

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS
FINOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROÓSMOSIS”**

TESIS

PRESENTADO POR:

JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS
UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROÓSMOSIS

TESIS PRESENTADO POR:

JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL



FECHA DE SUSTENTACIÓN: 29 DE MAYO DEL 2018

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :
M.Sc. EDGAR VIDAL HURTADO CHAVEZ

PRIMER MIEMBRO :
M.C. EMILIO CASTILLO ARONI

SEGUNDO MIEMBRO :
Ing. RAUL FERNANDO ECHEGARAY CHAMBI

DIRECTOR DE TESIS :
D.Sc. FELIX ROJAS CHAHUARES

TEMA: MEJORAMIENTO DE SUELOS FINOS
ÁREA: GEOTECNIA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GEOTECNIA

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a quienes me dieron la vida mi padre **Jaime Javier Cruz Marona** y a mi madre **Mercedes Dominga Balcona Ramos**, que son los mejores del mundo y por su gran esfuerzo y apoyo incondicional que me dieron en culminar esta etapa.

A mis hermanos **Belinda, Jaime, Eloy** por su gran apoyo y aliento de seguir cada día, doy gracias infinitas a Dios por habernos hecho hermanos.

A los que más amo en mi vida, mi linda esposa **Eva Gloria** y a mi hija **Yoselin Mariela**, juntos aprendimos a vivir y apoyarnos incondicionalmente.

JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

A mi madre, **Nemesia Tito** por darme el ejemplo de seguir adelante, por comprenderme y por su inconmensurable esfuerzo en dejarme la profesión como la mejor herencia, y en memoria a mi padre **Santiago Chuquiya**.

YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

AGRADECIMIENTOS

A nuestra institución, Universidad Nacional del Altiplano, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de formarnos profesionales.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por la enseñanza de sus sabios conocimientos que nos dieron en la etapa universitaria, y a la memoria del Ing. Mario Trigo López que compartió sus conocimientos y fue ejemplo de seguir.

A nuestro Director y/o Asesor de Tesis, Ing. Félix Rojas Chahuares incesante en la elaboración y concepción del presente trabajo de investigación.

Al laboratorio de mecánica de suelos de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por su constante apoyo y colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

JOHON CRUZ & YAXON CHUQUIJA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN

ABSTRACT

CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	19
INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1.1. PROBLEMA GENERAL.....	19
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	19
1.2. ANTECEDENTES	20
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.4. HIPÓTESIS	22
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	22
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	22
1.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	22
1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	22
1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	22
1.6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	23

1.6.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
1.6.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.6.3.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	23
CAPÍTULO II.....		25
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....		25
2.1.	MARCO TEÓRICO	25
2.1.1.	ESTRUCTURA DEL SUELO	25
2.1.2.	ARCILLAS.....	26
2.1.3.	CONDICIONES DEL SUELO	26
2.1.5.	RESISTENCIA AL CORTE	33
2.1.6.	FLUJO ELÉCTRICO	34
2.1.7.	CONCEPTOS ELÉCTRICOS BÁSICOS.....	36
2.1.8.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	40
2.1.9.	FUENTE DE ENERGÍA	41
2.1.10.	TIPOS DE ELECTRODOS	42
2.2.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
2.2.1.	DISTRIBUCIÓN “T” DE STUDENT	42
CAPÍTULO III		46
MATERIALES Y MÉTODOS.....		46
3.1.	PROCEDENCIA Y FASE EXPERIMENTAL DE ENSAYOS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1.1.	CANTERA	46

3.2.	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	46
3.3.	FASE EXPERIMENTAL	47
3.4.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE ELECTROÓSMOSIS	48
3.5.	ENSAYOS DE LA MUESTRA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CANTERA SALCEDO.....	48
3.5.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	48
3.5.2.	LÍMITES DE CONSISTENCIA	50
3.5.3.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)	53
3.5.4.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	54
3.6.	ENSAYOS DE LA MUESTRA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CANTERA CHEJOÑA.....	54
3.6.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD (D2216)	54
3.6.2.	LÍMITES DE CONSISTENCIA	56
3.6.3.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)	58
3.6.4.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	59
3.7.	MUESTRAS DE CAMPO.....	59
3.7.1.	ELECTROLITO.....	60
3.8.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELECTROÓSMOSIS	60
3.8.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELECTROÓSMOSIS DE LA CANTERA SALCEDO.....	62
3.8.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELECTROÓSMOSIS DE LA CANTERA CHEJOÑA.....	72

CAPÍTULO IV	85
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	85
4.1. RESULTADOS	85
4.1.1. RESULTADOS CANTERA SALCEDO	85
4.1.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (PRUEBA DE HIPÓTESIS) – CANTERA SALCEDO	86
4.1.2. RESULTADOS CANTERA CHEJOÑA.....	87
4.1.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (PRUEBA DE HIPÓTESIS) – CANTERA CHEJOÑA.....	88
4.2. DISCUSIÓN	90
4.2.1. GENERALIDADES	90
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS.....	90
CAPÍTULO V	91
CONCLUSIONES.....	91
CAPÍTULO VI.....	92
RECOMENDACIONES	92
CAPÍTULO VII.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica plasticidad AASHTO	30
Figura 2. Representación gráfica de la ecuación de Coulomb	33
Figura 3. Esquema de la consolidación electro osmótica.....	35
Figura 4. Electroósmosis y electroesféresis.....	36
Figura 5. Nivel de significación	44
Figura 6. Ubicación de la cantera Salcedo	47
Figura 7. Ubicación de la cantera Chejoña.....	47
Figura 8. Módulo de electroósmosis	48
Figura 9. Peso de la muestra Salcedo	49
Figura 10. Peso del material pasante el tamiz número 40	51
Figura 11. Humedecer la muestra por 24 h. con agua destilada.....	51
Figura 12. Puesta del material para su posterior tamizado.....	53
Figura 13. Tamizado del material.....	54
Figura 14. Peso del recipiente más la muestra húmeda.....	55
Figura 15. Peso del material pasante el tamiz número 40	57
Figura 16. Lavado del material.....	59
Figura 17. Tamizado del material.....	59
Figura 18. Espacio en la cubeta de vidrio para recolección de agua drenada	61
Figura 19. Tamizado del material cantera Salcedo	62
Figura 20. Material tamizado cantera Salcedo	62
Figura 21. Peso del electrolito	63
Figura 22. Medición de la conductividad eléctrica del líquido	63
Figura 23. Preparación de muestra	63

Figura 24. Muestra remoldeada y saturada.....	64
Figura 25. Muestra pre electroósmosis.....	64
Figura 26. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 01	65
Figura 27. Proceso de electroósmosis	66
Figura 28. Medición del drenaje del líquido después del proceso de electroósmosis	66
Figura 29. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 02	67
Figura 30. Pos electroósmosis	67
Figura 31. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 03	68
Figura 32. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 04	69
Figura 33. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 05	70
Figura 34. Chancado del material.....	72
Figura 35. Tamizado del material.....	72
Figura 36. Muestra remoldeada y saturada.....	73
Figura 37. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 01	74
Figura 38. Muestra pre electroósmosis.....	75
Figura 39. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 02	76
Figura 40. Medición del voltaje con el multímetro para el proceso de electroósmosis	76
Figura 41. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 03	77
Figura 42. Proceso de electroósmosis	78
Figura 43. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 04	79
Figura 44. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 05	80
Figura 45. Tallado de la muestra pos electroósmosis.....	82
Figura 46. Peso del molde y la muestra pre electroósmosis.....	82
Figura 47. Montaje del corte directo	83
Figura 48. Equipo de corte directo para el dial de carga	83

Figura 49. Peso de la muestra con falla pre electroósmosis	84
Figura 50. Muestra con falla pos electroósmosis	84
Figura 51. Resultados Pos electroósmosis vs. Pre electroósmosis – Cantera Salcedo.....	85
Figura 52. Gráfica de la distribución t para $\alpha=0.025$ y 08 grados de libertad	87
Figura 53. Resultados Pos electroósmosis vs. Pre electroósmosis – Cantera Chejoña	88
Figura 54. Gráfica de la distribución t para $\alpha=0.025$ y 08 grados de libertad	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de consistencia: Objetivo general y específicos.....	24
Tabla 2. Clasificación granulométrica de los suelos	26
Tabla 3. Sistema de clasificación de suelos AASHTO.....	32
Tabla 4. Cálculo del contenido de humedad de la muestra Salcedo.....	50
Tabla 5. Registro de datos y resultados límite líquido	52
Tabla 6. Registro de datos y resultados límite plástico	52
Tabla 7. Cálculo del contenido de humedad de la muestra Chejoña	55
Tabla 8. Registro de datos y resultados límite líquido	57
Tabla 9. Registro de datos y resultados límite plástico	58
Tabla 10. Registro de datos y resultados muestra N° 01 - Salcedo	65
Tabla 11. Registro de datos y resultados muestra N° 02 - Salcedo	66
Tabla 12. Registro de datos y resultados muestra N° 03 - Salcedo	68
Tabla 13. Registro de datos y resultados muestra N° 04 - Salcedo	69
Tabla 14. Registro de datos y resultados muestra N° 05 - Salcedo	70
Tabla 15. Registro de datos y resultados muestra N° 01 - Chejoña	74
Tabla 16. Registro de datos y resultados muestra N° 02 - Chejoña	75
Tabla 17. Registro de datos y resultados muestra N° 03 - Chejoña	77
Tabla 18. Registro de datos y resultados muestra N° 04 - Chejoña	78
Tabla 19. Registro de datos y resultados muestra N° 05 - Chejoña	79
Tabla 20. Registro de datos y resultados cantera Salcedo	85
Tabla 21. Análisis de T Student para resistencia al corte - cantera Salcedo	86
Tabla 22. Resultados estadísticos - cantera Salcedo.....	87
Tabla 23. Registro de datos y resultados cantera Chejoña	87



Tabla 24. Análisis de T Student para resistencia al corte - cantera Chejoña..... 89

Tabla 25. Resultados estadísticos - cantera Chejoña..... 89

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- AASHTO** : American Association of State Highway and Transportation Officials o
Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.
- ASTM** : American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para
Ensayos y Materiales.
- EPIC** : Escuela profesional de Ingeniería Civil.
- Ho** : Hipótesis nula.
- H1** : Hipótesis alternativa.
- I** : Intensidad de la corriente.
- I.P.** : Índice de Plasticidad.
- KW.** : Potencia eléctrica.
- L.L.** : Límite Líquido.
- L.P.** : Límite Plástico.
- Ω** : Unidad de resistencia eléctrica.
- σ'** : Esfuerzo efectivo.
- NaCl** : Cloruro de sodio.
- NP** : No plástico.
- ρ_w** : Resistividad del agua.
- ρ** : Resistividad eléctrica.
- qu** : Resistencia a la compresión.
- V** : Volumen.
- W%** : Contenido de humedad.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, entre los meses de julio, agosto, setiembre, octubre de 2017, abril y los primeros días del mes de mayo de 2018, con el objetivo principal de mejorar la resistencia al corte de suelos finos utilizando la técnica de electroósmosis, para cumplir con nuestros objetivos se diseñó un módulo de ensayo de electroósmosis, en razón que no se cuenta con este equipo en los laboratorios de mecánica de suelos del país. Al realizar los ensayos de electroósmosis se utilizaron muestras de suelos arcillosos blandos saturados de diferentes canteras tales como los ubicados en Salcedo y Chejoña de la ciudad de Puno, con los cuales se realizaron 10 ensayos de corte directo cantera Salcedo, 05 ensayos de pre electroósmosis y 05 de pos electroósmosis y 10 ensayos de corte directo cantera Chejoña, 05 ensayos de pre electroósmosis y 05 de pos electroósmosis, en total de 20 ensayos de corte directo, con electrolitos de 2.5, 7.0, 15, 20 y 30 gramos de sal (NaCl). Al realizar los ensayos de corte directo se obtuvieron los siguientes resultados.

RESISTENCIA AL CORTE - CANTERA SALCEDO		
Muestra	Pre electroósmosis (kg/cm²) (A)	Pos electroósmosis (kg/cm²) (B)
Muestra N° 01	0.156	0.251
Muestra N° 02	0.169	0.313
Muestra N° 03	0.175	0.332
Muestra N° 04	0.181	0.372
Muestra N° 05	0.186	0.445
RESISTENCIA AL CORTE - CANTERA CHEJOÑA		
Muestra	Pre electroósmosis (kg/cm²) (A)	Pos electroósmosis (kg/cm²) (B)
Muestra N° 01	0.152	0.182
Muestra N° 02	0.162	0.204
Muestra N° 03	0.166	0.247
Muestra N° 04	0.172	0.278
Muestra N° 05	0.179	0.361

Con estos resultados se concluye que la resistencia al corte en las muestras analizadas aumenta positivamente, ya que mejora con el proceso de electroósmosis, en una relación de 1:1.61 hasta 1:2.39 para el material de salcedo, y de una relación de 1:1.20 hasta 1:2.02 para el material de Chejoña, medidas en pruebas de corte directo.

PALABRAS CLAVES:

Electroósmosis, suelos arcillosos, resistencia, corte.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the soil mechanics laboratory of the Civil Engineering Professional School of the National University of the Altiplano - Puno, between the months of July, August, September, October of 2017, April and the first days of May, 2018, with the main objective of improving the shear strength of fine soils using the electroosmosis technique, in order to meet our objectives an electroosmosis test module was designed, because this equipment is not available in the soil mechanics laboratories of the country. When carrying out the electroosmosis tests, samples of saturated soft clay soils from different quarries such as those located in Salcedo and Chejoña of the city of Puno were used, with which 10 trials of direct cutting Salcedo quarry, 05 pre-electroosmosis tests and 05 post electroosmosis and 10 tests of direct shear Chejoña quarry, 05 pre-electroosmosis and 05 post-electroosmosis tests, in total of 20 direct shear tests, with electrolytes of 2.5, 7.0, 15, 20 and 30 grams of salt (NaCl). The following results were obtained when carrying out the direct shear tests.

SHEAR STRENGTH - QUARRY SALCEDO		
Sample	Pre electroósmosis (kg/cm²) (A)	Pos electroósmosis (kg/cm²) (B)
Sample N° 01	0.156	0.251
Sample N° 02	0.169	0.313
Sample N° 03	0.175	0.332
Sample N° 04	0.181	0.372
Sample N° 05	0.186	0.445
SHEAR STRENGTH - QUARRY CHEJOÑA		
Sample	Pre electroósmosis (kg/cm²) (A)	Pos electroósmosis (kg/cm²) (B)
Sample N° 01	0.152	0.182
Sample N° 02	0.162	0.204
Sample N° 03	0.166	0.247
Sample N° 04	0.172	0.278
Sample N° 05	0.179	0.361

With these results it is concluded that the shear strength in the samples analyzed increases positively, since it improves with the electroósmosis process, in a ratio of 1: 1.61 to 1: 2.39 for the salting material, and of a ratio of 1: 1.20 to 1: 2.02 for the material of Chejoña, measured in tests of direct shear.

KEYWORDS:

Electroósmosis, clay soils, strength, shear.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el área de geotecnia de ingeniería civil se presentan y analizan diferentes tipos de suelos, que no siempre pueden ser estables, como son los suelos arcillosos blandos saturados que tienen una baja resistencia al corte. Se tienen varios métodos para la estabilización de suelos; con algunos de ellos se alcanza un aumento de la resistencia del suelo, con tratamientos de tipo granular, químico o térmico. Por lo general los suelos que inducen inestabilidad geotécnica, como los finos saturados o parcialmente saturados, han sido difíciles de tratar y estabilizar con la aplicación de procesos algunos poco eficientes y de bajo costos. En esta investigación se analiza y se presenta un proceso de aplicación en el campo, conocido como electroósmosis, empleado en algunos países en la estabilización de suelos finos.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cómo influye en la resistencia al corte, la utilización de la técnica de electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados, respecto a suelos arcillosos blandos saturados no mejorado?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo es la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, sin utilizar la técnica de electroósmosis?
- ¿Cómo es la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, utilizando la técnica de electroósmosis?

- ¿Cómo varía los resultados obtenidos en laboratorio, al comparar la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, sin utilizar y utilizando la técnica de electroósmosis?

1.2. ANTECEDENTES

Micic (1998): Ejecutó pruebas de laboratorio en una muestra con sobrecarga; determinó la resistencia al corte y el contenido de agua, con variación del voltaje y el amperaje durante 22 días; la muestra se consolidó completamente. Resultados: La resistencia en la muestra se incrementó con el tiempo de prueba, cerca del ánodo y del cátodo, con un aumento del 93.3% al 95.5%; la resistencia es menor en el sector medio entre los electrodos, con un aumento del 20%. La resistencia fue mayor a menor profundidad. La máxima disminución en el contenido de agua se presenta en cercanía de los electrodos, especialmente alrededor del ánodo; se midió un descenso en el contenido de agua del 61.4% en el ánodo, del 37.9% en el cátodo y del 35% en la zona media. La mayor disminución del contenido de agua ocurre en la parte superior de la muestra.

Universidad de Newcastle (Inglaterra), Shim (2001), Mok (2000), Kalumba (2000): Realizaron en el laboratorio, para la tesis de doctorado, la consolidación de muestras de arcilla con un volumen de 5.4m³, y con dimensiones de 2.4m de longitud, 0.93m de ancho y 2.4m en profundidad. El material de la prueba tiene propiedades similares al caolín grado E; la muestra fue mezclada con un contenido de agua al 85%. Potencia: 60 voltios, 2 amperios, en corriente directa (DC). Gradiente 0.5 voltios/cm para cada área del ensayo. Electrodo: EKG (Electrodos geosintéticos electrocinéticos). Resultados: La muestra se dejó en reposo 100 horas, y expulsó 50 litros de agua; una vez se aplicó el potencial eléctrico el flujo de agua aumentó a 832 litros, en 500 horas. El asentamiento, medido directamente, fue de aproximadamente 400mm en 500 horas. La

resistencia al corte, medida con veleta, fue menos de 1 kN/m² (0.01 kg/cm²) al principio del ensayo, y se aumentó a un máximo de 35 kN/m² (0.35 kg/cm²) alrededor del ánodo, con la aplicación de la electroósmosis en las 500 horas.

