresiva	160.00 kPa	Esfuerzo principal mayor	352.10 kPa
Deformación axial	19.87 %	Esfuerzo principal menor	192.10 kPa
Peso unitario final	20.13 kN/m ³	Contenido de humedad final	15.12 %

Condición de corte

Velocidad de deformación axial	1.00%/min	Presión de celda	192.10 kPa
--------------------------------	-----------	------------------	------------

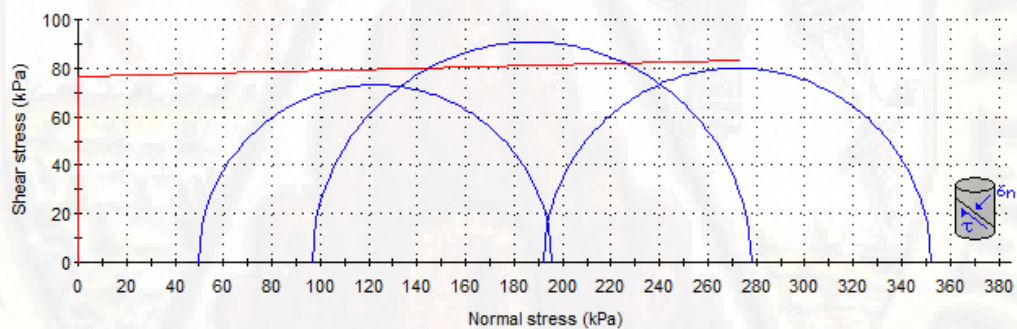
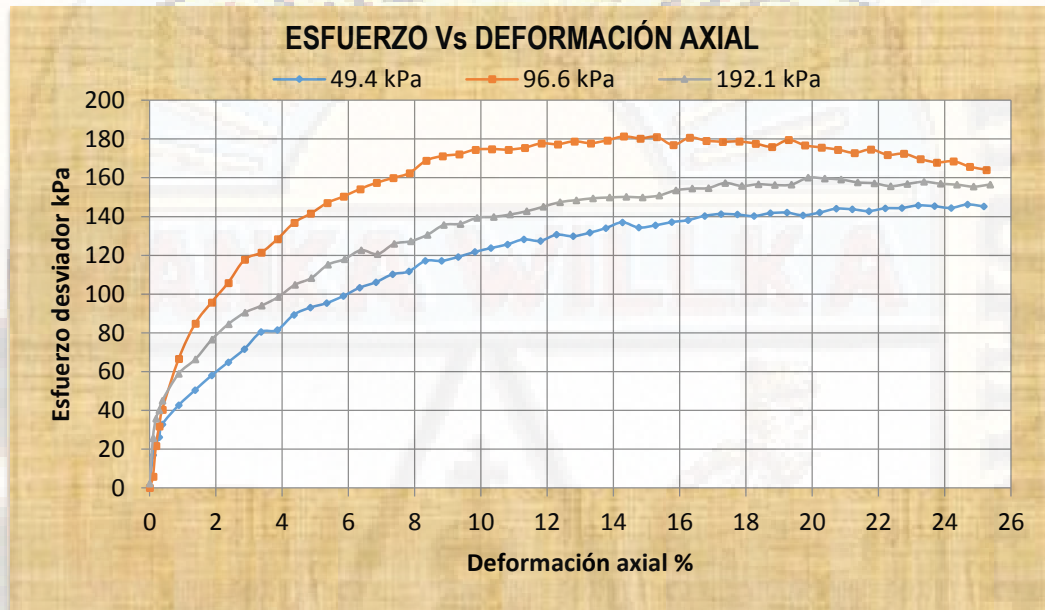
Etapa de corte (Esfuerzo Vs Deformación Axial)



Resumen

Espécimen Alterado	Esfuerzo Principal Menor	Esfuerzo Principal Mayor	Fuerza Compresiva	Tensión	Modo de falla
1	49.40 kPa	195.60 kPa	146.20 kPa	24.68%	EMD*
2	96.60 kPa	277.90 kPa	181.30 kPa	14.31%	EMD*
3	192.10 kPa	352.10 kPa	160.00 kPa	19.87%	EMD*

*Esfuerzo Maximo Desviador



Modo de falla (Por Aplastamiento)



ANEXO N°6:

Artículo científico.

“INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES”

(Pérez Quispe, Vitaliano y Taipe Sedano, María Elena)
Facultad de Ciencias de Ingeniería, UNH.
Huancavelica, Perú

Resumen

El principal objetivo de la investigación fue determinar la influencia al ensayar especímenes inalterados y alterados en los parámetros de resistencia al corte del suelo, la cohesión (C) y ángulo de fricción interna (Φ) mediante ensayos triaxiales tipo no consolidado no drenado (UU) las cuales se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH). Muestras inalteradas fueron tallados para obtener especímenes inalterados (EI) y muestras alteradas compactados en el laboratorio para obtener especímenes alterados (EA) usando como referencia la densidad in situ obtenido con el método de cono de arena y la humedad natural de cada material para obtener tres especímenes como mínimos, trabajados en condición natural. Las muestras de suelo fueron del tipo ML, SM, SM-SC y CL según SUCS, tomados de cinco puntos de exploración a cielo abierto, localizadas a espaldas de la Facultad de Obstetricia y la nueva infraestructura de la Facultad de Educación de la UNH.