Restrepo (2014): Mejoramiento de suelos finos a partir de la electroósmosis. (tesis en geotecnia). Universidad de Bogotá, Colombia. Se realizaron pruebas de electroósmosis en muestras de suelo fino, con la aplicación de corrientes eléctricas en el laboratorio, y se relacionaron con unos parámetros geomecánicos. En el proceso de electroósmosis se genera, un flujo de agua en un suelo fino, por lo general de tipo impermeable; como resultado del flujo de agua se presenta una reducción de la presión de poros, aumenta la resistencia y se produce consolidación en el suelo. La resistencia en las muestras analizadas aumentó, debido al proceso de electroósmosis, en una relación de 1:1.3 a 1:11, medida en pruebas de compresión inconfiada y de veleta, respectivamente.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia en cuanto a la resistencia al corte, en suelos arcillosos blandos saturados con el uso de la técnica de electroósmosis, respecto a suelos arcillosos blandos saturados no mejorados.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a través de ensayos de laboratorio, la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados sin utilizar la técnica de electroósmosis.
- Determinar a través de ensayos de laboratorio, la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados utilizando la técnica de electroósmosis.

- Analizar y comparar los resultados obtenidos en laboratorio, de resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, sin utilizar y utilizando la técnica de electroósmosis.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- El uso de la técnica de electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados influye positivamente en la resistencia al corte, respecto a suelos arcillosos blandos no mejorados.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La resistencia al corte, en suelos arcillosos blandos saturados sin utilizar la técnica de electroósmosis se mantiene sin variación.
- La resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados aumenta al utilizar la técnica de electroósmosis.
- Existe una diferencia en los resultados obtenidos en laboratorio, de la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos no mejorados, con respecto al resultado obtenido de la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados utilizando la técnica de electroósmosis.

1.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados.

1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia al corte:

- Cohesión (c).
- Ángulo de fricción (φ).

1.6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es **APLICATIVO TECNOLÓGICO**, puesto que tiene como objetivo la comparación de comportamiento de resistencia al corte en pre y pos electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados.

“Este tipo tiene como objetivo crear nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos a través de la investigación estratégica para determinar si éstos pueden ser útilmente aplicados con o sin mayor refinamiento para los propósitos definidos”. (Tam, Vera & Oliveros; 2008)

1.6.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de esta investigación es **EXPLICATIVO**, ya que se estudian las causas que originan la variación de resultados al manipular la variable independiente. “La investigación Explicativa pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian”. (Hernández et al., 2006)

1.6.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación es **CUANTITATIVO**, puesto que el medio de prueba de hipótesis se basa en mediciones numéricas y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Hernández et al., 2006).

Tabla 1. Matriz de consistencia: Objetivo general y específicos

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variables	Indicadores	
- ¿Cómo influye en la resistencia al corte, la utilización de la técnica de electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados, respecto a suelos arcillosos blandos saturados no mejorado?	- Determinar la influencia en cuanto a la resistencia al corte, en suelos arcillosos blandos saturados con el uso de la técnica de electroósmosis, respecto a suelos arcillosos blandos saturados no mejorados.	- El uso de la técnica de electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados influye positivamente en la resistencia al corte, respecto a suelos arcillosos blandos no mejorados.	INDEPENDIENTE Electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados DEPENDIENTE Resistencia al corte: cohesión (c). ángulo de fricción(ϕ).	Electroosmosis, % NaCl, niveles de tension, drenaje. Propiedades del suelo con la tecnica de electroósmosis	Tipo de Investigación: Aplicativo tecnológico
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipotesis específicas			
- ¿Cómo es la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, sin utilizar la técnica de electroósmosis?	- Determinar a través de ensayos de laboratorio, la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados sin utilizar la técnica de electroósmosis.	- La resistencia al corte, en suelos arcillosos blandos saturados sin utilizar la técnica de electroósmosis se mantiene sin variación.	INDEPENDIENTE Electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados DEPENDIENTE Ensayo de corte directo	% NaCl , niveles de tension Ensayo de corte directo	
- ¿Cómo es la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, utilizando la técnica de electroósmosis?	- Determinar a través de ensayos de laboratorio, la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados utilizando la técnica de electroósmosis.	- La resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados aumenta al utilizar la técnica de electroósmosis.	INDEPENDIENTE Electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados DEPENDIENTE Ensayo de corte directo	% NaCl , niveles de tension Ensayo de corte directo	Nivel de Investigación: Explicativo
- ¿Cómo varía los resultados obtenidos en laboratorio, al comparar la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, sin utilizar y utilizando la técnica de electroósmosis?	- Analizar y comparar los resultados obtenidos en laboratorio, de resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, sin utilizar y utilizando la técnica de electroósmosis.	- Existe una diferencia en los resultados obtenidos en laboratorio, de la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos no mejorados, con respecto al resultado obtenido de la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados utilizando la técnica de electroósmosis.	INDEPENDIENTE Electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados DEPENDIENTE Ensayo de corte directo	% NaCl , niveles de tension, drenaje Ensayo de corte directo	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

En la geotecnia y la fundación de estructuras, como edificios, puentes, carreteras, presas, etc., se presentan varios tipos de suelos. En ocasiones y cuando la capa superior es problemática, con arcillas y/o limos saturados, ésta es retirada y reemplazada con un mejor material, para darle así al suelo un mayor peso unitario y mejorar la resistencia al esfuerzo cortante.

2.1.1. ESTRUCTURA DEL SUELO

Los suelos están formados por un conjunto de partículas, con vacíos o poros, en términos generales. El suelo se considera como multifásico, conteniendo por lo general tres (3) fases, sólido, líquido y gaseoso. Los suelos se suelen clasificar según la granulometría o tamaño de sus partículas en: (Restrepo, 2014)

Suelos granulares: Son aquellos suelos en los que el tamaño de grano predominante (más del 50%) es superior a 0,075 mm. Los suelos de grano grueso o granulares están formados principalmente por cuarzo, feldespato y calcita; y sulfatos, sales y vidrios volcánicos, con menor frecuencia. (González de Vallejo et al., 2006)

Suelos finos: Los suelos finos están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla, con textura granular y en hojuelas. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como suelo fino. (González de Vallejo et al., 2006)

Tabla 2. Clasificación granulométrica de los suelos

TIPO	DENOMINACION		TAMAÑO (mm)
SUELOS GRANULARES	Grava	Gruesa	60-20
		Media	20-6
		Fina	2-6
	Arena	Gruesa	0.6-2
		Media	0.2-0.6
		Fina	0.08-0.2
SUELOS COHESIVOS	Limo	Gruesa	0.02-0.08
		Media	0.006-0.02
		Fina	0.002-0.006
	Arcilla		< 0.002

Fuente: González de Vallejo et al., 2006

De conceptos teóricos se establece que los suelos granulares se comportan de forma estable y son resistentes, mientras que los suelos finos presentan estructuras laminares, y su comportamiento es muy variable; las inestabilidades geotécnicas ocurren por lo general en los suelos finos.

2.1.2. ARCILLAS

Las arcillas se forman por procesos destructivos en la roca, físicos o químicos. Los físicos se deben a la erosión generada por el viento, agua o glaciares; los químicos por cambios en el mineral parental debido a la acción del agua, del oxígeno o del dióxido de carbono. Ambientes químicos forman grupos de partículas cristalinas de tamaño menor de 2 μm (micras), conocidos como minerales arcillosos. (González de Vallejo et al., 2006)

2.1.3. CONDICIONES DEL SUELO

Por lo general, el agua y las partículas de suelo interactúan entre ellas bajo condiciones ambientales. Los factores que mayormente influyen en el flujo de la corriente eléctrica en el suelo se relacionan como:

- **Contenido de agua del suelo:** El aumento en el contenido de agua en el suelo favorece un mayor flujo de la corriente. Se establece que a mayor cantidad de agua mayor es la conductividad eléctrica del suelo, y menor la resistencia eléctrica entre los electrodos y el suelo. (Restrepo, 2014)
- **Electrolitos:** A mayor concentración química del electrolito o del agua es mayor el flujo eléctrico en el suelo. (González de Vallejo et al., 2006)
- **Textura del suelo:** Los suelos finos contienen por lo general mayor cantidad de agua que los granulares, y están cargados eléctricamente, por lo tanto, facilitan una mayor conductividad para el flujo eléctrico. (González de Vallejo et al., 2006)
- **Temperatura:** Con el aumento de la temperatura se aumenta el flujo de la corriente en la electroósmosis y el proceso se acelera en el medio.

Según González de Vallejo et al. (2006), los suelos arcillosos presentan unas propiedades geotécnicas relacionadas con:

- **Resistencia:** El contenido de arcilla y el tipo de mineral predominante influyen en la resistencia del suelo. La resistencia al corte disminuye a medida que aumenta el contenido de arcilla, y también depende de la composición mineralógica, como se mencionó; por ejemplo, las esmectitas presentan menor resistencia que las caolinitas. (González de Vallejo et al., 2006)
- **Expansividad:** La expansividad se presenta en las arcillas por la absorción de agua en la superficie de las partículas, ya sea por hidratación de los cationes de cambio o expansión intracristalina, por la expansión osmótica, por la carga interlaminar de las montmorillonitas sódicas y por presión en los bordes de las esmectitas magnésicas (saponitas). (Restrepo, 2014)

- **Cambios de volumen:** Las arcillas presentan cambios de volumen debido a la capacidad de absorción de agua en los bordes laminares y las zonas interlaminares. La esmectita muestra los mayores cambios de volumen entre los minerales arcillosos, sumado esto al hinchamiento. (González de Vallejo et al., 2006)
- **Compresibilidad:** La composición mineralógica influye en el grado de compresibilidad de las arcillas. Entre los minerales arcillosos el más compresible es la esmectita, el cual presenta el mayor índice de poros; la menos compresible es la caolinita, con menor índice de poros. (González de Vallejo et al., 2006)

2.1.4. CLASIFICACION AASHTO

En esta clasificación los suelos se clasifican en siete grupos (A-1, A-2,..., A-7), según su granulometría y plasticidad. Más concretamente, en función del porcentaje que pasa por los tamices n° 200, 40 y 10, y de los Límites de consistencia de la fracción que pasa por el tamiz n° 40. Estos siete grupos se corresponden a dos grandes categorías de suelos, suelos granulares (con no más del 35% que pasa por el tamiz n° 200) y suelos limo-arcillosos (más del 35% que pasa por el tamiz n° 200). (González de Vallejo et al., 2006)

La categoría de los suelos granulares; gravas, arenas y zahorras; está compuesta por los grupos A-1, A-2 y A-3, y su comportamiento en explanadas es, en general, de bueno a excelente, salvo los subgrupos A-2-6 y A-2-7, que se comportan como los suelos arcillosos debido a la alta plasticidad de los finos que contiene, siempre que el porcentaje de estos supere el 15%. Los grupos incluidos por los suelos granulares son los siguientes:

- A-1: Corresponde a una mezcla bien graduada de gravas, arenas (gruesa y fina) y finos no plásticos o muy plásticos. También se incluyen en este grupo las mezclas bien graduadas de gravas y arenas sin finos.
- A-1-a: Incluye los suelos con predominio de gravas, con o sin material fino bien graduado

- A-1-b: Incluye suelos constituidos principalmente por arenas gruesas, con o sin material fino bien graduado.
- A-3: Corresponde, típicamente, a suelos constituidos por arena fina de playa o de duna, de origen eólico, sin finos limosos o arcillosos o con una pequeña cantidad de limo no plástico. También incluyen este grupo, los depósitos fluviales de arena fina mal graduada con pequeñas cantidades de arena gruesa o grava.
- A-2: Este grupo comprende a todos los suelos que contienen un 35% o menos de material que pasa por el tamiz n° 200 y que no pueden ser clasificados en los grupos A-1 y A-3, debido a que el porcentaje de finos o la plasticidad de estos (o ambas cosas) están por encima de los límites fijados para dichos grupos. Por todo esto, este grupo contiene una gran variedad de suelos granulares que estarán entre los correspondientes a los grupos A-1 y A-3 y a los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.
- A-2-4 y A-2-5: En estos subgrupos se incluyen los suelos que contienen un 35% o menos de material que pasa por el tamiz n° 200 y cuya fracción que pasa por el tamiz n° 40 tiene las características de los grupos A-4 y A-5, de suelos limosos. En estos subgrupos están incluidos los suelos compuestos por grava y arena gruesa con contenidos de limo o índices de plasticidad por encima de las limitaciones del grupo A-1, y los suelos compuestos por arena fina con una proporción de limo no plástico que excede la limitación del grupo A-3.
- A-2-6 y A-2-7: En estos subgrupos se incluyen suelos como los descritos para en los subgrupos A-2-4 y A-2-5, excepto que los finos contienen arcilla plástica con tienen las características de los grupos A-6 y A-7.

La categoría de los suelos limo-arcillosos está compuesta por los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, cuyo comportamiento en explanadas va de regular a malo. En esta categoría los suelos se clasifican en los distintos grupos atendiendo únicamente a su límite líquido y a su índice

de plasticidad, según las zonas del siguiente gráfico de plasticidad. De esta forma se clasifican también los suelos del grupo A-2 en los distintos subgrupos. (González de Vallejo et al., 2006)

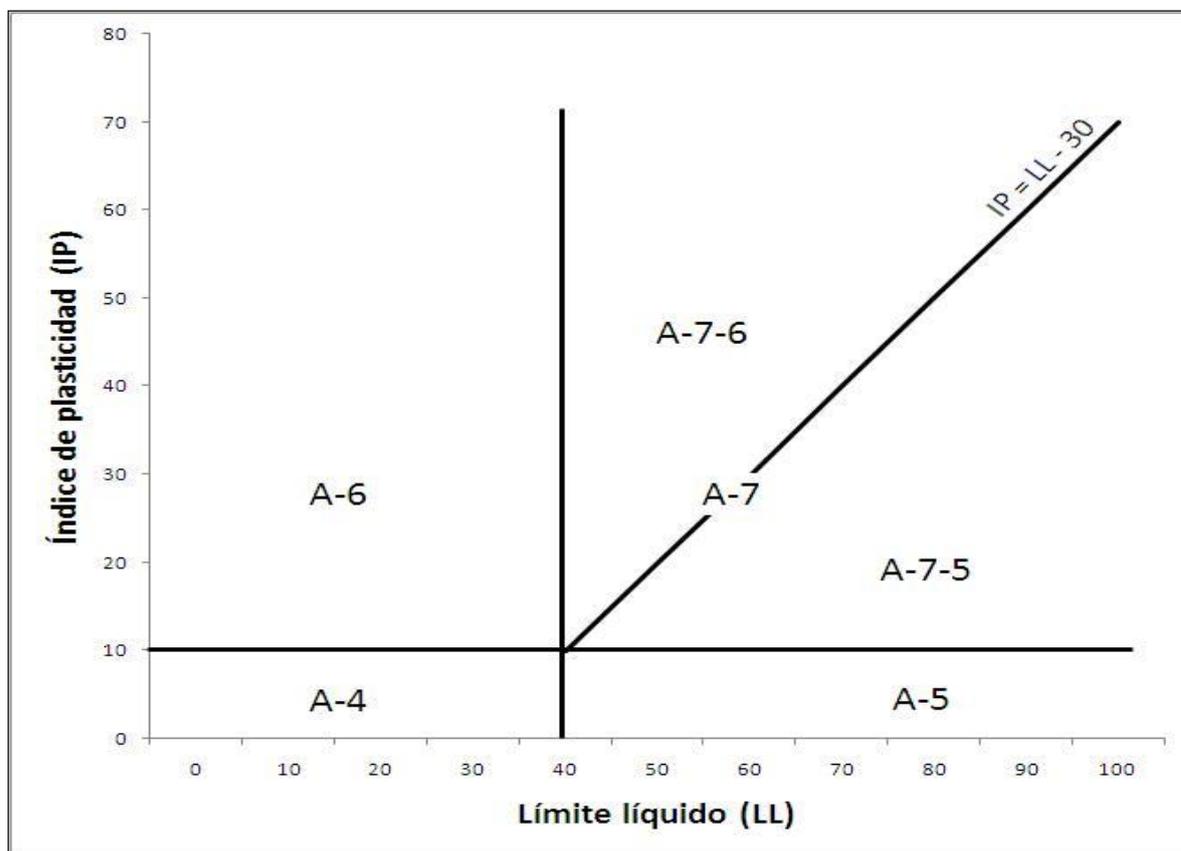


Figura 1. Gráfica plasticidad AASHTO
Fuente: González de Vallejo et al., 2006

Los grupos incluidos en los suelos granulares son los siguientes:

- A-4: El suelo típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. También se incluyen en este grupo los suelos constituidos por mezclas de suelo fino limosos y hasta un 64% de gravas y arenas.
- A-5: El suelo típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-4, salvo que suele tener carácter diatomáceo o micáceo, y pueden ser muy compresibles, como indica su elevado límite líquido.