Los parámetros de resistencia al corte “ C ” y “ Φ ” se obtuvieron a partir de los esfuerzos principales mayor y menor de ensayos triaxiales UU ajustados con el criterio de falla lineal de Mohr-Coulomb con el software RocData v.4. La “ C ” en EI resultaron mayores que en los EA en un 60% y en el “ Φ ” en un 80% de los puntos de exploración, considerando que los resultados no necesariamente guardan la misma relación directa en cada punto. El análisis estadístico utilizado es el análisis de varianza de medidas repetidas, a pesar de encontrar un $p > 0.05$ y pudiendo afirmar la hipótesis nula. La prueba de sensibilidad evidencia el aumento de la probabilidad de encontrar diferencia significativa con el tamaño muestral, es decir que los valores de “ C ” y “ Φ ” son sensibles a este factor. Para la “ C ” de 5 a 8 datos, la potencia estadística aumenta de 5.50% a 14.60% y para el ángulo de fricción interna aumenta de 27.30% a 53.70% respectivamente, considerando que los 3 datos adicionales para esta prueba se tomaron de investigaciones ya realizadas en el mismo área de estudio. Concluyendo finalmente que existe influencia significativa en los parámetros de resistencia al corte del suelo estudiados en la presente investigación.

Palabras clave: cohesión, ángulo de fricción interna, espécimen inalterado, espécimen alterado, suelo, ensayo triaxial, densidad in situ, condición natural, sensibilidad.

1. Introducción

En la actualidad nos encontramos en el auge de la construcción, sin embargo, en muchos casos estas edificaciones no están cimentadas bajo un criterio técnico de un profesional integral conocido como "Ingeniero Geotécnico", es importante que las fundaciones deben ser planteadas de acuerdo a los resultados de un estudio de mecánica de suelos que reflejen las propiedades reales del terreno donde se asentará una obra civil, logrando la seguridad necesaria ante cualquier desastre natural. Por lo tanto, un adecuado estudio de mecánica de suelos puede reducir daños ante los desastres naturales a las que estén propensas las obras civiles.

La resistencia al corte de un suelo es necesaria para evaluar diferentes análisis Geotécnicos y propósitos de diseño, como la evaluación de estabilidad de taludes, diseño de cimentaciones para estructuras y el cálculo de la estabilidad de estructuras de contención. Mediante ensayos triaxiales tipo UU, se determinará la resistencia límite al corte y la determinación de parámetros mecánicos C y Φ en especímenes inalterados y alterados.

Una de las ventajas del ensayo triaxial es que es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante en especímenes cilíndricos, sin embargo, existen suelos donde no se puede obtener las muestras

inalteradas de la forma que se requiere para este tipo de ensayo, pero ello con método de compactación se puede aproximar un espécimen alterado a la estructura natural del suelo.

Las muestras inalteradas pueden obtenerse en bloque, en tubo de pared delgada u otra metodología siguiendo normativas aplicables, estas deben mantener inalteradas sus propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo, en mayor de los casos es aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención. Los especímenes inalterados son porciones de suelos que se toman generalmente tallando la muestra inalterada, debe protegerse contra pérdidas de humedad envolviéndola en unas o más capas debidamente impermeabilizadas con brea, parafina y poliuretano.

Las muestras alteradas son porciones de suelo que no guardan las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde proceden. Los especímenes alterados pueden obtenerse mediante técnicas de compactación de las muestras alteradas.

El propósito de conocer los parámetros de resistencia al corte del suelo al realizar ensayos triaxiales UU, en especímenes inalterados y especímenes alterados bajo

condiciones naturales, cuyo objetivo principal consiste en determinar la influencia del tipo de espécimen ensayado en la obtención de los parámetros de resistencia a corte del suelo motivó esta investigación.

Con este estudio se evidenciará que un adecuado estudio geotécnico brindará seguridad y reducirá costos a corto, mediano y largo plazo.

Materiales y métodos

Obtención de muestras

Para el presente estudio se excavaron 6 calicatas denominados (C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6) e identificación dos trincheras denominados (T-1 y T-2) de las cuales se obtuvieron muestras inalteradas y alteradas. Las muestras inalteradas se extrajeron con tubos bipartidos de PVC SAP ϕ 4" de 25 cm de largo, a partir de estas se obtuvieron 3 especímenes como mínimo por calicata o trinchera para realizar los ensayos triaxiales, con las precauciones necesarias para mantener sus propiedades físicas y mecánicas en su estado natural. Las muestras alteradas para realizar los ensayos triaxiales en especímenes compactados, granulometría y límites de atterberg se extrajeron a granel en bolsas de plástico conservando sus propiedades naturales.

Preparación de los especímenes inalteradas

Los EI se prepararon a partir de muestras inalteradas obtenidas con tubos bipartidos

de diámetro 4", las cuales fueron preservadas y transportados como se define para muestras de los grupo C o D en la Norma D-4220, se partieron longitudinalmente los tubos y cortados los alambres de unión cuidadosamente, se procedió al tallado de tres especímenes cilíndricos a dimensiones requeridas por el equipo triaxial en la relación que la altura es el doble del diámetros (diámetro=7.00 cm y altura=14.00cm), tomando en consideración que el manipuleo de estas sea cuidadosamente para minimizar la alteración, los cambios en la sección transversal o la pérdida en el contenido de humedad.

Preparación de los especímenes alteradas

Los EA serán preparados a partir de muestras a granel utilizando el método de compactación capa a capa sin alterar la humedad de campo, con la densidad del campo obtenido anteriormente con cono de arena, obtenemos la masa de muestra a compactar, para un volumen conocido 558.03 cm^3 ($h=14.50\text{cm}$ $d=7.00\text{cm}$), ajustando el número de capas y número de golpes por capa y compactando con un martillo compactador estándar de 9 lb (4.10 kg), con una caída de 12" (30.50 cm) en un molde bipartido, la parte superior de cada capa debe ser escarificada antes de la adición del material para la próxima capa. En

la tabla 1 se muestran las características para los especímenes alterados.