- A-6: El suelo típico de este grupo es un suelo arcillosos plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. También se incluyen en este grupo las mezclas de suelo fino arcilloso y hasta un 64% de gravas y arenas. Estos suelos, experimentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.
- A-7: El suelo típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-6, salvo que tiene las características de elevado límite líquido del grupo A-5, y puede ser elástico y estar sujeto a grandes cambios de volumen.
- A-7-5: Se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad moderado en relación con el límite líquido y que pueden ser altamente compresibles, además de estar sujetos a importantes cambios de volumen.
- A-7-6: Se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad elevado en relación con el límite líquido y que están sujetos a cambios de volumen muy importantes. (González de Vallejo et al., 2006)

Tabla 3. Sistema de clasificación de suelos AASHTO

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

Fuente: González de Vallejo et al., 2006

(1):

No plástico

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

2.1.5. RESISTENCIA AL CORTE

- Ecuación de Coulomb para Suelos Saturados

La modelación o representación matemática del fenómeno de falla al cortante, en un deslizamiento, se realiza utilizando las teorías de la resistencia de materiales. Las rocas y los suelos al fallar al cortante, se comportan de acuerdo con las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación de Coulomb: (Terzaghi et al., 1996)

$$\tau = c' + (\sigma - \mu)\text{Tan}\phi'$$

Donde:

τ = Esfuerzo de resistencia al corte

c' = Cohesión o cementación efectiva

σ = Esfuerzo normal total

μ = Presión del agua intersticial o de poros

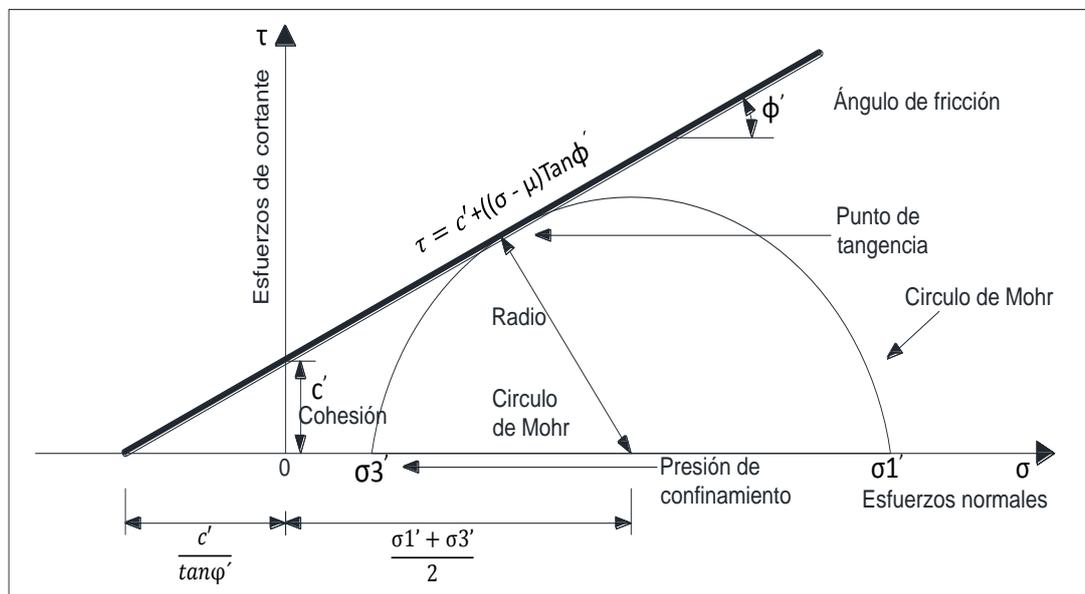


Figura 2. Representación gráfica de la ecuación de Coulomb
Fuente: Terzaghi et al., (1996).

En la Figura 2 se muestra la representación gráfica de la ecuación de Coulomb. El análisis de la ecuación de Coulomb requiere conocer los parámetros, el ángulo de fricción

y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo. La presencia del agua reduce el valor de la resistencia del suelo que depende de las presiones internas o de poros de acuerdo con la ecuación de Coulomb, en la cual el factor μ está restando al valor de la presión normal total.

- **Parámetros 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:

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

Todos los suelos poseen fricción. Sin embargo, a los suelos arcillosos con fricción muy baja o despreciable, se les denomina suelos cohesivos: $\varphi = 0$.

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, mientras que, en la física este término se utiliza para representar la resistencia a la tensión.

En los suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a cero y a estos suelos se les denomina suelos friccionantes o “no cohesivos” ($C = 0$).

(González de Vallejo et al., 2006)

2.1.6. FLUJO ELÉCTRICO

Cuando se aplica un potencial eléctrico a través de un suelo de grano fino se generan cinco (5) procesos electrocinéticos, conocidos estos como electroósmosis, electroesféresis, migración de iones, potencial de flujo y potencial de migración. Los tres (3) primeros se

relacionan con el mecanismo de transporte o flujo debido a un potencial eléctrico, mientras que los dos (2) últimos se relacionan con la creación de un potencial eléctrico debido al movimiento del agua y de las partículas cargadas eléctricamente, respectivamente. (Mitchell, 1992)

- Electroósmosis

Electro-ósmosis es una técnica utilizada para la consolidación y el reforzamiento de suelos arcillosos blandos saturados. Cuando una corriente continua (CC) de voltaje es aplicado al suelo a través de los polos de los electrodos, el agua de los poros del suelo se verá atraído hacia la dirección del terminal negativo (cátodo) debido a la interacción del campo eléctrico, los iones en el agua de los poros y las partículas del suelo (Figura 3). Si el drenaje se proporciona en el cátodo e impedido en el ánodo, la consolidación se inducida por electroósmosis, resultando en el suelo una disminución del contenido de agua, mayor resistencia al corte y baja compresibilidad. (Mitchell, 1992)

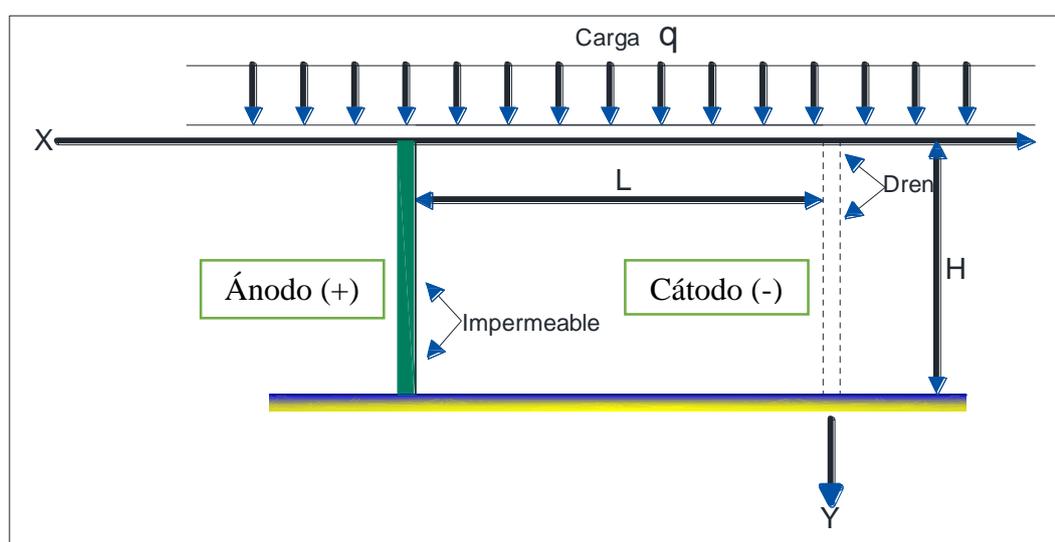


Figura 3. Esquema de la consolidación electro osmótica
Fuente: González de Vallejo et al., 2006.

- Electroforesis

Al aplicar una corriente eléctrica en una suspensión coloidal las partículas cargadas son atraídas electrostáticamente a uno de los electrodos y repelidas hacia el otro. Este proceso es llamado electroforesis (Mitchell, 1992), donde las partículas de arcilla cargadas negativamente se mueven hacia el ánodo.

La electroforesis involucra transporte de partículas a través del agua; mientras que la electroósmosis se relaciona con el transporte de agua a través de un sistema continuo de partículas de suelo (Figura 4).

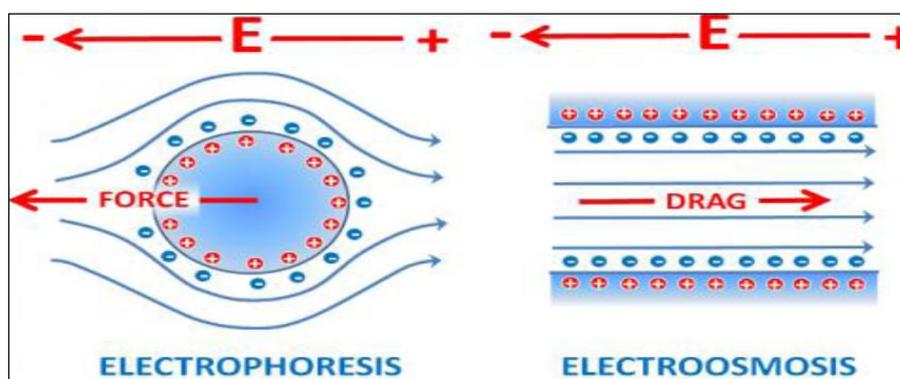


Figura 4. Electroósmosis y electroforesis
Fuente: Restrepo, 2014

- Potencial de flujo

Al fluir el agua en el suelo, bajo un gradiente hidráulico, se genera un potencial de flujo entre los extremos opuestos de la masa de suelo, debido a que las capas dobles cargadas son desplazadas en la dirección del flujo; este potencial de flujo es proporcional al flujo hidráulico. Potenciales de flujo de varios milivoltios han sido medidos en materiales arcillosos. (Mitchell, 1992)

2.1.7. CONCEPTOS ELÉCTRICOS BÁSICOS

A continuación, se presentan algunos conceptos eléctricos básicos, relacionados con los flujos eléctricos que intervienen en el proceso de electroósmosis.

- **Electrones:** Un electrón es una partícula subatómica de carga negativa. Puede ser libre (no conectado a un átomo, o conecionado al núcleo de un átomo. Los electrones en los átomos existen en corazas esféricas de varios radios, representando los niveles de energía. Cuanto más grandes sean estas corazas esféricas, mayor será la energía que contiene el electrón.

En los conductores eléctricos, los flujos de corriente son resultantes de los movimientos de los electrones de átomo a átomo individualmente, y de los polos negativos a los positivos en general.

Dicho de otra manera, los electrones son las partículas más pequeñas que se encuentran dentro de los átomos. Los átomos consisten de protones (cargados positivamente), neutrones (sin carga) y los electrones (cargados negativos). Puedes imaginar los átomos como si fueran un planeta donde tiene algunos meteoritos orbitando a su alrededor. El planeta representa el núcleo el cual consiste de protones y neutrones, y los meteoros orbitando son los electrones. Dichos electrones se mueven a gran velocidad alrededor del núcleo. (Mitchell, 1992)

- **Voltaje:** El voltaje es la capacidad física que tiene un circuito eléctrico, debido a que impulsa a los electrones a lo extenso de un conductor, esto quiere decir, que el voltio conduce la energía eléctrica con mayor o menor potencia, debido a que el voltaje es el mecanismo eléctrico entre los dos cuerpos, basándose a que si los dos puntos establecen un contacto de flujo de electrones puede suceder una transferencia de energía de ambos puntos, porque los electrones son cargas negativas y son atraídas por protones con carga positiva, pero además los electrones son rechazados entre sí por tener la misma carga. (Restrepo, 2014)

- **Corriente:** Es la velocidad de flujo de las cargas eléctricas; esta se mide en amperios (amp). En el circuito eléctrico de la electroósmosis se emplea la corriente directa (DC), la cual siempre fluye en una misma dirección. (Mitchell, 1992)
- **Resistencia eléctrica (R):** Es la oposición que encuentra una carga eléctrica al moverse a través de un material. La unidad de medida de la resistencia es el ohmio (Ω , ohm). (Restrepo, 2014)
- **Resistividad eléctrica (ρ):** Se conoce también como resistencia específica. Es la resistencia de un conductor por unidad de longitud (L), en una unidad de área transversal (A). La unidad de medida de la resistividad es el ohm-m (Ω -m), y se expresa:

$$\rho = R \cdot \frac{A}{L} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Donde

ρ : Resistividad eléctrica (ohm-m)

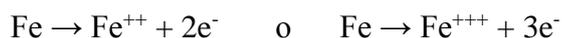
R: Resistencia eléctrica (ohm)

A: Área transversal (m²)

L: Longitud (m)

- **Electroquímica:** Es el proceso químico mediante el cual existe transferencia de cargas eléctricas en las reacciones químicas, a través de un medio químico o acuoso. Por ejemplo, las moléculas de agua (H₂O) se pueden disociar en una reacción química en iones de hidrógeno (H⁺) e iones hidróxido (OH⁻). En muchas reacciones químicas se generan procesos de oxidación o reducción. (Restrepo, 2014)

- **Oxidación:** Se presenta cuando el átomo pierde uno o más electrones, pasando a ser un ion positivo o catión. El electrodo o el sitio sobre el metal donde se presenta la oxidación se llama ánodo; por ejemplo, cuando un átomo de hierro neutro se oxida puede perder dos (2) o tres (3) electrones, dando así iones de hierro con carga positiva (Mitchell, 1992), según:

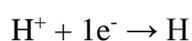


En el proceso de la electroósmosis se presenta en el ánodo la siguiente reacción química:

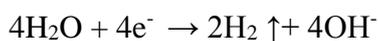


Al producirse hidrógeno en el ánodo se reduce el pH en este sector, con rápido deterioro del electrodo, fenómeno conocido como corrosión.

- **Reducción:** Es la ganancia en un átomo de uno o más electrones, llegando a ser un ion negativo o anión; por ejemplo, cuando se reduce un ion de hidrógeno, gana un electrón produciendo un átomo de hidrógeno neutro (Mitchell, 1992), según:



En el proceso de la electroósmosis se presenta en el cátodo la siguiente reacción química:

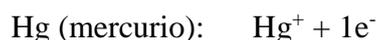
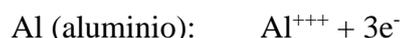


Al producirse OH^{-} en el cátodo se aumenta el pH en este sector. Esta reacción química en el cátodo produce precipitación o reabsorción de cationes.

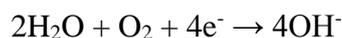
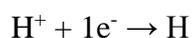
- **Electrolito:** Es la solución que contiene compuestos químicos disueltos, y que se disocian para formar iones. (Restrepo, 2014)

- **Reacciones químicas:** La reacción química en el ánodo es una reacción de oxidación; la oxidación en el ánodo se presenta como una pérdida de electrones.

Ejemplo:



La reacción química que tiene lugar en el cátodo es una reacción de reducción; la reducción es una ganancia de electrones. Ejemplo:



Se establece que en el cátodo nunca hay corrosión.

- **Circuito eléctrico:** La corriente eléctrica que circula a través del circuito en la electroósmosis, como movimiento de electrones, genera procesos de oxidación y reducción; los electrones se mueven en el circuito externo del proceso desde el ánodo hacia el cátodo. (Winterkorn et al., 2012)

La cantidad de corriente que circula por un electrolito depende del contenido de iones; a mayor cantidad de iones o mayor salinidad en el electrolito, mayor será la conductividad y mayor será la corriente eléctrica.

2.1.8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

En el proceso de electroósmosis se definen unos parámetros, los cuales se calculan con la Ley de Ohm en la Ecuación (2.2):

$$\sigma_e = \frac{1}{R} \cdot \frac{L}{A} = \frac{1}{\rho} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

σ_e : Conductividad eléctrica, unidades Siemens por metro: S/m = 1 ohm-m

R : Resistencia eléctrica (ohm), $R = \rho/L$

ρ : Resistividad eléctrica, ohm-m

L : Longitud de la muestra (m)

A : Área de la sección (m²)

De acuerdo con Mitchell (1992), el valor de la conductividad eléctrica depende de las propiedades de los suelos; entre muchas otras propiedades se menciona la porosidad, grado de saturación, composición del agua, mineralogía, forma y tamaño de las partículas, estructura del suelo, como fábrica y cementación, y la temperatura. En suelos saturados la conductividad eléctrica presenta valores en el rango de 0.01 a 1 S/m (resistividades eléctricas de 1 a 100 ohm-m), aproximadamente.

2.1.9. FUENTE DE ENERGÍA

- **Corrientes inducidas**

Consiste en una energía externa que se induce al suelo, mediante una fuente y a través de unos electrodos, como se explicó en las pruebas realizadas en este trabajo, las corrientes inducidas utilizadas en la electroósmosis se pueden suministrar principalmente por medio de una fuente regulada, como en este trabajo o por una subestación eléctrica recomendado en la práctica de campo. (Winterkorn et al., 2012)

- ##### - **Subestación eléctrica:** La mayoría de los sistemas utilizados en el campo para inducir una corriente eléctrica en el suelo emplean Subestaciones eléctricas; estos toman la corriente de fuentes de energía existentes en AC (corriente alterna) y la convierten en DC (corriente directa). (Winterkorn et al., 2012)

2.1.10. TIPOS DE ELECTRODOS

- **Ánodos de corriente inducida:** el ánodo es el electrodo positivo, en el proceso de corriente inducida los ánodos más utilizados en la electroquímica son de grafito, hierro con alto contenido de sílice, cromo, niobio y titanio revestidos con platino u óxido metálico, de aluminio, magnetita, polímero conductor, hierro de escoria o el acero, plomo/plata. En la electroósmosis los ánodos más utilizados son de hierro o acero, en forma de varillas, láminas o tubos, el suelo alrededor de los ánodos se reseca rápidamente durante la electroósmosis, con aumento de la resistencia. (Winterkorn et al., 2012)
- **Cátodos:** el cátodo es el electrodo negativo, los cátodos pueden ser tubos, varillas o láminas de hierro o acero; también se puede adecuar como cátodo el revestimiento metálico de una perforación, el material del cátodo no se disuelve ni se corroe.

En las pruebas de electroósmosis realizadas en este trabajo se utilizaron electrodos de plancha galvanizada.