Tabla 1: Características de los especímenes alterados.

Desc.	ρ (g/cm ³)	Masa (g) Calculada	N° capas	N° golpes
C-1	1.93	1070.85	5	9
C-2	2.05	1143.95	5	4
C-3	2.13	1158.46	5	8
T-1	2.14	1197.89	5	8
T-2	2.05	1143.95	5	8

Para la ejecución del ensayo se registró las medidas de los tres especímenes cilíndricos compactados tales como: diámetro superior, diámetro medio, diámetro inferior y altura, así mismo la masa del espécimen, seguidamente con el probador de membranas se comprobó el estado de la membrana de caucho para colocar la membrana de caucho en el espécimen, utilizando el dispositivo de succión de membrana, finalmente se colocó papel filtro y la piedra porosa en la parte superior e inferior del espécimen.

Los especímenes serán introducidos a la cámara triaxial y ser ensayados.

2. Resultados

Las propiedades físicas de los materiales en estudio se detallan en la tabla 2.

Para la obtención de los parámetros de resistencia del suelo de manera más confiable y un con mejor ajuste de las envolventes de falla se utilizará el software RocData v 4.0. Los resultados obtenidos de

los esfuerzos principales menor y mayor en los ensayos triaxiales para los especímenes inalterados y alterados las serán ingresadas al software RocData y ajustarlos con el criterio de falla lineal de Mohr-Coulomb y obtener los parámetros de resistencia al corte del suelo, cuyos valores se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Parámetros de resistencia al corte del suelo, obtenidos con RocData v.4.

Desc.	Muestra Inalterada		Muestra Alterada	
	ϕ (°)	C (kN)	ϕ (°)	C (kN)
C-1	2.25	46.46	3.84	23.61
C-2	28.85	5.40	11.03	18.16
C-3	5.54	51.89	0.16	34.40
T-1	2.98	35.33	4.11	26.69
T-2	15.36	52.24	1.40	76.52

Para una mejor visualización de los resultados obtenidos se representaron mediante gráficos de barras en la figura 1 y 2.

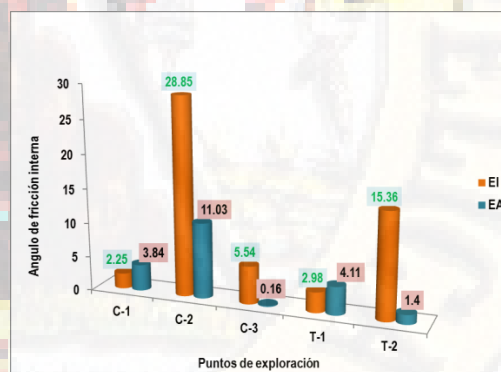


Figura 1: Valores de ángulo de fricción en tipos de especímenes.

En la figura 1, se observa que en la C-2, C-3 y T2 los valores de ángulo de fricción interna en especímenes inalterados son mayores

con respecto a especímenes alterados, por otro lado, en C-1 y T-1 los valores de ángulo de fricción en especímenes inalterados son menores con respecto a especímenes alterados.

Tabla 2: *Propiedades físicas de los materiales en estudio*

Propiedades físicas	C-1	C-2	C-3	T-1	T-2
Contenido de humedad (%) (NTP-339.127)	21.42	16.09	17.79	17.38	15.12
Densidad húmeda					
In situ (g/cm³) (NTP-339.143)	1.93	2.05	2.13	2.14	2.05
Granulometría (NTP-330.128)	% pasa	% que pasa	% pasa	% pasa	% pasa
Tamiz N° 4	97.70	100.00	93.34	92.71	98.35
Tamiz N° 10	95.68	98.88	88.56	89.59	98.49
Tamiz N° 40	90.73	83.52	78.17	84.38	94.41
Tamiz N° 200	68.42	28.52	55.95	58.04	74.50
Límites de Atterberg (NTP-339.129)					
Límite Líquido (%)	34.21	16.68	24.96	24.22	31.69
Límite Plástico (%)	25.50	15.52	20.78	16.67	19.38
Índice de Plast.	8.71	1.17	4.18	7.55	11.86
Clasificación S.U.C.S. (NTP-339.134)	ML	SM	SM-SC	CL	CL

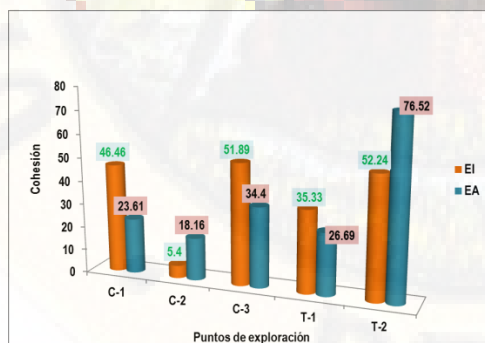


Figura 2: *Valores de cohesión en tipos de especímenes.*

En la figura 2, se observa que en la C-1, C-3 y T-1 los valores de cohesión en especímenes inalterados son mayores con respecto a especímenes alterados, por otro lado, en la C-2 y T-2 los valores de cohesión en especímenes inalterados son menores con respecto a especímenes alterados.

3. Conclusión

Teniendo en cuenta los objetivos propuestos y los resultados obtenidos en la presente investigación se desprenden las siguientes conclusiones:

- El tipo de espécimen influye significativamente en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales UU, considerando que todos los especímenes fueron ensayados en condición natural.
- Se determinó que el tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales UU, con la prueba de sensibilidad de los datos en estudio se afirmó la **hipótesis alterna**. Este análisis evidencia que a mayor tamaño muestral la probabilidad de obtener diferencia significativa aumenta, es decir que las cohesiones obtenidas en los dos tipos de especímenes son sensibles al tamaño muestral.
- Se determinó que el tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales

UU, con la prueba de sensibilidad de los datos en estudio se afirmó la hipótesis alterna. Este análisis evidencia que a mayor tamaño muestral la probabilidad de obtener diferencia significativa aumenta, es decir que los ángulos de fricción interna obtenida en los dos tipos de especímenes son sensibles al tamaño muestral.

4. Recomendaciones

- Se recomienda continuar con la investigación de los parámetros de resistencia al corte de los suelos en la ciudad de Huancavelica comparando los resultados de ensayos triaxiales CU y CD, realizando mayor cantidad de exploraciones con el fin de obtener una mejor interpretación de datos.
- Para un mejor análisis de comparación de los resultados en los parámetros de resistencia al corte del suelo, se recomienda realizar mayor cantidad de ensayos y aplicar el esfuerzo a los especímenes en la misma relación (0.5:1:2).
- Para un mejor ajuste de la envolvente de falla se recomienda la utilización de softwares como RocData u otro que permita obtener los parámetros de resistencia al corte de los suelos con mayor precisión y no un ajuste manual como se realiza en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNH.
- La operación del equipo triaxial debe ser realizada por personal especialista en el funcionamiento del equipo y con conocimientos de geotecnia para la toma de decisiones en campo e interpretación de los resultados.
- Es importante extraer muestras inalteradas para obtener los parámetros de corte del suelo más real a la condición natural in situ, para calcular de forma más aproximada posible la resistencia última de una masa de suelo a diferencia de una muestra alterada.
- Las muestras inalteradas son transportados y manipuladas en laboratorio, se recomienda tener cuidado ya que puede generar microfisuras y alteración en sus propiedades físicas insitu, alterando sus propiedades mecánicas del suelo en estudio.
- Para suelos con presencia de grava donde no se pueden extraer o preparar muestras inalteradas que en ocasiones se deben realizar los ensayos con el material de la matriz solamente, se recomienda para futuras investigaciones, disponer de equipos especializados que permitan de manera directa obtener los parámetros de resistencia la corte del suelo.

5. Referencias

- Arias, F. (2012). *El proyecto de la investigación, Introduccion a la metodología científica* (Sexta ed.).

- Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Bo, C., Hua, L., Ping, Y., Dong, X., & Ping, X. (2010). Triaxial compression test of soil-root composites to evaluate influence of roots on soil shear strength. *Ecological Engineering*, 36, 19-36. doi:10.1016/j.ecoleng.2009.09.005
- Button, K., Ioannidis, J., Mokrysz, C., Nasek, B., Flint, J., Robinson, E., y otros. (2013). Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience.10.1038/nrn3475
- Cometa, S., & Mendez, N. J. (2016). *Correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo triaxial en un suelo arcilloso típico de la zona occidental de Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Córdova, I. (2014). *El informe de investigación cuantitativa*. Lima: San Marcos.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (Quinta ed.). Mexico: Limusa.
- Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Sexta ed.). México: International Thomson Editores.
- Das, B. (2012). *Fundamento de ingeniería de cimentaciones* (Séptima ed.). México: Cengage Learning Editores.
- ELE INTERNATIONAL. (2011). Equipos para pruebas de materiales de construcción. Séptima. Chicago: Estados Unidos.
- Flor, A. (2016). *Determinación de ángulo de fricción y cohesión del suelo mediante correlaciones obtenidas en los ensayos de plasticidad, módulo de elasticidad y nspt de suelos de tres sectores de la ciudad de Quito*. Quito, Ecuador.
- Gómez, J. (2010). *Estudio del comportamiento de suelos no saturados en pruebas triaxiales*. Querétaro, México.
- Guadalupe, D. (2015). *Determinación de la resistencia al corte in situ de los suelos en zonas de peligro sísmico*. Sangolquí, Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México: McGraw-Hill.
- Juárez, E., & Rico, A. (1973). *Fundamentos de la mecánica de suelos* (Segunda ed.). Mexico: Limusa.

- Lozano, B., & Parras, L. (2011). A New method for studying clay soils using unaltered soil blocks. *Catena* 87, 101-106. doi:10.1016/j.catena.2011.05.016
- Pachacama, N. (2015). *Caracterización de canchahuas mediante ensayos triaxiales no consolidados-no drenados(uu) y consolidado no drenado(cu), aplicación a la estabilidad de taludes*. Sangolqui, Ecuador.
- Portillo, M., & Roque, E. (2003). *Metodología de la investigación científica* (Primera ed.). (J. Gutemberg, Ed.) Lima.
- Quesada, J., & Figuerola, J. (2010). *Potencia de una prueba estadística: aplicación e interpretación en ecología del comportamiento*. Barcelona.
- RNE. (2006). *Norma técnica de edificaciones E.050 suelos y cimentaciones*. Lima, Perú.
- Rosales, R. (2007). *Variación de la cohesión y el ángulo de fricción interna obtenidos por los ensayos de corte directo y triaxial con materiales granulares y arcillosos*. Guatemala.
- Ruiz, R. (2017). *El método científico y sus etapas*. México.
- Sanchez, H., & Reyes, C. (1996). *Metodología y diseño en la investigación científica* (Quinta ed.). Lima, Perú: Business Support Aneth.
- Suarez, J. (2009). *Análisis Geotécnico*. Colombia: U.I.S. Escuela de filosofía.
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos.Tomo I: Análisis geotécnico*. Colombia: U. Industrial de Santander.
- Valerio, O. (2011). *Ensayos triaxiales para suelos. Métodos & Materiales, 1*.