2.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico es de importancia en la evaluación de los resultados obtenidos por que nos permite tener una certeza de confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas, y en función de los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

2.2.1. DISTRIBUCIÓN “T” DE STUDENT

La prueba t de Student como todos los estadísticos de contraste se basa en el cálculo de estadísticos descriptivos previos: el número de observaciones, la media y la desviación típica en cada grupo. A través de estos estadísticos previos se calcula el estadístico de

contraste experimental. Con la ayuda de unas tablas se obtiene a partir de dicho estadístico el p-valor. Si $p < 0,05$ se concluye que hay diferencia entre los dos tratamientos.

La distribución t de Student se utiliza cuando nos encontramos con la dificultad de no conocer la desviación típica poblacional y nuestra muestra es menor que 30. Es similar a la curva normal, pero la distribución t tiene mayor área a los extremos y menos en el centro. (Cruz, 2011)

a. Usos para los cuales es idónea esta distribución:

- Para determinar el intervalo de confianza dentro del cual se puede estimar la media de una población a partir de muestras pequeñas ($n < 30$).
- Para probar hipótesis cuando una investigación se basa en muestreo pequeño.
- Para probar si dos muestras provienen de una misma población.

b. Grado de libertad:

Existe una distribución “t” distinta para cada uno de los posibles grados de libertad, pues esta se puede definir como el número de valores a elegir libremente.

c. Propiedades de las distribuciones t:

- Cada curva t tiene la forma de una campana con centro en 0.
- Cada curva t, está más dispersa que la curva normal estándar.
- A medida que k aumenta, la dispersión de la curva t correspondiente disminuye.
- A medida que $k > \alpha$, la secuencia de curvas t se aproxima a la curva normal estándar.

d. Calculo de la distribución t student:

La prueba de hipótesis para medias t de student ($n < 30$)

Esta prueba de hipótesis para medias usando distribución t de student se usa cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- Es posible calcular las medias y la desviación estándar a partir de la muestra.
- El tamaño de la muestra es menor a 30.

Pasos:

Plantear hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1)

Determinar el nivel de significancia (α):

- 0.05 Para proyectos de investigación
- 0.01 Para aseguramiento de calidad
- 0.10 Para encuestas de mercadotecnia y políticas.

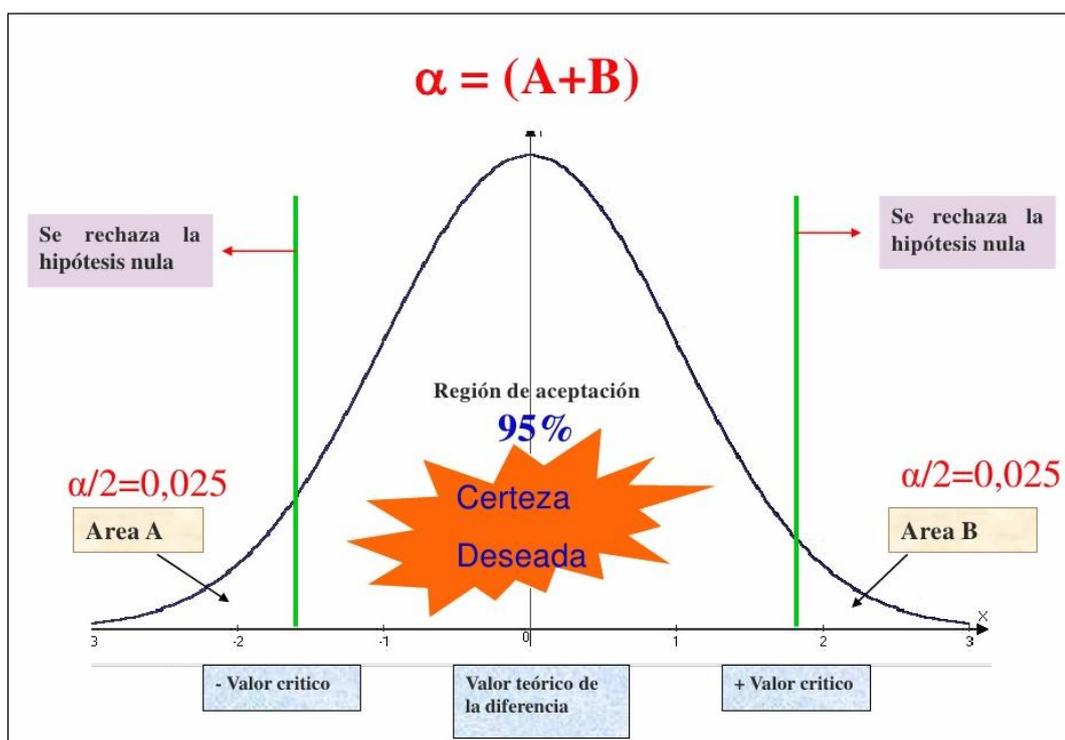


Figura 5. Nivel de significación
Fuente: Cruz, 2011

Evidencia de muestra: Se calcula la media y desviación estándar a partir de la muestra.

La distribución t student se calculará por medio la siguiente formula:

$$t_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S^2_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}; \quad S^2_p = \frac{(n_1 - 1)S^2_1 + (n_2 - 1)S^2_2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

$$S^2_i = \frac{\sum (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}; \quad \text{G.L. } n_1 + n_2 - 2$$

Donde:

t c: Estadística de prueba

\bar{X}_1 ; \bar{X}_2 : Media muestral

n1; n2: Tamaño de las muestras

S²1; S²2: Varianza muestral

S²p: Varianza ponderada

G.L.: Grado de libertad

t $\alpha/2$: Valor crítico (tabla)

α : Nivel de significancia

Prueba de hipótesis:

Planteamiento de hipótesis de contraste bilateral (dos colas): Vemos como el contraste de que las medias son iguales es equivalente al contraste de que la diferencia de medias vale cero: $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ($\mu_1 - \mu_2 = 0$) $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ ($\mu_1 - \mu_2 \neq 0$)

Donde:

H₀: Hipótesis nula

H₁: Hipótesis alternativa

Para lo cual se tiene las siguientes condiciones:

- Si $|t_c| \geq t_{\alpha/2}; n_1 + n_2 - 2$ entonces se rechaza H_0 y se acepta H_1 . (las medias son diferentes).
- Si $|t_c| < t_{\alpha/2}; n_1 + n_2 - 2$ entonces se acepta H_0 y se rechaza H_1 . (las medias son iguales). (Hernández et al., 2006)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. PROCEDENCIA Y FASE EXPERIMENTAL DE ENSAYOS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. CANTERA

Los materiales usados para la elaboración de los ensayos, para mejorar la resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados mediante la técnica de electroósmosis, materia de investigación fueron obtenidos de 2 canteras de la ciudad de Puno:

- Cantera Salcedo
- Cantera Chejoña

Los materiales obtenidos en cantera fueron llevados al laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Civil.

3.2. UBICACIÓN DE LA MUESTRA

Las muestras que se utilizaron para la siguiente investigación se encuentra en la Región de Puno provincia de Puno. Los suelos presentes son de diferente naturaleza: gravas, arenas, arcillas, limos y turbas con sus distintas combinaciones; el estudio está referido a suelos finos, suelo arcilloso blandos saturados. El lugar de investigación es la cantera de Salcedo ubicado en el centro poblado de Salcedo, Provincia de Puno, Departamento de Puno, a una altitud de 3840 msnm latitud sur 15° 52' 19.92" longitud Oeste 70° 0'3.35" a un costado de la Avenida industrial, la precipitación promedio anual es menor a 700mm, temperatura variable con oscilaciones entre una temperatura promedio máxima de 22°C y una mínima de 1.4°C. Así como también la cantera de Chejoña ubicado en el distrito de Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno, a una altitud de 3838 msnm latitud sur 15° 50' 10.12" longitud Oeste 70° 01'1.45".



Figura 6. Ubicación de la cantera Salcedo

Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/search/salcedo>



Figura 7. Ubicación de la cantera Chejoña

Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/search/chejoña>

3.3. FASE EXPERIMENTAL

Las pruebas de electroósmosis y geomecánicas efectuadas en muestras de suelos finos, que mencionaremos a continuación, se realizaron en el laboratorio de la EPIC. El equipo de electroósmosis fue diseñado y elaborado por los autores de esta tesis, al igual que la ejecución de las respectivas pruebas; los ensayos geomecánicos, relacionados con corte directo, se efectuaron en el laboratorio EPIC de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

3.4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE ELECTROÓSMOSIS

Para realizar las pruebas de electroósmosis se utilizaron lo siguiente:

- 02 cubetas de material vidrio para medir el volumen del agua drenado
Dimensiones: 40cm. x 25cm. x 22.5cm.
Dimensiones: 30cm. x 23cm. x 18 cm.
- Fuente reguladora de corriente: entrada 220 voltios(AC), salida 0 a 30 voltios(DC), corriente eléctrica es 3 amperios
- Electrodo: Ánodos: plancha galvanizada, cátodos: plancha galvanizada
- Cables unipolares rojo 2m, negro 2m.
- 02 cocodrilos
- 02 terminales
- Conductímetro
- Multímetro

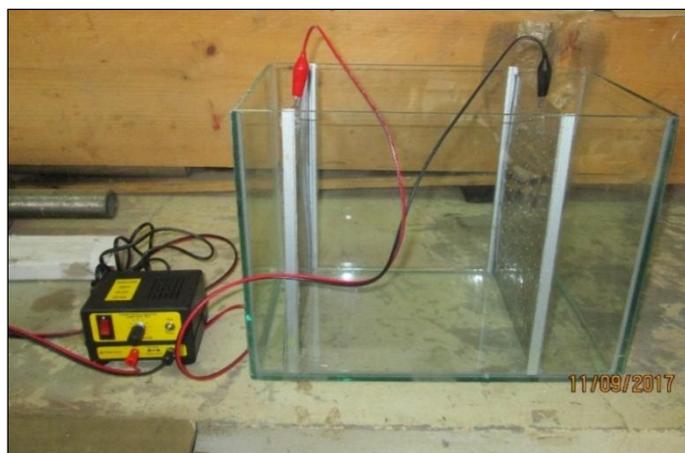


Figura 8. Módulo de electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

3.5. ENSAYOS DE LA MUESTRA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CANTERA SALCEDO

3.5.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)

Para el contenido de humedad del agregado fino se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$w\% = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

$w\%$: contenido de humedad

W_w : Peso del agua

W_s : Peso seco

Para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

- Como mínimo se extraen tres muestras para realizar el ensayo, dependiendo de la cantidad de la muestra.
- Tomamos menos de 400 gr aproximadamente de la muestra natural.
- Pesar los recipientes vacíos para el contenido de humedad anotando su identificación.
- Colocar la muestra de suelo natural en las cápsulas y determinar su peso húmedo.
- Colocar las muestras de suelo en el horno por un tiempo de 18 a 24 horas.
- Sacar la muestra y dejar enfriar como mínimo 15 minutos antes de pesar.
- Cuando la muestra al pesarlo demuestra un peso constante se determina el peso seco.
- Se realiza los cálculos de contenido de humedad.



Figura 9. Peso de la muestra Salcedo
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Cálculo del contenido de humedad de la muestra Salcedo

Nro De Tara	B-09	H-K-9	PRX-3
Peso de Tara	16.67	16.89	16.60
Peso de Tara + M. Humeda	130.01	132.99	142.42
Peso de Tara + M. Seca	117.39	121.67	130.33
Peso de Agua	12.62	11.32	12.09
Peso Muestra Seca	100.72	104.78	113.73
Contenido de humedad W%	12.5	10.8	10.6
Promedio cont. Humedad W%	11.32		

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. LÍMITES DE CONSISTENCIA

A) Límite líquido (ASTM D4318)

Para el límite líquido se realizó el siguiente procedimiento:

- Tamizar la muestra de suelo sobre la bandeja; por el tamiz Nro. 40, previo secado del material al aire libre, se usa el material que pasa el tamiz, si existe presencia de grumos estos se deberán desmenuzar con la comba de goma, hasta obtener una muestra de 300 gr.
- Se coloca aproximadamente 100gr. de muestra en el envase de porcelana y humedecerlo con agua destilada por 24 hrs. Debido a la dificultad de las arcillas de absorber humedad.
- Se debe realizar la respectiva calibración a la cuchara de Casagrande en su altura de caída para no incurrir en errores, este ajuste se realiza con la parte posterior del ranurador. En el ranurador evitar que la ranura sea mayor de 13mm.
- Luego colocar una porción de esta pasta en la cuchara de Casagrande con un espesor máximo de 1cm, evitando la formación de burbujas en el interior de la masa.
- Hacer la ranura con velocidad constante; cabe mencionar que el ranurador se debe mantener en todo el recorrido normal a la superficie interior de la cuchara.

- Acciónese la copa a razón de 2 golpes por segundo contando el número de golpes necesario para que la parte inferior del talud de la ranura se una al otro lado en un ancho de 1/2" pulg. con un número mínimo de 15 golpes y un máximo de 35.
- Luego coger una muestra de esa unión y colocar en una cápsula para poder calcular su contenido de humedad, se debe realizar 4 pruebas 2 antes de 25 golpes y 2 después de 25 golpes.



Figura 10. Peso del material pasante el tamiz número 40

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Humedecer la muestra por 24 h. con agua destilada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Registro de datos y resultados límite líquido

ENSAYO	No	1	2	3	4
CAPSULA	No	PRX-3	H-K-9	B-09	T-9
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	35.39	38.02	33.16	34.72
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	30.74	32.76	29.02	30.06
AGUA	gr.	4.65	5.26	4.14	4.66
PESO DE LA CAPSULA	gr.	16.60	16.89	16.67	16.23
PESO DEL SUELO SECO	gr.	14.14	15.87	12.35	13.83
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	32.89%	33.14%	33.52%	33.69%
NUMERO DE GOLPES	N	35	31	24	20

Fuente: Elaboración propia

B) Límite plástico (ASTM D4318)

Para el límite plástico se realizó el siguiente procedimiento:

- Se toma una pequeña cantidad de muestra para formar cilindros de 3mm de espesor, de preferencia utilizar el mismo material del límite líquido.
- Se forma una esfera presionándola contra el vidrio esmerilado haciéndola rotar con la palma de la mano formando cilindros hasta llegar a un espesor de 3mm. hasta que falle a una velocidad constante y se note la presencia de fisuras en su superficie.
- Una vez que llega a este estado se halla el contenido de humedad.
- Esta operación debe repetirse como mínimo por 3 muestras.

Tabla 6. Registro de datos y resultados límite plástico

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	A-1	PU-3	T-09
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	22.56	22.90	17.82
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	22.50	22.81	17.76
AGUA	gr.	0.06	0.09	0.06
PESO DE LA CAPSULA	gr.	22.06	22.18	17.29
PESO DEL SUELO SECO	gr.	0.44	0.63	0.47
LÍMITE PLÁSTICO	%	13.64%	14.29%	12.77%
		LÍMITE LÍQUIDO		33.3%
		LÍMITE PLÁSTICO		13.6%
		ÍNDICE DE PLASTICIDAD		19.7%

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Para el análisis granulométrico se realiza el siguiente procedimiento:

- Secar el material a temperatura constante como mínimo a 105 grados y máximo a 110 grados centígrados, la cantidad de muestra depende del tipo de suelo, se tomó una muestra no menor que 500 gr.
- Una vez que tenga un valor constante en su peso se registra este dato como peso del suelo seco antes de lavar.
- Luego se lava el material pasándolo a través del tamiz Nro. 200, hasta que el agua este totalmente clara.
- Una vez concluida esta operación se lleva al horno por un tiempo mínimo de 24 horas y a una temperatura min. De 105 y un máximo de 110 grados centígrados, procediendo luego a anotar el peso seco después de lavar.
- Por último, se tamiza por todo el juego de tamices; pesando el material retenido en cada uno de ellos teniendo cuidado de sacar el material que quedan incrustados en el tamiz.
- Mallas estándar utilizado de: 3” ,21/2” ,2” ,11/2” , 1” , 3/4” ,1/2” ,3/8” , Nro.4, Nro.8, Nro.10, Nro.20, Nro.40, Nro.60, Nro.80, Nro.100, Nro.200 y cazolete.
- Por último, se realizan los cálculos correspondientes, para hallar la curva granulométrica.



Figura 12. Puesta del material para su posterior tamizado

Fuente: Elaboración propia

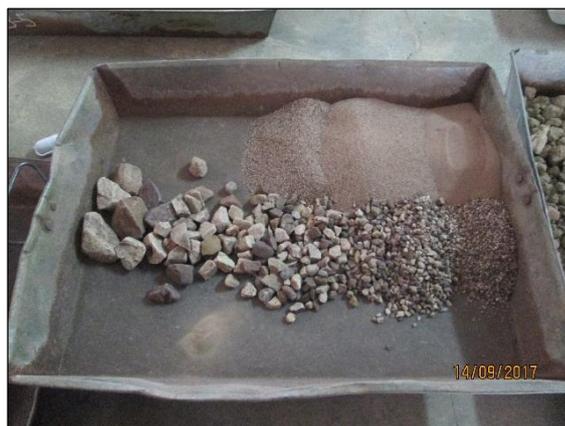


Figura 13. Tamizado del material
Fuente: Elaboración propia

3.5.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Resultados finales

A.A.S.T.H.O. : A-6

(A-6) Suelos arcillosos

3.6. ENSAYOS DE LA MUESTRA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CANTERA CHEJOÑA

3.6.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (D2216)

Para el contenido de humedad del agregado fino se obtuvo con la siguiente ecuación:

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

Donde:

$w\%$: contenido de humedad

W_w : Peso del agua

W_s : Peso seco

Para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

- Como mínimo se extraen tres muestras para realizar el ensayo.
- Tomamos menos de 400 gr aproximadamente de la muestra natural.

- Pesar los recipientes vacíos para el contenido de humedad anotando su identificación.
- Colocar la muestra de suelo natural en las cápsulas y determinar su peso húmedo.
- Colocar las muestras de suelo en el horno por un tiempo de 18 a 24 horas.
- Sacar la muestra y dejar enfriar como mínimo 15 minutos antes de pesar.
- Cuando la muestra al pesarlo demuestra un peso constante se determina el peso seco.
- Se realiza los cálculos de contenido de humedad.