ANEXO N°7

Matriz de consistencia.

“INFLUENCIA DEL TIPO DE ESPÉCIMEN EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS TRIAXIALES”

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA						
Problema general ¿De qué manera el tipo de espécimen influirá en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales? Problemas específicos: ¿Cómo influirá el tipo de espécimen en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales? ¿Cómo influirá el tipo de espécimen en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales?	Objetivo general Determinar la influencia del tipo de espécimen en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales. Objetivos Específicos: - Determinar la influencia del tipo de espécimen en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales. - Determinar la influencia del tipo de espécimen en el parámetro de resistencia ángulo	Antecedentes Internacional - Universidad distrital Francisco José de Caldas (2016): Cometa y Mendez, “Correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo triaxial en un suelo arcilloso típico de la zona occidental de Bogota” - Pontificia Universidad Católica del Ecuador (2016): Flor, “Determinación de ángulo de fricción y cohesión del suelo mediante correlaciones obtenidas en los ensayos de plasticidad, módulo de elasticidad y nspt de suelos de tres sectores de la ciudad de Quito”. - Universidad de las Fuerzas Armadas (2015):	Hipótesis general El tipo de espécimen influye significativamente en los parámetros de resistencia al corte del suelo mediante ensayos triaxiales. Hipótesis específicas: - El tipo de espécimen influye significativamente en el parámetro de resistencia cohesión del suelo mediante ensayos triaxiales. - El tipo de espécimen influye significativamente	Identificación de Variables: a. Variable independiente: TIPO DE ESPÉCIMEN GÓMES PINZÓN, Jesús Armando. (2010) Dimensiones: - Especimen inalterado. - Especimen alterado. Indicadores: -Humedad in situ. -Densidad in situ -Peso unitario ○ Unidades -Porcentaje (%)	Tipo: Aplicada Hernández Sampieri (2010). Nivel: Explicativa. Diseño de investigación: DG: Cuasi experimental <table><tr><td>GE</td><td>X</td><td>0₁</td></tr><tr><td>GC</td><td>-</td><td>0₂</td></tr></table> Dónde: GE Grupo Experimental (especímenes alteradas). GC Grupo control (especímenes inalterados) 0₁ y 0₂ Posprueba (medición de los parámetros de resistencia	GE	X	0 ₁	GC	-	0 ₂
GE	X	0 ₁									
GC	-	0 ₂									

	de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales.	Pachacama, "Caracterización de cangahuas mediante ensayos triaxiales no consolidados-no drenados (UU) y consolidado no drenado (CU), aplicación a la estabilidad de taludes." • Universidad Autónoma de Querétaro (2010): Gómez, "Estudio del comportamiento de suelos no saturados en pruebas triaxiales". • Universidad de San Carlos de Guatemala (2007): Rosales, "Variación de la cohesión y el ángulo de fricción interna obtenidos por los ensayos de corte directo y triaxial con materiales granulares y arcillosos". • Nacional No se encontraron investigaciones relacionados al tema de estudio. • Local No se encontraron investigaciones relacionados al tema de estudio.	en el parámetro de resistencia ángulo de fricción interna del suelo mediante ensayos triaxiales.	-gr/cm³ -gr/cm³ b. Variable dependiente: PARÁMETROS DE RESISTENCIA. FLOR ARROYO, Andy David. (2016) ○ Dimensiones: 1. Cohesión. 2. Angulo de fricción interna. ○ Indicadores: -Límites de atterberg. -Granulometría. ○ Unidad: -Grados (°) -Kpa	los suelos ϕ y c) X Condición experimental de la variable independiente. - Ausencia de la condición experimental. Población y Muestra: Población 3 Calicatas y 2 trincheras ubicadas en la ciudad Universitaria. Muestra 3 Calicatas y 2 trincheras ubicadas en la ciudad Universitaria. Se obtendrán 3 especímenes inalterados y 3 especímenes alterados de cada calicata. Muestreo No probabilístico-Por conveniencia
--	---	---	---	---	--

		Definición de términos. • Ensayos triaxiales • No consolidado no drenado (UU) • Circulo de Mohr • Humedad • Peso específico • Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) • Granulometría • Limite liquido • Limite plástico • Densidad en campo		Técnicas e Instrumentos: - Observación - Fichas de datos en campo - Ensayos en laboratorio Técnicas, estadísticas de análisis y Procesamiento de datos. Otros ensayos - Clasificación de suelos- Granulometría - Límites de Atterberg. Ensayos triaxiales: - No consolidado no drenado (UU) La prueba F y análisis de varianza. Software: • Microsoft Excel y Word • Software del equipo triaxial. • SPSS V.25
--	--	---	--	--



ANEXO N°8:

Tablas, cuadros

Figura A. 1: Gráfica de la Unified Soil Classification (según la ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para la clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor de la ASTM INTERNATIONAL.

Criterios para asignar símbolos y nombres de grupo utilizando pruebas de laboratorio			Clasificación del suelo	
			Símbolo de grupo	Nombre de grupo ^a
Suelos de grano grueso: Más de 50% retenido en la malla n.ºm. 200	Gravas	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$ ^b	GW Grava bien graduada ^c
	Más de 50% de la fracción gruesa retenida en la malla n.ºm. 4	Menos de 5% finos	$C_u \geq 4$ y $0.1 \geq C_c \geq 3$ ^b	GP Grava mal graduada ^c
		Gravas con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	GM Grava limosa ^{c,e}
		Más de 12% finos ^d	Los finos se clasifican como CL o CH	GC Grava arcillosa ^{c,e}
	arenas	arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$ ^b	SW Arena bien graduada ^d
Suelos de grano fino: 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla n.ºm. 4		Menos de 5% finos ^d	$C_u \leq 6$ y $0.1 \geq C_c \geq 3$ ^b	SP Arena mal graduada ^d
		Arena con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	SM Arena limosa ^{d,e}
		Más de 12% finos ^d	Los finos se clasifican como CL o CH	SC Arena arcillosa ^{d,e}
	Limos y arcillas	Inorgánicos	$IP > 7$ y se encuentran o arriba de la línea "A" ^{f,g}	CL Arcilla de bajo compresibilidad ^{h,i,j}
Suelos de grano fino: 50% o más para la malla n.ºm. 200		Límite líquido menor que 50	$IP < 4$ o se encuentran debajo de la línea "A" ^{f,g}	ML Limo de bajo compresibilidad ^{h,i,j}
		Orgánicos	Límite líquido—seco en horno < 0.75	OL Arcilla orgánica ^{h,i,j}
			Límite líquido—no seco	LO Limo orgánico ^{h,i,j}
	Limos y arcillas	Inorgánicos	IP se encuentran en o arriba de la línea "A" ^{f,g}	CH Arcilla de alta compresibilidad ^{h,i,j}
	Límite líquido 50 o mayor	IP se encuentran debajo de la línea "A" ^{f,g}		MH Limo de alta compresibilidad ^{h,i,j}
Suelos altamente orgánicos		Orgánicos	Límite líquido—seco en horno < 0.75	OH Arcilla orgánica ^{h,i,j}
			Límite líquido—no seco	LO Limo orgánico ^{h,i,j}
		Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico		PT Turba

^a Con base en el material que pasa la malla de 75 mm (3 in.).

^b Si la muestra de campo contiene más de 12% de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.

^c Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos débiles con arcilla, GW-GC; gravas mal graduadas con limo, GP-GM; grava mal graduada con arcilla, GP-GC.

^d Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos débiles con arcilla, SW-SC; arena mal graduada con limo, SP-SM; arena mal graduada con arcilla, SP-SC.

^e Si el suelo contiene $\geq 1\%$ de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.

^f Si los finos se clasifican como CL-MH, utilice el símbolo doble GC-OH o SC-SM.

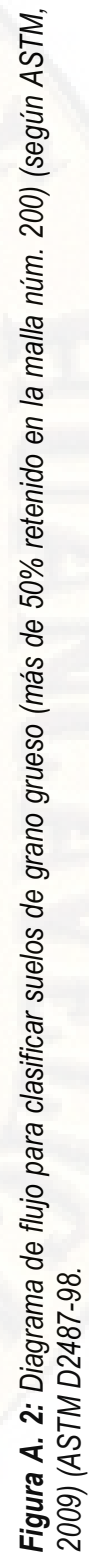
^g Si el suelo contiene $\geq 1\%$ de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.

^h Si el suelo contiene $\geq 1\%$ de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.

ⁱ Si los límites de Atterberg se encuentran en el área sombreada, el suelo es una arcilla limosa, CL-ML.

^j Si el suelo contiene $\geq 30\%$ más la malla n.ºm. 200 que la malla n.ºm. 40, agregue "grueso" al nombre de grupo.

^k Si el suelo contiene $\geq 30\%$ más la malla n.ºm. 200 que la malla n.ºm. 40, agregue "grueso" al nombre de grupo.