Figura 14. Peso del recipiente más la muestra húmeda
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Cálculo del contenido de humedad de la muestra Chejoña

Nro De Tara	B-29	B-27	A-27
Peso de Tara	17.42	17.14	16.87
Peso de Tara + M. Humeda	120.82	112.98	118.13
Peso de Tara + M. Seca	106.19	98.27	103.80
Peso de Agua	14.63	14.71	14.33
Peso Muestra Seca	88.77	81.13	86.93
Contenido de humedad W%	16.5	18.1	16.5
Promedio cont. Humedad W%	17.03		

Fuente: Elaboración propia

3.6.2. LÍMITES DE CONSISTENCIA

A) Límite líquido (ASTM D4318)

Para el límite líquido se realizó el siguiente procedimiento:

- Tamizar la muestra de suelo sobre la bandeja; por el tamiz Nro. 40, previo secado del material al aire libre, se usa el material que pasa el tamiz, si existe presencia de grumos estos se deberán desmenuzar con la comba de goma, hasta obtener una muestra de 300 gr.
- Se coloca aproximadamente 100gr. De muestra en el envase de porcelana y humedecerlo con agua destilada por 24 hrs. Debido a la dificultad de las arcillas de absorber humedad.
- Se debe realizar la respectiva calibración a la cuchara de Casagrande en su altura de caída para no incurrir en errores, este ajuste se realiza con la parte posterior del ranurador. En el ranurador evitar que la ranura sea mayor de 13mm.
- Luego colocar una porción de esta pasta en la cuchara de Casagrande con un espesor máximo de 1cm, evitando la formación de burbujas en el interior de la masa.
- Hacer la ranura correspondiente, con velocidad constante; el ranurador se debe mantener en todo el recorrido normal a la superficie interior de la cuchara.
- Acciónese la copa a razón de 2 golpes por segundo contando el número de golpes necesario, con un número mínimo de 15 golpes y un máximo de 35.
- Luego coger una muestra de esa unión y colocar en una cápsula para poder calcular su contenido de humedad, se debe realizar 4 pruebas 2 antes de 25 golpes y 2 después de 25 golpes.



Figura 15. Peso del material pasante el tamiz número 40
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Registro de datos y resultados límite líquido

ENSAYO	No	1	2	3	4
CAPSULA	No	B-27	A-27	B-29	T-07
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	28.96	28.58	27.46	28.52
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	26.07	25.69	24.96	25.36
AGUA	gr.	2.89	2.89	2.50	3.16
PESO DE LA CAPSULA	gr.	17.14	16.87	17.42	15.97
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.93	8.82	7.54	9.39
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	32.36%	32.77%	33.16%	33.65%
NUMERO DE GOLPES	N	32	28	24	21

Fuente: Elaboración propia

B) Límite plástico (ASTM D4318)

Para el límite plástico se realizó el siguiente procedimiento:

- Se toma una pequeña cantidad de muestra para formar cilindros de 3mm de espesor, de preferencia utilizar el mismo material ya preparado para el límite líquido
- Se forma una esfera presionándola contra el vidrio esmerilado haciéndola rotar con la palma de la mano formando cilindros hasta llegar a un espesor de 3mm. hasta que falle a una velocidad constante y se note la presencia de fisuras en su superficie.
- Una vez que llega a este estado se halla el contenido de humedad.

- Esta operación debe repetirse como mínimo por 3 muestras, para poder obtener un resultado satisfactorio, promediando los resultados más cercanos.

Tabla 9. Registro de datos y resultados límite plástico

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	PU-2	F-O	ES-1
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	20.47	23.06	22.66
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	20.29	22.87	22.46
AGUA	gr.	0.18	0.19	0.20
PESO DE LA CAPSULA	gr.	19.49	22.08	21.64
PESO DEL SUELO SECO	gr.	0.8	0.79	0.82
LÍMITE PLÁSTICO	%	22.50%	24.05%	24.39%
LÍMITE LÍQUIDO				33.0%
LÍMITE PLÁSTICO				23.6%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD				9.3%

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Para el análisis granulométrico se realiza el siguiente procedimiento:

- Secar el material a temperatura constante como mínimo a 105 grados y máximo a 110 grados centígrados, la cantidad de muestra depende del tipo de suelo, se tomó una muestra no menor que 500 gr.
- Una vez que tenga un valor constante en su peso se registra este dato como peso del suelo seco antes de lavar.
- Luego se lava el material pasándolo a través del tamiz Nro. 200, hasta que el agua este totalmente clara.
- Una vez concluida esta operación se lleva al horno por un tiempo mínimo de 24 horas y a una temperatura min. De 105 y un máximo de 110 grados centígrados, procediendo luego a anotar el peso seco después de lavar.
- Por último, se tamiza por todo el juego de tamices; pesando el material retenido en cada uno de ellos, sacar el material que quedan incrustado en el tamiz.

- Mallas estándar utilizado de: 3", 21/2", 2", 11/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", Nro.4, Nro.8, Nro.10, Nro.20, Nro.40, Nro.60, Nro.80, Nro.100, Nro.200 y cazolete.
- Por último, se realizan los cálculos correspondientes, para hallar la curva granulométrica.



Figura 16. Lavado del material
Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Tamizado del material
Fuente: Elaboración propia

3.6.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Resultados finales

A.A.S.T.H.O. : A-4

(A-4) Suelos limosos

3.7. MUESTRAS DE CAMPO

Se probaron en el laboratorio de la EPIC 02 tipos de suelos, caracterizados como materiales finos. Las muestras de prueba se identifican como:

- Cantera Salcedo: Suelo fino saturado en el laboratorio al 100%.
- Cantera Chejoña: Suelo fino saturado en el laboratorio al 100%.

3.7.1. ELECTROLITO

El electrolito utilizado para la saturación de las muestras fue sal de cocina (cloruro de sodio, NaCl), disuelta en agua, que es por lo general uno de los componentes químicos de mayor concentración en numerosas aguas subterráneas, en las pruebas se emplearon diferentes concentraciones químicas en el electrolito, las cuales se relacionan en los respectivos ensayos. La conductividad eléctrica del electrolito se midió con el conductímetro y la resistividad eléctrica se calculó con la siguiente formula:

$$\rho = \frac{1}{\sigma_e} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Donde:

ρ : Resistividad eléctrica, ohm-m

σ_e : Conductividad eléctrica, unidades Siemens por metro: S/m=1/ohm-m

3.8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELECTROÓSMOSIS

El proceso empleado en el laboratorio de mecánica de suelos de la EPIC fue de la siguiente manera:

- Las muestras de campo de las canteras de Salcedo y Chejoña fueron tamizados por la malla N° 08 para obtener resultados óptimos y de esta forma no tener problemas en los resultados con el equipo de Corte Directo, luego fueron remoldeadas y saturadas en el laboratorio, hasta lograr un contenido cercano al 100%.
- El agua de saturación fue preparada con diferentes salinidades, es decir con agua con varias concentraciones químicas.

- Las muestras fueron mezcladas gradualmente con el electrolito, de modo manual y a baja velocidad de mezcla, con el objeto de lograr una saturación cercana al 100%.
- Se colocó la muestra ya saturada en la cubeta y se dejó reposar 4 a 5 días, con el objeto de drenar por gravedad el exceso de agua.
- La cubeta fue adecuada con dos (2) electrodos, ánodo y cátodo; se dispuso de un espacio en la cubeta para la recolección del agua drenada.



Figura 18. Espacio en la cubeta de vidrio para recolección de agua drenada

Fuente: Elaboración propia

El cátodo se perforó con huecos de 1 cm y 8 mm, para facilitar el flujo del agua drenada.

- En cada prueba de electroósmosis se aplicó un voltaje y una corriente, desde la fuente regulada; el voltaje fue variable y la corriente fija para un determinado tiempo durante el proceso.
- Se realizaron pruebas de electroósmosis con diferentes salinidades para el agua de saturación, al igual que para diferentes voltajes de prueba.
- El proceso de electroósmosis fue continuo en todas las pruebas. Durante el proceso se midió el voltaje, la corriente eléctrica, el tiempo y el volumen del agua drenada.

3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELECTROÓSMOSIS DE LA CANTERA SALCEDO

La muestra fue secada al horno, luego chancado con la comba y tamizarlo por la malla N° 08 para luego pesarlo antes de remoldearlo y saturarlo.



Figura 19. Tamizado del material cantera Salcedo
Fuente: Elaboración propia



Figura 20. Material tamizado cantera Salcedo
Fuente: Elaboración propia

Se realizaron cinco (5) pruebas de electroósmosis de la cantera Salcedo, (5) con diferentes tipos de electrolito (NaCl). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua, para luego medir la conductividad eléctrica del líquido con un conductivímetro.



Figura 21. Peso del electrolito
Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Medición de la conductividad eléctrica del líquido
Fuente: Elaboración propia

- La muestra de Salcedo fue remoldeada y saturada en el laboratorio de la EPIC de la UNA Puno y posteriormente colocarlo en la cubeta de vidrio y dejarlo drenar por gravedad.



Figura 23. Preparación de muestra
Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Muestra remodelada y saturada
Fuente: Elaboración propia

PRUEBAS DE ELECTROÓSMOSIS

Se realizaron cinco (5) pruebas de electroósmosis con esta muestra, con diferentes tipos de electrolito (NaCl); se aplicaron diferentes voltajes en cada una de las cinco (5) pruebas.

PRUEBA 1: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1120 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 2.5 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1.000 mililitros (ml) de agua

- Área transversal de flujo $A = 25\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 18\text{cm} (\text{alto}) = 450\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 28 cm



Figura 25. Muestra pre electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Registro de datos y resultados muestra N° 01 - Salcedo

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 296$)	43	97	156
Tiempo, t (hr)	6	7	12
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	6	13	25
Gradiente de Voltaje, $V' (V/d)$ (volt/cm)	0.36	0.71	1.07
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.44	0.86	0.80
Permeabilidad electrosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.24	1.20	0.75

Fuente: Elaboración propia

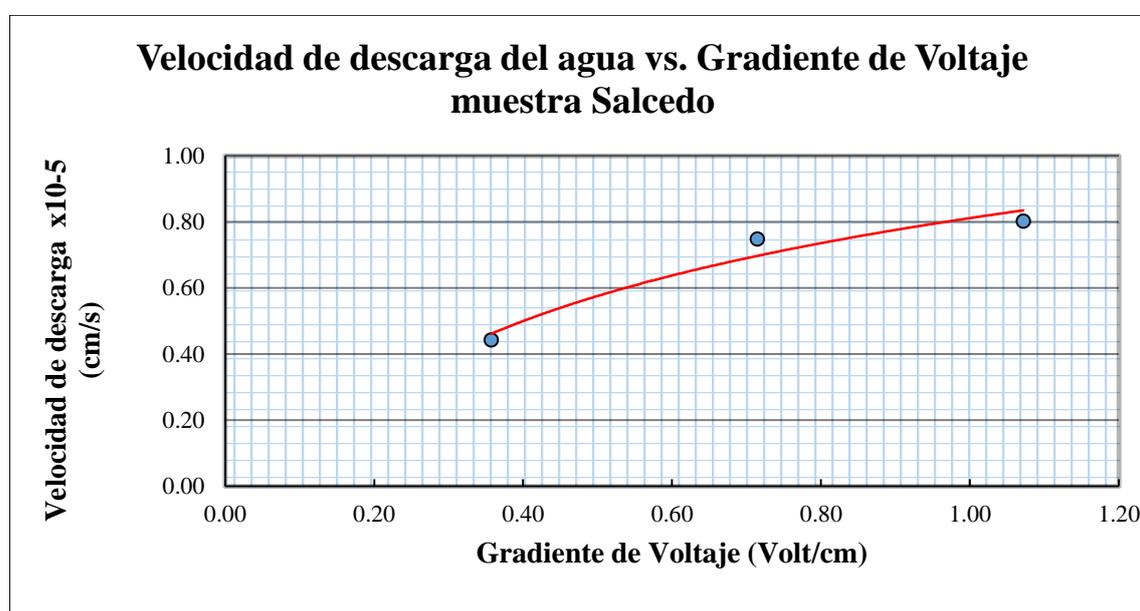


Figura 26. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 01

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA 2: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1580 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 7 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 25\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 18\text{cm} (\text{alto}) = 450\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 28 cm



Figura 27. Proceso de electroósmosis
Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Medición del drenaje del líquido después del proceso de electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Registro de datos y resultados muestra N° 02 - Salcedo

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 308$)	54	94	160
Tiempo, t (hr)	6	8	12
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	6	14	26
Gradiente de Voltaje, $V' (V/d)$ (volt/cm)	0.36	0.71	1.07
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.56	0.73	0.82
Permeabilidad electroosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.56	1.02	0.77

Fuente: Elaboración propia

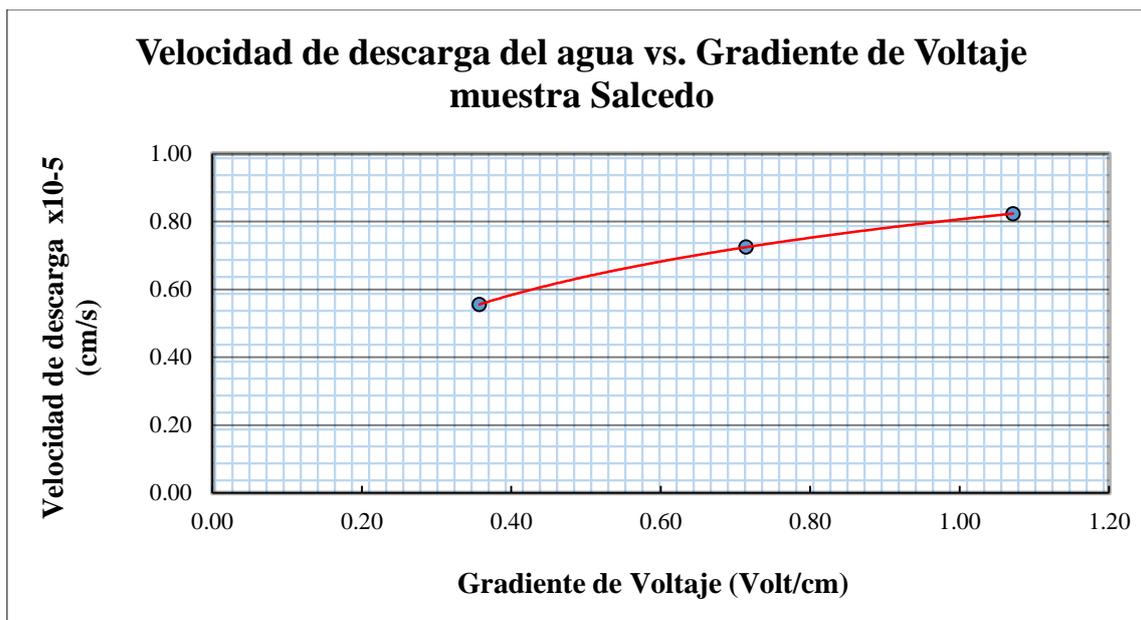


Figura 29. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 02
Fuente: Elaboración propia

PRUEBA 3: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1720 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 15 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 25\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 18\text{cm} (\text{alto}) = 450\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 28 cm



Figura 30. Pos electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Registro de datos y resultados muestra N° 03 - Salcedo

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 318$)	58	97	163
Tiempo, t (hr)	6	8	12
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	6	14	26
Gradiente de Voltaje, V' (V/d) (volt/cm)	0.36	0.71	1.07
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.60	0.75	0.84
Permeabilidad electrosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.67	1.05	0.78

Fuente: Elaboración propia

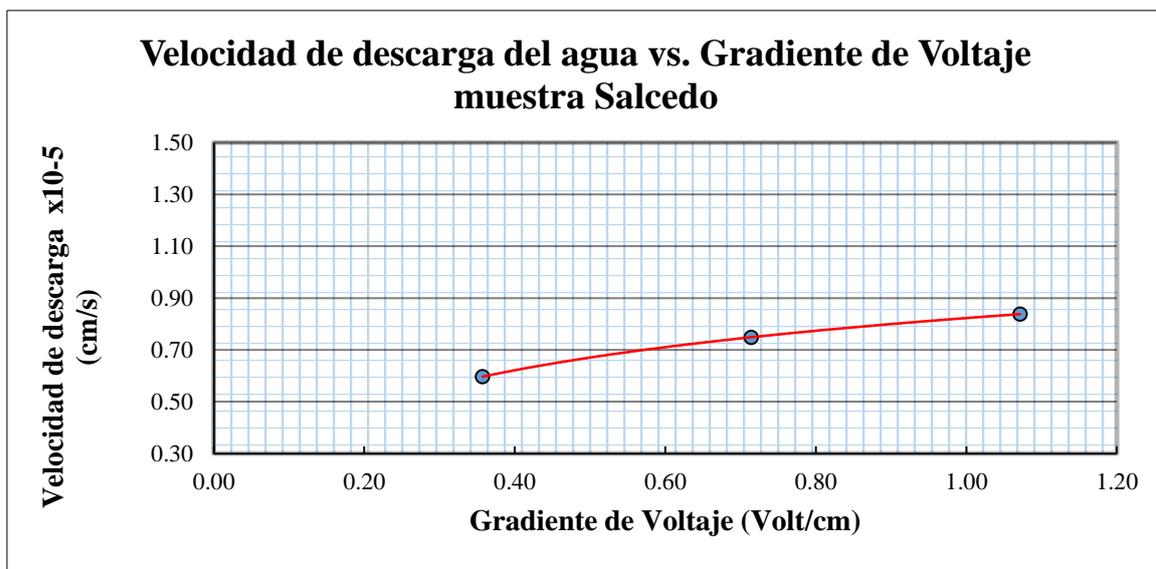


Figura 31. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 03

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA 4: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1810 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 20 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 25\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 18\text{cm} (\text{alto}) = 450\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 28 cm

Tabla 13. Registro de datos y resultados muestra N° 04 - Salcedo

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 331$)	60	102	169
Tiempo, t (hr)	6	8	12
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	6	14	26
Gradiente de Voltaje, V' (V/d) (volt/cm)	0.36	0.71	1.07
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.62	0.79	0.87
Permeabilidad electrosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.73	1.10	0.81

Fuente: Elaboración propia

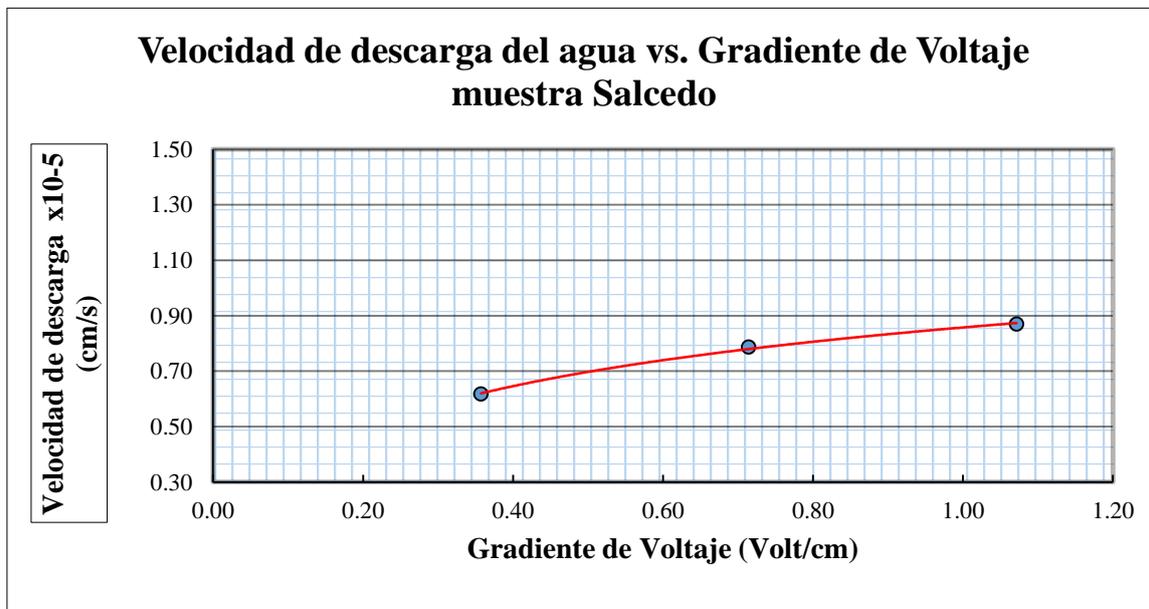


Figura 32. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 04

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA 5: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1970 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 30 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 25\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 18\text{cm} (\text{alto}) = 450\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 28 cm

Tabla 14. Registro de datos y resultados muestra N° 05 - Salcedo

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 365$)	68	121	187
Tiempo, t (hr)	6	8	12
Tiempo Acumulado, Σ t (hr)	6	14	26
Gradiente de Voltaje, V' (V/d) (volt/cm)	0.36	0.71	1.07
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.70	0.93	0.96
Permeabilidad electroosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.96	1.31	0.90

Fuente: Elaboración propia

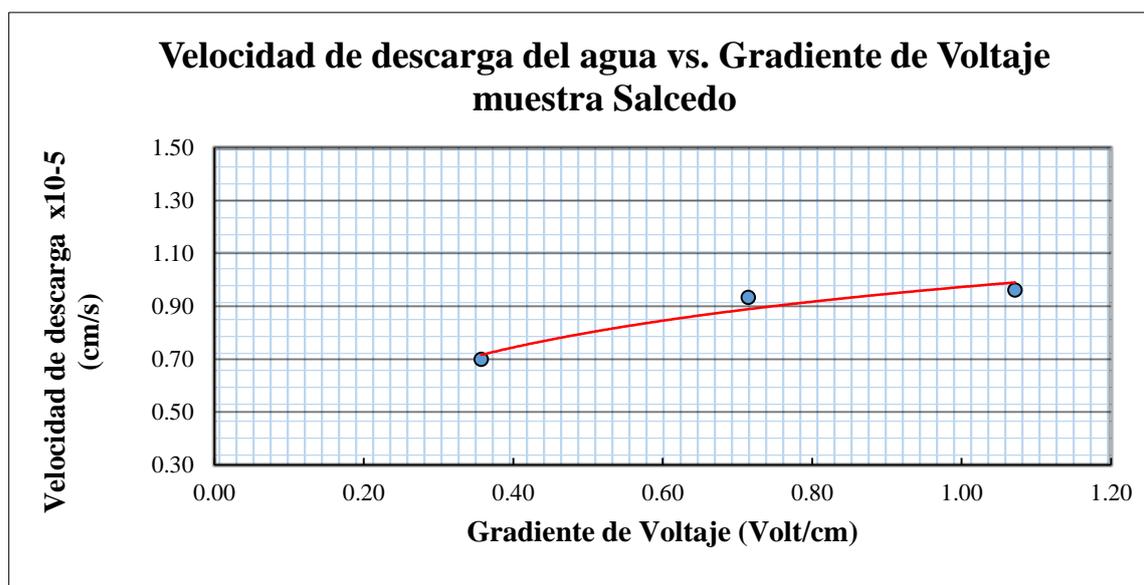


Figura 33. Cantera Salcedo: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 05

Fuente: Elaboración propia

SE INTERPRETA SEGÚN LOS GRÁFICOS.

Para una mayor salinidad del agua, es decir un suelo con determinada resistividad, el volumen de agua drenada aumenta con el voltaje aplicado, en consecuencia, es mayor el efecto de la electroósmosis en la consolidación del suelo, y se tardará menos tiempo.

Para un suelo con menor resistividad, el volumen de agua drenada es mayor.

TIPO DE MATERIAL

- Suelo arcilloso.
- Sitio de muestreo en la cantera Salcedo ubicada en la ciudad de Puno.

DIMENSIONES

Peso total de la muestra (saturada):

- Para un electrolito de 2.5 gr. es: 13.69 kg.
- Para un electrolito de 7 gr. es: 13.69 kg.
- Para un electrolito de 15 gr. es: 13.69 kg.
- Para un electrolito de 20 gr. es: 13.69 kg.
- Para un electrolito de 30 gr. es: 13.69 kg.

Contenido inicial de agua, en la muestra:

- Para un electrolito de 2.5 gr. es: 3000ml.
- Para un electrolito de 7 gr. es: 3000ml.
- Para un electrolito de 15 gr. es: 3000ml.
- Para un electrolito de 20 gr. es: 3000ml.
- Para un electrolito de 30 gr. es: 3000ml.

Distancia entre ánodo y cátodo: $d = 28$ cm (largo)

Tiempo promedio de cada prueba, para un voltaje determinado fue variable

PROPIEDADES FÍSICAS

En el laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPIC se realizaron pruebas de contenido de humedad (W%) límite plástico (WP), límite líquido (WL) y análisis granulométrico con el objeto de definir las propiedades básicas del suelo;

- Límite plástico: $WP = 13.6\%$
- Límite líquido: $WL = 33.3\%$

- Contenido de humedad: $W = 11.32\%$
- Índice de plasticidad: $I_p (W_L - W_P) = 19.7\%$

Del análisis granulométrico realizado se deduce que la muestra es muy graduada, y que el porcentaje de finos (menores de 0.075 mm) es mayor del 35%.

3.8.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELECTROÓSMOSIS DE LA CANTERA CHEJOÑA

La muestra fue secada al horno, luego chancado con la comba y tamizarlo por la malla N° 08 para luego pesarlo antes de remoldearlo y saturarlo.



Figura 34. Chancado del material
Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Tamizado del material
Fuente: Elaboración propia

Se realizaron cinco (5) pruebas de electroósmosis de la cantera Salcedo, (5) con diferentes tipos de electrolito (NaCl). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua, para luego medir la conductividad eléctrica del líquido con un conductivímetro.

La muestra de Chejoña fue remoldeada y saturada en el laboratorio de la EPIC de la UNA – Puno y posteriormente colocarlo en la cubeta de vidrio y dejarlo drenar por gravedad.



Figura 36. Muestra remoldeada y saturada
Fuente: Elaboración propia

PRUEBAS DE ELECTROÓSMOSIS

PRUEBA 1: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1120 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 2.5 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1.000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 23\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 14\text{cm} (\text{alto}) = 322\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 20 cm

Tabla 15. Registro de datos y resultados muestra N° 01 - Chejoña

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 266$)	57	84	125
Tiempo, t (hr)	7	9	10
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	7	16	26
Gradiente de Voltaje, V' (V/d) (volt/cm)	0.50	1.00	1.50
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.70	0.81	1.08
Permeabilidad electrosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.40	0.81	0.72

Fuente: Elaboración propia

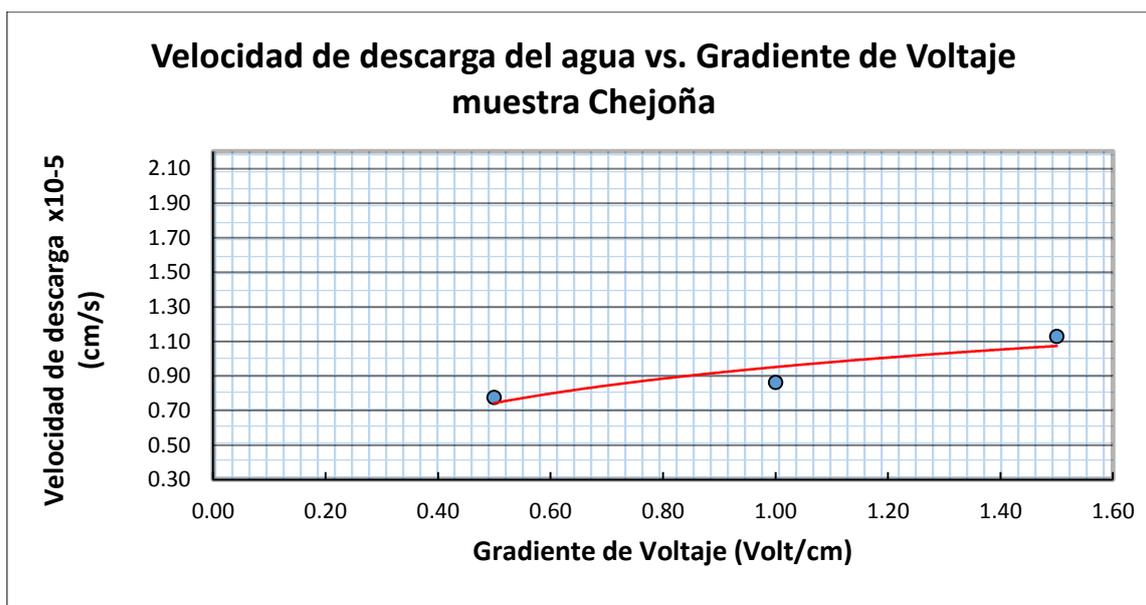


Figura 37. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 01

Fuente: Elaboración propia



Figura 38. Muestra pre electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

PRUEBA 2: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1580 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 7 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 23\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 14\text{cm} (\text{alto}) = 322\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 20 cm

Tabla 16. Registro de datos y resultados muestra N° 02 - Chejoña

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 284$)	63	90	131
Tiempo, t (hr)	7	9	10
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	7	16	26
Gradiente de Voltaje, $V' (V/d)$ (volt/cm)	0.50	1.00	1.50
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.78	0.86	1.13
Permeabilidad electroosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.55	0.86	0.75

Fuente: Elaboración propia

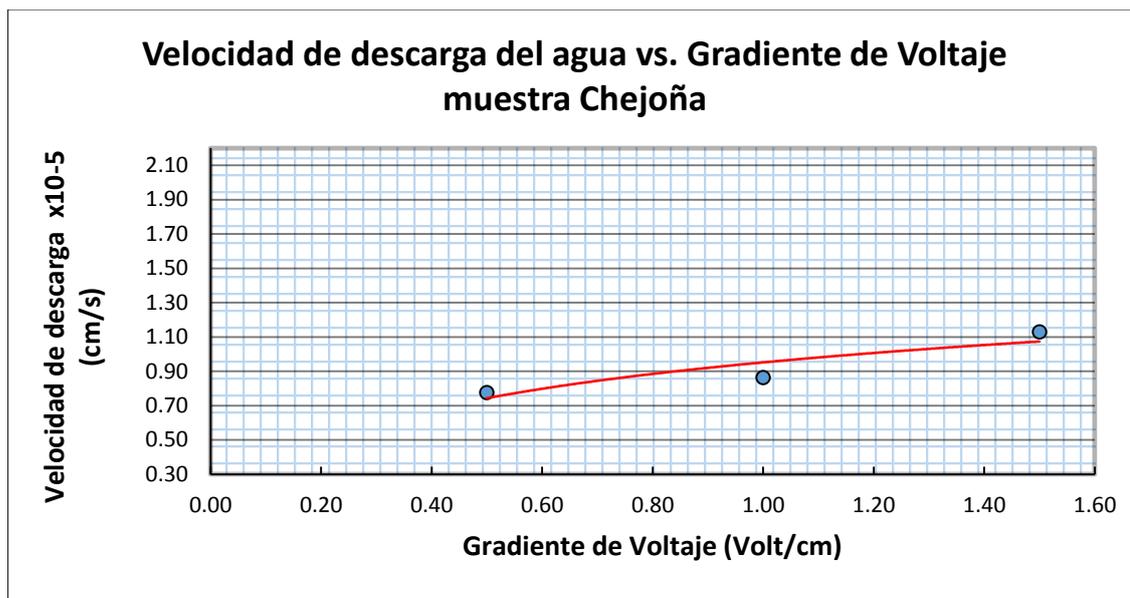


Figura 39. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 02
Fuente: Elaboración propia



Figura 40. Medición del voltaje con el multímetro para el proceso de electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

PRUEBA 3: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1720 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 15 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 23\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 14\text{cm} (\text{alto}) = 322\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 20 cm

Tabla 17. Registro de datos y resultados muestra N° 03 - Chejoña

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 311$)	67	97	147
Tiempo, t (hr)	7	9	10
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	7	16	26
Gradiente de Voltaje, V' (V/d) (volt/cm)	0.50	1.00	1.50
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.83	0.93	1.27
Permeabilidad electrosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.65	0.93	0.85

Fuente: Elaboración propia

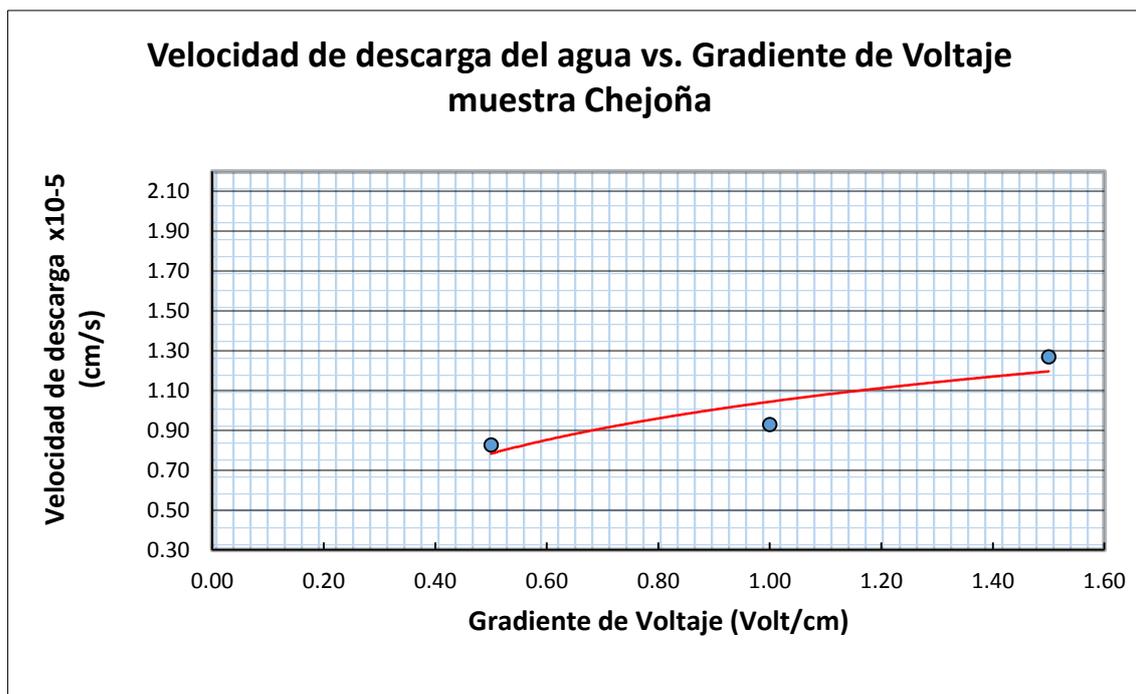


Figura 41. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 03

Fuente: Elaboración propia



Figura 42. Proceso de electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

PRUEBA 4: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1810 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 20 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 23\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 14\text{cm} (\text{alto}) = 322\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 20 cm

Tabla 18. Registro de datos y resultados muestra N° 04 - Chejoña

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 335$)	77	107	151
Tiempo, t (hr)	7	9	10
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	7	16	26
Gradiente de Voltaje, V' (V/d) (volt/cm)	0.50	1.00	1.50
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	0.95	1.03	1.30
Permeabilidad electroosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	1.90	1.03	0.87

Fuente: Elaboración propia

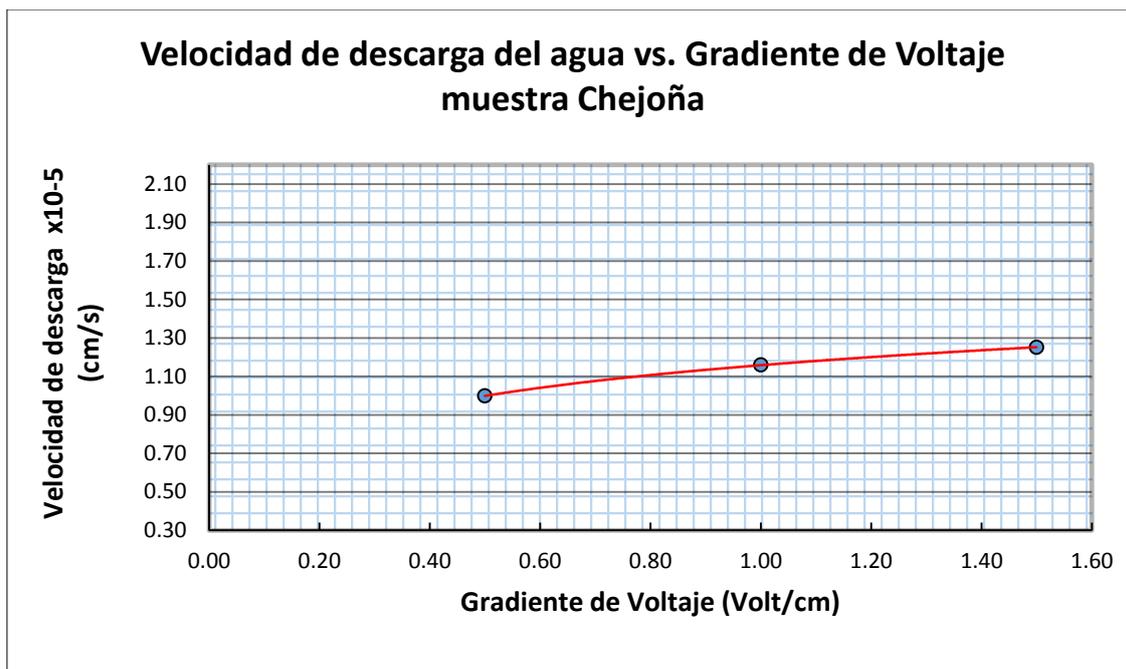


Figura 43. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 04
Fuente: Elaboración propia

PRUEBA 5: Resistividad eléctrica del agua del electrolito, (conductividad eléctrica 1970 ppm). La salinidad en el electrolito se logró con una mezcla de 30 gramos (gr) de sal (NaCl) en 1,000 mililitros (ml) de agua.