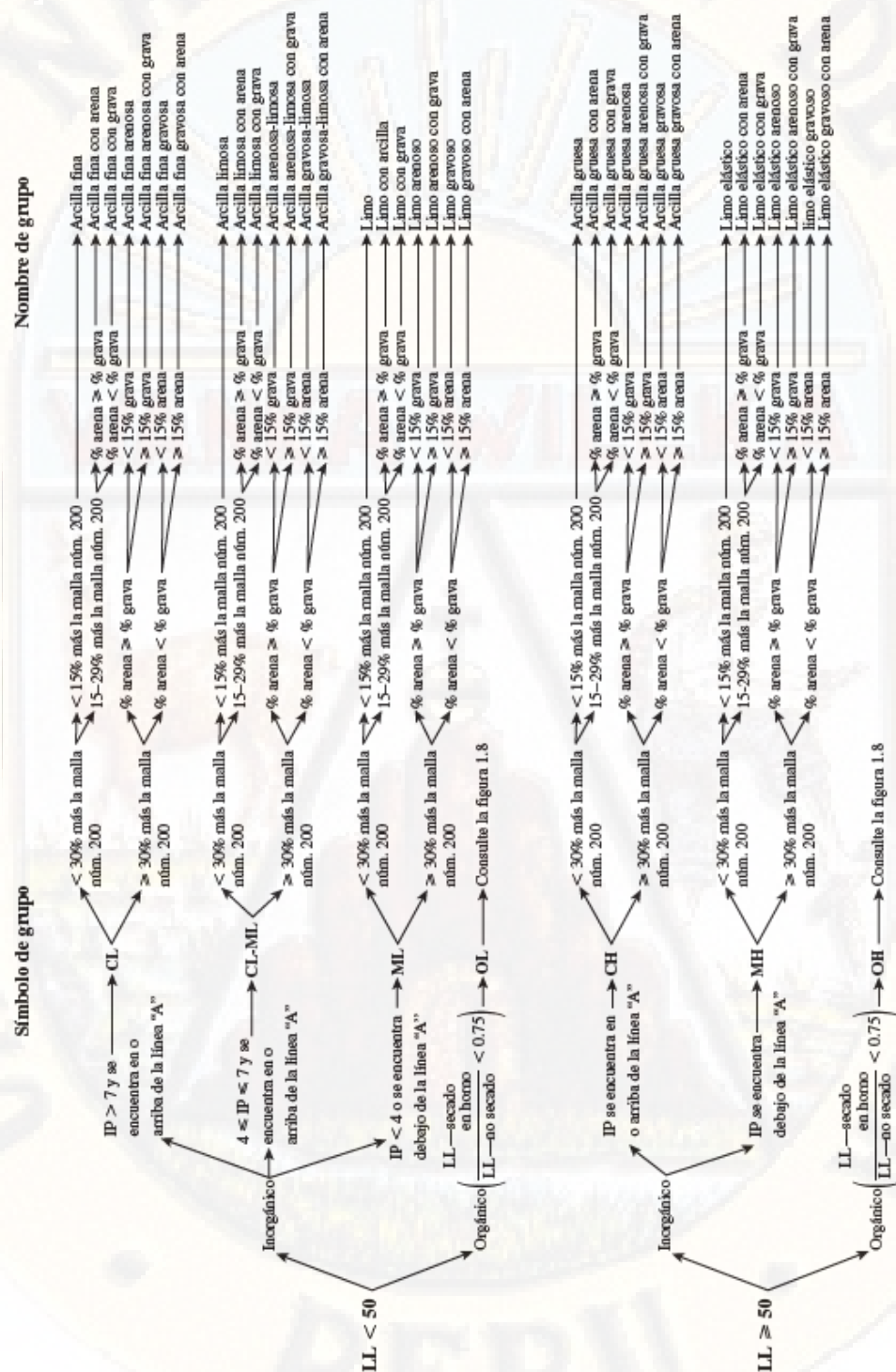


Figura A. 3: Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino (50% o más pasa la malla núm. 200) (según ASTM, 2009)
(ASTM D2487-98)

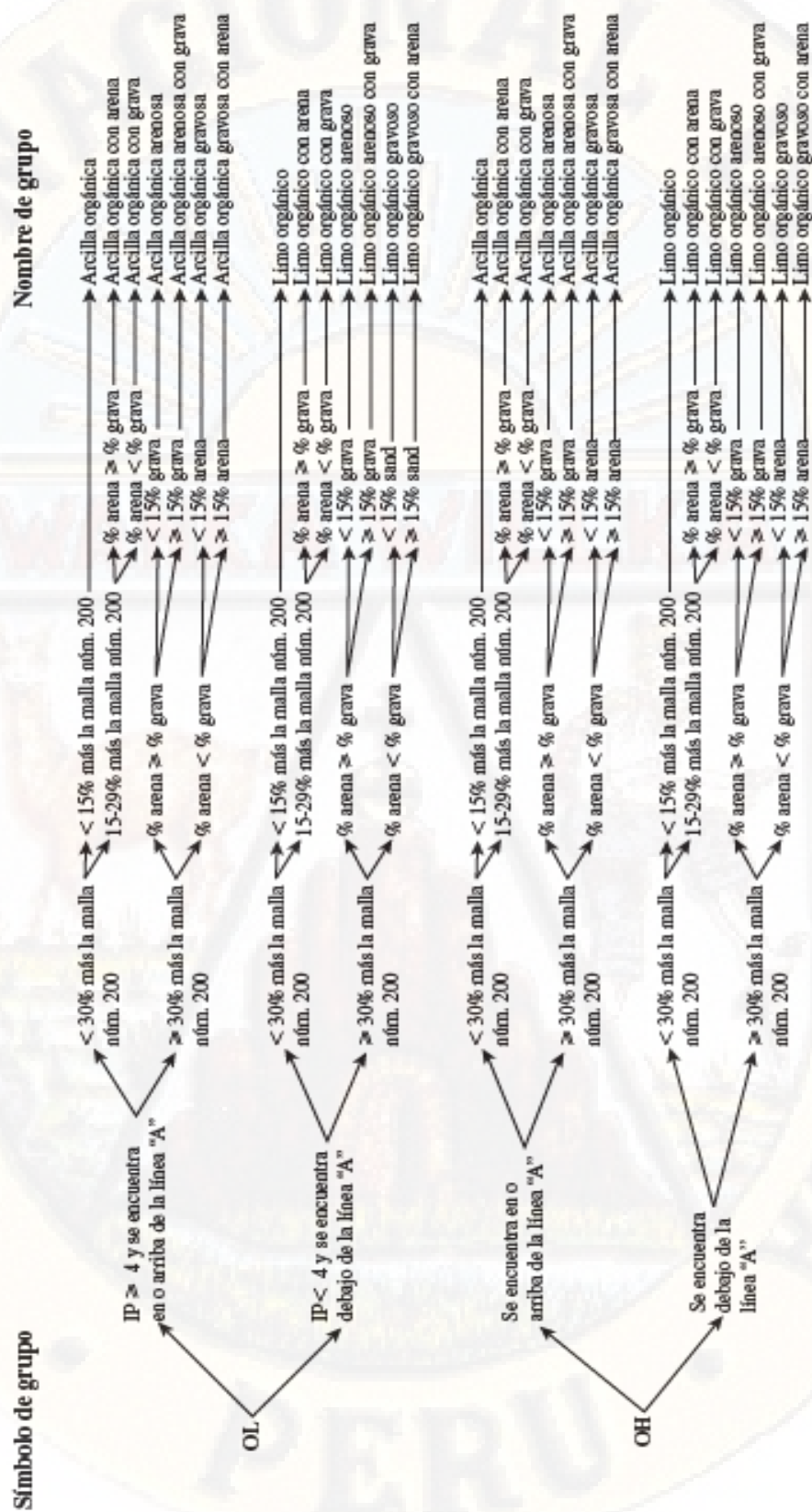


Figura A. 4: Diagrama de flujo para clasificar suelos orgánicos de grano fino (50% o más pasa la malla núm. 200) (según ASTM, 2009) (ASTM D2487-98).