- Área transversal de flujo $A = 23\text{cm} \times (\text{ancho}) \times 14\text{cm} (\text{alto}) = 322\text{cm}^2$
- Distancia entre ánodo y cátodo 20 cm

Tabla 19. Registro de datos y resultados muestra N° 05 - Chejoña

PARAMETROS	ENSAYOS		
	1	2	3
Voltaje, V (Voltios)	10	20	30
Corriente, I (Amperios)	3	3	3
Volumen drenado, ml ($\Sigma = 347$)	81	121	145
Tiempo, t (hr)	7	9	10
Tiempo Acumulado, Σt (hr)	7	16	26
Gradiente de Voltaje, $V' (V/d)$ (volt/cm)	0.50	1.00	1.50
Velocidad de flujo, $v = Q/A \times 10^{(-5)}$ (cm/s)	1.00	1.16	1.25
Permeabilidad electrosmótica puntual, (cm/s por volt/cm) $\times 10^{(-5)}$	2.00	1.16	0.83

Fuente: Elaboración propia

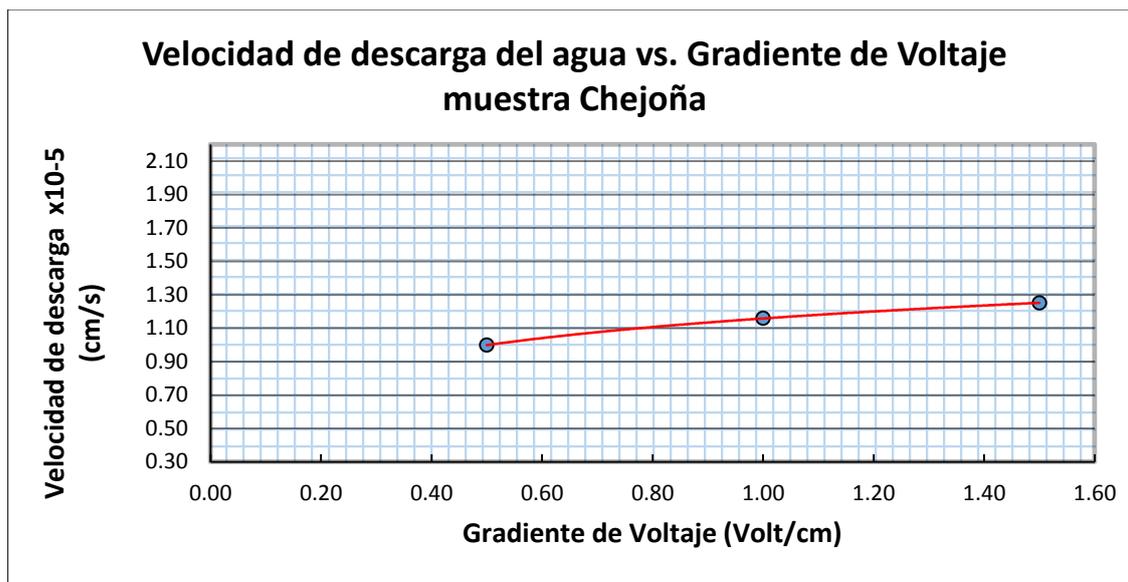


Figura 44. Cantera Chejoña: Relación de la descarga con el gradiente de voltaje - 05
Fuente: Elaboración propia

SE INTERPRETA SEGÚN LOS GRÁFICOS.

Para una misma salinidad del agua, es decir un suelo con determinada resistividad, el volumen de agua drenada aumenta con el voltaje aplicado, en consecuencia, es mayor el efecto de la electroósmosis en la consolidación del suelo, y se tardará menos tiempo.

Para un suelo con menor resistividad, el volumen de agua drenada es mayor, y la consolidación es mayor.

TIPO DE MATERIAL

- Suelo limoso.
- Sitio de muestreo en la cantera Chejoña ubicada en la ciudad de Puno.

DIMENSIONES

- Peso total de la muestra (saturada):
- Para un electrolito de 2.5 gr. es: 8.84kg.
- Para un electrolito de 7 gr. es: 8.84kg.

- Para un electrolito de 15 gr. es: 8.84kg.
- Para un electrolito de 20 gr. es: 8.84kg.
- Para un electrolito de 30 gr. es: 8.84kg.
-

Contenido inicial de agua, en la muestra:

- Para un electrolito de 2.5 gr. es: 1900 ml.
- Para un electrolito de 7 gr. es: 1900 ml.
- Para un electrolito de 15 gr. es: 1900 ml.
- Para un electrolito de 20 gr. es: 1900 ml.
- Para un electrolito de 20 gr. es: 1900 ml.

Distancia entre ánodo y cátodo: $d= 20\text{cm}$ (largo)

Tiempo promedio de cada prueba, para un voltaje determinado fue variable

PROPIEDADES FÍSICAS

En el laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPIC se realizaron pruebas de contenido de humedad (W%) límite plástico (WP) y límite líquido (WL), con el objeto de definir las propiedades básicas del suelo muestreado.

- Límite plástico: $WP= 23.60\%$
- Límite líquido: $WL= 33.0\%$
- Humedad natural: $W= 17.03\%$
- Índice de plasticidad: $I_p (WL- WP)= 9.3\%$

3.8.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GEOTÉCNICO DE LA CANTERA SALCEDO Y CHEJOÑA

Una vez drenada por gravedad la muestra saturada se empezó a tallar la muestra con el molde de corte directo y luego se realizó el ensayo de corte directo pre

electroósmosis con las 10 muestras, 05 de Salcedo y 05 de Chejoña, y luego de finalizar el proceso de electroósmosis se vuelve a tallar la muestra con el molde de corte directo para luego realizar el ensayo de corte directo pos electroósmosis en el laboratorio de la EPIC de la UNA.



Figura 45. Tallado de la muestra pos electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

Luego de tallar la muestra pre y pos electroósmosis se empieza a pesar el molde y la muestra.

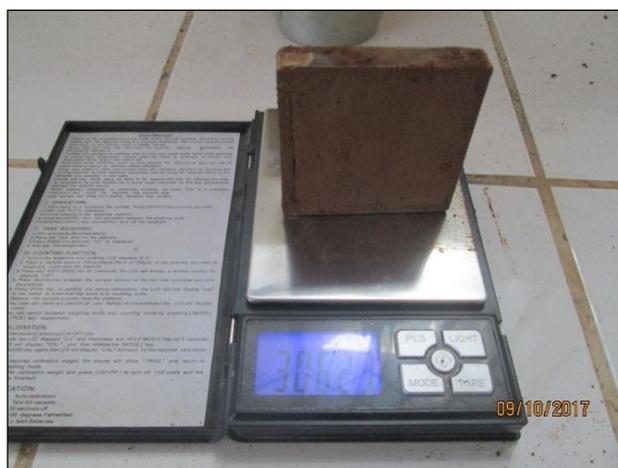


Figura 46. Peso del molde y la muestra pre electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

Se realiza el montaje y procedimiento del equipo de corte directo para luego lecturar el dial de carga.



Figura 47. Montaje del corte directo
Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Equipo de corte directo para el dial de carga
Fuente: Elaboración propia

Luego de terminar la lectura del dial de carga se empieza con desmontar el equipo para luego pesar la muestra con falla ya sea para pre y pos electroósmosis y posteriormente llevarlo a horno y finalmente determinar el contenido de humedad.



Figura 49. Peso de la muestra con falla pre electroósmosis
Fuente: Elaboración propia



Figura 50. Muestra con falla pos electroósmosis
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

En las pruebas realizadas de electroósmosis se pudo determinar que a mayor tensión el drenaje fue mayor, se realizaron 20 ensayos de corte directo para poder determinar el grado de influencia de la técnica de electroósmosis, es así que este método es recomendable en suelos arcillosos blandos saturados, debido a que aumenta la resistencia al corte, en proporciones diferentes, tal como se detalla a continuación.

4.1.1. RESULTADOS CANTERA SALCEDO

Tabla 20. Registro de datos y resultados cantera Salcedo

RESISTENCIA AL CORTE - CANTERA SALCEDO					
Muestra	Pre electroósmosis (kg/cm ²) (A)	Pos electroósmosis (kg/cm ²) (B)	Aumento (B-A)	Proporción (B/A)	%
Muestra N° 01	0.156	0.251	0.10	1.61	161
Muestra N° 02	0.169	0.313	0.14	1.85	185
Muestra N° 03	0.175	0.332	0.16	1.90	190
Muestra N° 04	0.181	0.372	0.19	2.06	206
Muestra N° 05	0.186	0.445	0.26	2.39	239

Fuente: Elaboración propia

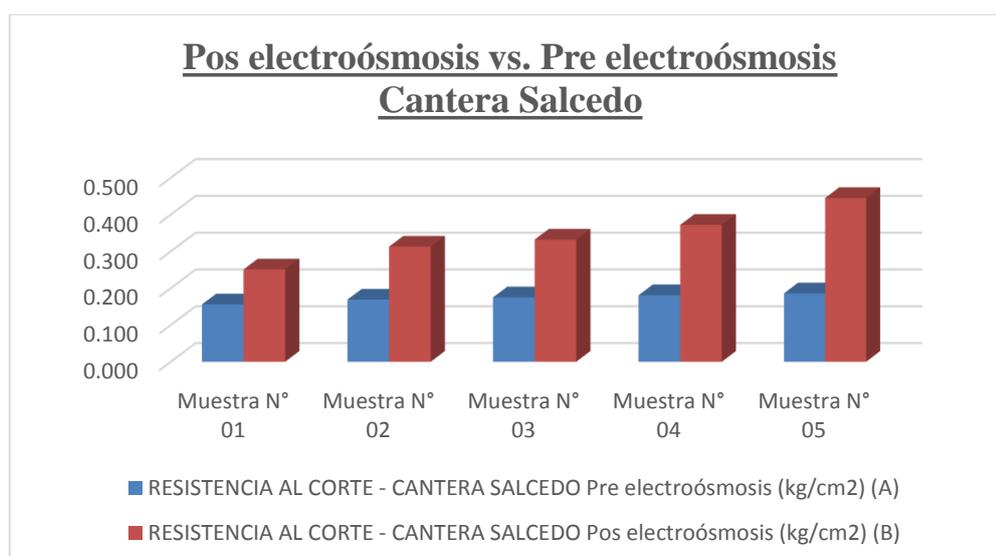


Figura 51. Resultados Pos electroósmosis vs. Pre electroósmosis – Cantera Salcedo

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (PRUEBA DE HIPÓTESIS) – CANTERA SALCEDO

Para el análisis de los datos se utilizó el programa Excel 2017 y se aplicaron pruebas paramétricas T de student, se consideró un nivel de significancia de 0.05 para considerar significancia estadística.

La hipótesis a probar es la siguiente:

“La aplicación de electroósmosis mejora las características de resistencia al corte de suelos arcillosos blandos saturados”.

Para esta situación lo que se va a probar es: Si las características de resistencia al corte de suelos finos saturados mejoran con la aplicación de electroósmosis en distintos Salinidades 2.5 NaCl, 7 NaCl, 15 NaCl, 20 NaCl, 30 NaCl, frente a una muestra de suelo fino Saturado.

H₀: La aplicación de electroósmosis en suelos finos saturados no mejora la resistencia al corte.

H₁: La aplicación de electroósmosis en suelos finos saturados mejora la resistencia al corte.

Tabla 21. Análisis de T Student para resistencia al corte - cantera Salcedo

Muestra	RESISTENCIA AL CORTE - CANTERA SALCEDO				Contraste Bilateral
	Pre electroósmosis kg/cm ² (Xi)	Pos electroósmosis kg/cm ² (Yi)	(Xi- X) ²	(Yi-ȳ) ²	
Muestra N° 01	0.156	0.251	0.0003028	0.0060218	DOS COLAS
Muestra N° 02	0.169	0.313	0.0000194	0.0194882	
Muestra N° 03	0.175	0.332	0.0000694	0.0273351	
Muestra N° 04	0.181	0.372	0.0001156	0.0407031	
Muestra N° 05	0.186	0.445	0.0001588	0.0737666	

Fuente: Elaboración propia

- Si $|tc| > t\alpha/2; n_1+n_2-2$ entonces se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Tabla 22. Resultados estadísticos - cantera Salcedo

	Variable 1	Variable 2
Media	0.17	0.34
Grados de libertad	8	
Estadístico t_c	-5.18	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.00083	
Valor crítico de t (dos colas)	2.306	

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusión

- Como $|t_c| = 5.18 > t_{\alpha/2}$; $n_1 + n_2 - 2 = 2.306$ entonces se rechaza H_0 y se acepta H_1 , existe diferencias significativas entre las dos medias al nivel de confianza del 95%.

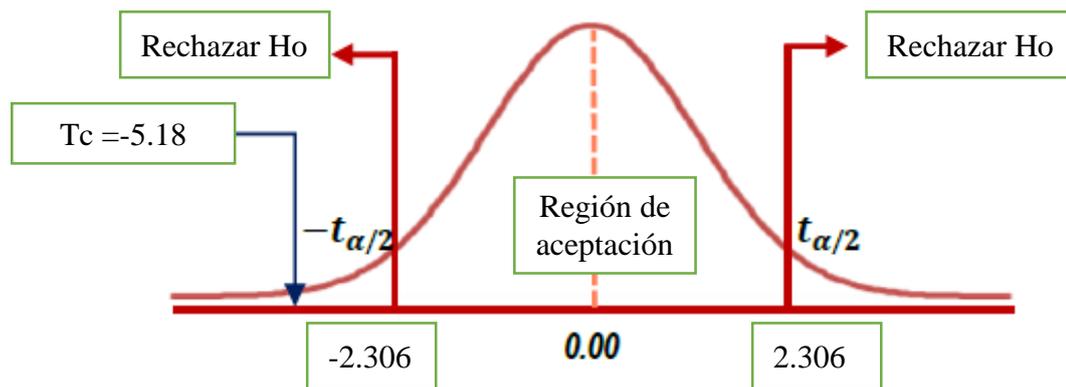


Figura 52. Gráfica de la distribución t para $\alpha=0.025$ y 08 grados de libertad
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. RESULTADOS CANTERA CHEJOÑA

Tabla 23. Registro de datos y resultados cantera Chejoña

RESISTENCIA AL CORTE - CANTERA CHEJOÑA					
Muestra	Pre electroósmosis (kg/cm2) (A)	Pos electroósmosis (kg/cm2) (B)	Aumento (B-A)	Proporcion (B/A)	%
Muestra N° 01	0.152	0.182	0.03	1.20	120
Muestra N° 02	0.162	0.204	0.04	1.26	126
Muestra N° 03	0.166	0.247	0.08	1.49	149
Muestra N° 04	0.172	0.278	0.11	1.62	162
Muestra N° 05	0.179	0.361	0.18	2.02	202

Fuente: Elaboración propia

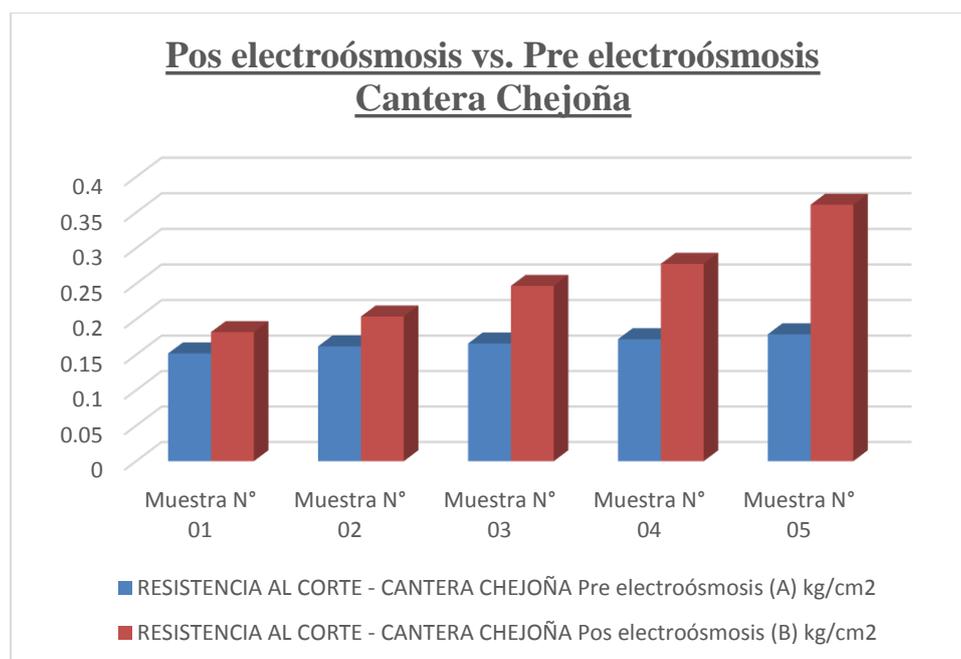


Figura 53. Resultados Pos electroósmosis vs. Pre electroósmosis – Cantera Chejoña
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (PRUEBA DE HIPÓTESIS) – CANTERA CHEJOÑA

La hipótesis a probar es la siguiente:

“La aplicación de electroósmosis mejora las características de resistencia al corte de suelos arcillosos blandos saturados”.