ANEXO N°9:

Planos



”INFLUENCIA
DEL TIPO DE
ESPÉCIMEN
EN LOS
PARÁMETROS
DE
RESISTENCIA
AL CORTE
DEL SUELO
MEDIANTE
ENSAYOS
TRIAXIALES”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
GEOTÉCNIA

PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

* Bach/Ing. PÉREZ QUISPE,
VITALIANO

* Bach/Ing. TAÍPE SEDANO,
MARÍA ELENA

ASESOR:

Ing°. GASPARD PACO, CARLOS

PLANO:

UBICACIÓN
LOCALIZACIÓN

LÁMINA:

UL

UBICACIÓN:

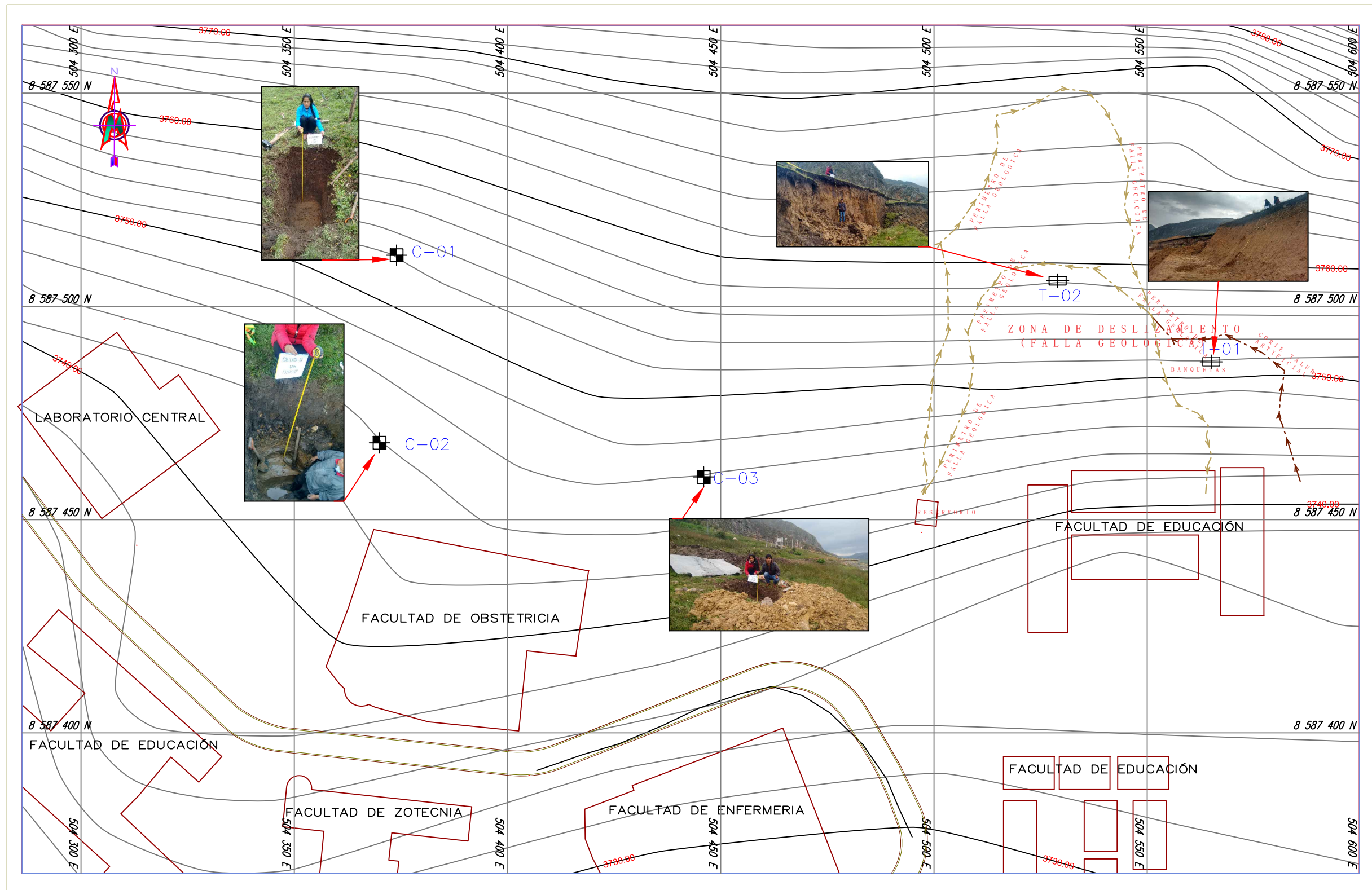
DEPART. : HUANCAVELICA
PROVINCIA : HUANCAVELICA
DISTRITO : HUANCAVELICA
LUGAR : CIUDAD UNIVERSITARIA

AÑO:

2018

ESCALA:

INDICADA



LEYENDA	
	CURVAS PRIMARIAS (10m)
	CURVAS SECUNDARIAS (2m)
	CALICATA
	TRINCHERA

COORDENADAS UTM			
DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	COTA (m.s.n.m)
C-01	504374	8587512	3752
C-02	504370	8587468	3744
C-03	504446	8587460	3746
C-04	504373	8587493	3748
C-05	504411	8587486	3751
C-06	504399	8587495	3751
T-01	504565	8587487	3752
T-02	504529	8587506	3758

UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

ESC.: 1/1000