Para esta situación lo que se va a probar es: Si las características de resistencia al corte de suelos finos saturados mejoran con la aplicación de electroósmosis en distintos Salinidades 2.5 NaCl, 7 NaCl, 15 NaCl, 20 NaCl, 30 NaCl frente a una muestra de suelo fino Saturado.

H₀: La aplicación de electroósmosis en suelos finos saturados no mejora la resistencia al corte.

H₁: La aplicación de electroósmosis en suelos finos saturados mejora la resistencia al corte.

Tabla 24. Análisis de T Student para resistencia al corte - cantera Chejoña

Muestra	RESISTENCIA AL CORTE - CANTERA CHEJOÑA				Contraste Bilateral
	Pre electroósmosis kg/cm2 (Xi)	Pos electroósmosis kg/cm2 (Yi)	(Xi- X)^2	(Yi-ȳ)^2	
Muestra N° 01	0.152	0.182	0.0002016	0.0002496	DOS COLAS
Muestra N° 02	0.162	0.204	0.0000176	0.0014288	
Muestra N° 03	0.166	0.247	0.0000360	0.0075690	
Muestra N° 04	0.172	0.278	0.0000810	0.0132250	
Muestra N° 05	0.179	0.361	0.0001638	0.0379470	

Fuente: Elaboración propia

- Si $|tc| > t_{\alpha/2}; n_1+n_2-2$ entonces se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Tabla 25. Resultados estadísticos - cantera Chejoña

	Variable 1	Variable 2
Media	0.166	0.254
Grados de libertad	8	
Estadístico t_c	-2.777	
P(T<=t) dos colas	0.02403	
Valor crítico de t (dos colas)	2.306	

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusión

- Como $|tc| = 2.777 > t_{\alpha/2}; n_1+n_2-2 = 2.306$ entonces se rechaza H_0 y se acepta H_1 , existe diferencias significativas entre las dos medias al nivel de confianza del 95%.

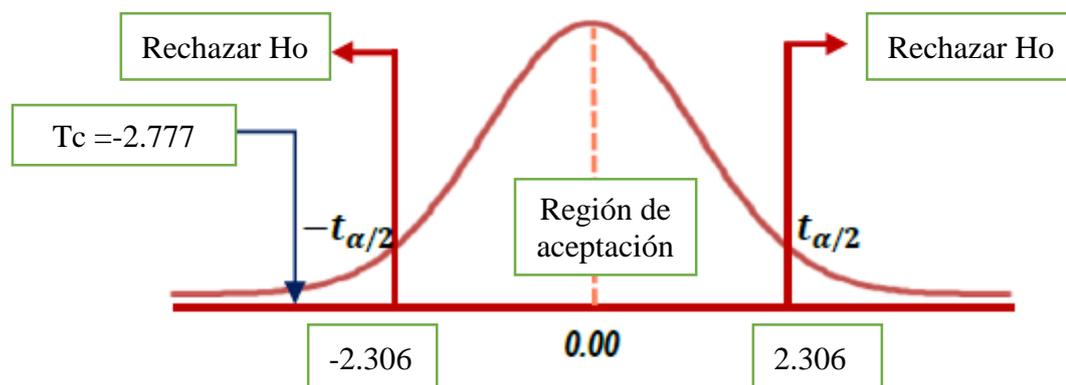


Figura 54. Gráfica de la distribución t para $\alpha=0.025$ y 08 grados de libertad

Fuente: Elaboración propia

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. GENERALIDADES

En los ensayos realizados de corte directo, tanto para las muestras de la cantera de Salcedo y Chejoña, se notó que aumento la resistencia al corte relativamente, utilizando la técnica de electroósmosis. Los cuales se concluyen su veracidad respecto a los resultados obtenidos por otros autores en la investigación de dicho tema.

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

En el tiempo, se han desarrollado evaluaciones concernientes al mejoramiento de suelos arcillosos blandos saturados, y el aporte a la ingeniería está siendo poco a poco significativo, principalmente en el área de geotecnia de ingeniería civil, se tiene algunos resultados que obtuvieron algunos investigadores, los cuales detallo a continuación.

Resultados obtenidos por otros autores

Restrepo, L. (2014). Mejoramiento de suelos finos a partir de la electroósmosis. Universidad de Bogotá, Colombia. Se realizaron pruebas de electroósmosis en muestras de suelo fino, con la aplicación de corrientes eléctricas en el laboratorio. La resistencia aumentó, debido al proceso de electroósmosis, en una relación de 1:1.3 a 1:11, medida en pruebas de compresión inconfiada y de veleta, respectivamente.

Universidad de Newcastle (Inglaterra), Shim (2001), Mok (2000), Kalumba (2000): Realizaron en el laboratorio con un volumen de 5.4m³, y con dimensiones de 2.4m de longitud, 0.93m de ancho y 2.4m en profundidad. El material de la prueba tiene propiedades similares al caolín grado E; la muestra fue mezclada con un contenido de agua al 85%. La resistencia al corte, medida con veleta, fue menos de 1 kN/m² (0.01 kg/cm²) al principio del ensayo, y se aumentó a un máximo de 35 kN/m² (0.35 kg/cm²) alrededor del ánodo, con la aplicación de la electroósmosis en las 500 horas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

La técnica de electroósmosis influye positivamente en la resistencia al corte de los suelos arcillosos blandos saturados, ya que en estado pos electroósmosis, los resultados de las resistencias al corte son mayores que las resistencias al corte de las mismas muestras no mejoradas, en una relación que va desde 1:1.61 hasta 1:2.39 para la cantera de Salcedo, y en una relación que va desde 1:1.20 hasta 1:2.02 para la cantera de Chejoña tomados según los ensayos de corte directo.

Al evaluar a través de ensayos de laboratorio los suelos arcillosos blandos saturados no mejorados, se mantiene la resistencia al corte sin variación, los cuales oscilan entre 0.156 kg/cm² hasta los 0.186 kg/cm² para la cantera de Salcedo, y de 0.152 kg/cm² hasta los 0.179 kg/cm² para la cantera de Chejoña.

Al evaluar a través de ensayos de laboratorio los suelos arcillosos blandos saturados utilizando la técnica de electroósmosis, se obtuvo una resistencia al corte mayor al de pre electroósmosis, que oscilaban entre los 0.251 hasta los 0.445 kg/cm² para la cantera de Salcedo, y de 0.182 a 0.361 kg/cm² para la cantera de Chejoña.

La resistencia al corte en suelos arcillosos blandos saturados, se diferenció notoriamente en los resultados de pre y pos electroosmosis. En porcentajes que van en aumento desde el 161% hasta 239% para la cantera de Salcedo, y desde el 120% hasta 202% para la cantera de Chejoña, este cambio en % en ambas canteras es debido a que la cantera de Chejoña tienes más partículas finas que la cantera de Salcedo.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de equipos de protección personal en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de Ingeniería Civil de la UNA Puno, para este tipo de ensayos realizados, principalmente al realizar el ensayo de electroósmosis, ya que es un trabajo de alto riesgo debido a que se trabaja con energía eléctrica.

Implementar el módulo de ensayo de electroósmosis en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de Ingeniería Civil de la UNA Puno, ya que serviría para profundizar y mejorar estabilizaciones de suelos finos saturados, además de lograr el aumento de la resistencia al corte de suelos finos, se puede aplicar en la remediación o descontaminación ambiental generada por residuos líquidos, como la presencia de hidrocarburos en el subsuelo, debido a la infiltración o fuga observada en unas estaciones o depósitos de gasolina. Se infiere que con la electroósmosis se puede inducir un flujo y en consecuencia la extracción del hidrocarburo u otro químico contaminante del subsuelo.

Se recomienda investigar el calor generado en los electrodos, la presencia de grietas, la precipitación y descomposición de minerales, relacionados con la desaturación del suelo; algunos de estos fenómenos se observaron durante las pruebas realizadas en este trabajo, los cuales pueden incidir positiva o negativamente en la eficiencia del proceso.

Se recomienda realizar estudios de niveles de tensión y drenaje óptimo y adecuado al aplicar la electroósmosis en suelos arcillosos blandos saturados, para que la muestra tenga una resistencia al corte superior y óptimo.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cruz Ramirez, A. P. (2011). Pruebas de Hipótesis para una muestra. Extraído en diciembre del 2018, de Monografías.com:

<http://www.monografias.com/trabajos30/prueba-de-hipotesis/prueba-de-hipotesis.shtml>.

González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C. (2006). Ingeniería Geológica. Pearson Prentice Hall. Madrid.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.

Kalumba, D. (2000). Investigating the use of Electrokinetic Geosynthetics in in-situ Soil Remediation. University of Newcastle. Trabajo de doctorado, paper.

Micic, S. (1998). Electrokinetic Strengthening of Soft Marine Sediments. Faculty of Engineering Science, the University of Western Ontario, Canada. Thesis for Degree of Master of Engineering Science.

Mitchell, J. K. (1992). Fundamentals of soil behavior. University of California, Berkeley. Ed. John Wiley & son's inc. 2da. Edition.

Restrepo, L. (2014). Mejoramiento de suelos finos a partir de la electroósmosis. (Tesis en Geotecnia). Universidad de Bogotá, Colombia.

Shim, G. S. C. (2001). Consolidation Using Electrokinetic Geosynthetics. University of Newcastle. Trabajo de doctorado, paper.

Mok, C. K. (2000). Design and Modelling of Systems. University of Newcastle. Trabajo de doctorado, paper.

Tam Málaga, J., Vera, G., & Oliveros Ramos, R. (2008). Tipos, Métodos y Estrategias de Investigación Científica. Revista de la Escuela de Posgrado, 145-154.

Terzaghi, K Peck. R.B. y Mesri G. (1996). "Soil Mechanics in Engineering Practice", 3rd, ed, Wiley, Hoboken, N.J. 549 pages.

Winterkorn, H. F., Pamukcu, S. (2012). Soil Stabilization and Grouting.

ANEXOS

ANEXO A:

ANEXO A-1: CONSTANCIA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO
DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS Y MATERIALES DE LA FICA**

Hace constar:

Que los tesisistas, Bach: **JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA** y Bach: **YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO**, hicieron uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: "**MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROÓSMOSIS**". Conducentes a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos que realizaron son los siguientes.

Nº	ENSAYOS	CANTIDAD	U.M.
1	Contenido de Humedad	02	Und.
2	Análisis Granulométrico Por Lavado	02	Und.
3	Limites de Consistencia	02	Und.
4	Corte Directo	20	Und.

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 08 de Mayo de 2018.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing' JOSE L. GUÍFA ARABA
Reg. CIP N° 67139
Jefe de Laboratorio

ANEXO A-2: CONTENIDO DE HUMEDAD CANTERA SALCEDO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



**CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA ASTM D 2216**

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE:	- CRUZ BALCONA JOHON WILINTON - CHUQUIJA TITO YAXON SANTIAGO
UBICACIÓN:	CANTERA SALCEDO
FECHA:	SETIEMBRE - 2107

Muestra : M1-SALCEDO

Nro De Tara	B-09	H-K-9	PRX-3
Peso de Tara	16.67	16.89	16.60
Peso de Tara + M. Humeda	130.01	132.99	142.42
Peso de Tara + M. Seca	117.39	121.67	130.33
Peso de Agua	12.62	11.32	12.09
Peso Muestra Seca	100.72	104.78	113.73
Contenido de humedad W%	12.5	10.8	10.6
Promedio cont. Humedad W%		11.32	

ANEXO A-3: GRANULOMETRIA DE AGREGADOS CANTERA SALCEDO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITADO POR:

LUGAR : CANTERA SALCEDO

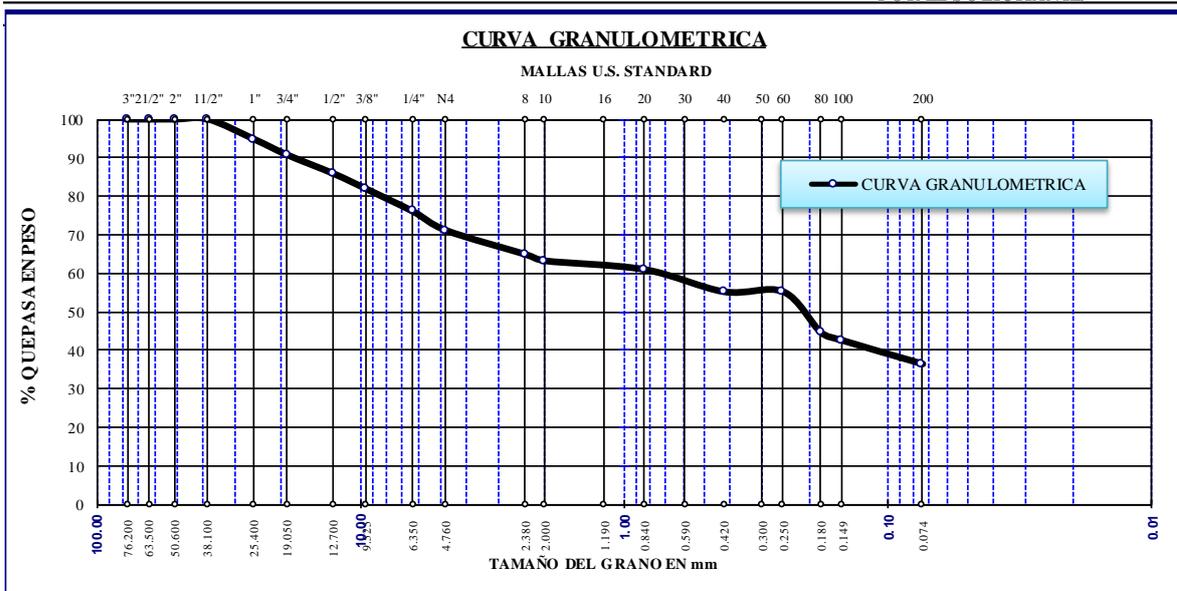
- CRUZ BALCONA JOHON WILINTHON

MUESTRA : MI-SALCEDO.

- CHUQUIJA TITO YAXON SANTIAGO

FECHA : sep-17

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO RET. CORREGIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P. L. = 1943.53
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P. L. = 1238.50
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P. P. = 705.03
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	102.70	102.70	5.27	5.27	94.73	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	78.96	78.96	4.05	9.32	90.68	L. L. = 33.3%
1/2"	12.700	95.53	95.53	4.90	14.22	85.78	L. P. = 13.6%
3/8"	9.525	78.15	78.15	4.01	18.23	81.77	I. P. = 19.7%
1/4"	6.350	113.48	113.48	5.82	24.05	75.95	
No4	4.760	95.87	95.87	4.92	28.97	71.03	
No8	2.380	121.54	121.54	6.23	35.20	64.80	CLASIFICACION:
No10	2.000	33.09	33.09	1.70	36.90	63.10	A.A.S.T.H.O. : A-6
No16	1.190						SUELOS ARCILLOSOS
No20	0.840	43.87	43.87	2.25	39.15	60.85	
No30	0.590						
No40	0.420	112.74	112.74	5.78	44.93	55.07	
No 50	0.300						
No60	0.250		0.00	0.00	44.93	55.07	
No80	0.180	206.56	206.56	10.60	55.53	44.47	
No100	0.149	40.93	40.93	2.10	57.63	42.37	
No200	0.074	113.08	119.08	6.11	63.73	36.27	
BASE		2.00	707.03	36.27	100.00	0.00	
TOTAL		1238.50	1949.53	100.00			OBS: MUESTREO REALIZADO POR EL SOLICITANTE
% PERDIDA		0%	0%				



ANEXO A-4: LÍMITES DE CONSISTENCIA CANTERA SALCEDO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
 ASTM D 4318**

PRO YECTO: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTRO OSMOSIS
LUGAR : CANTERA SALCEDO
MUESTRA : M1-SALCEDO.
FECHA : sep-17

SOLICITADO POR:
 - CRUZ BALCONA JOHON WILINTON
 - CHUQUILJA TITO YAXON SANTIAGO

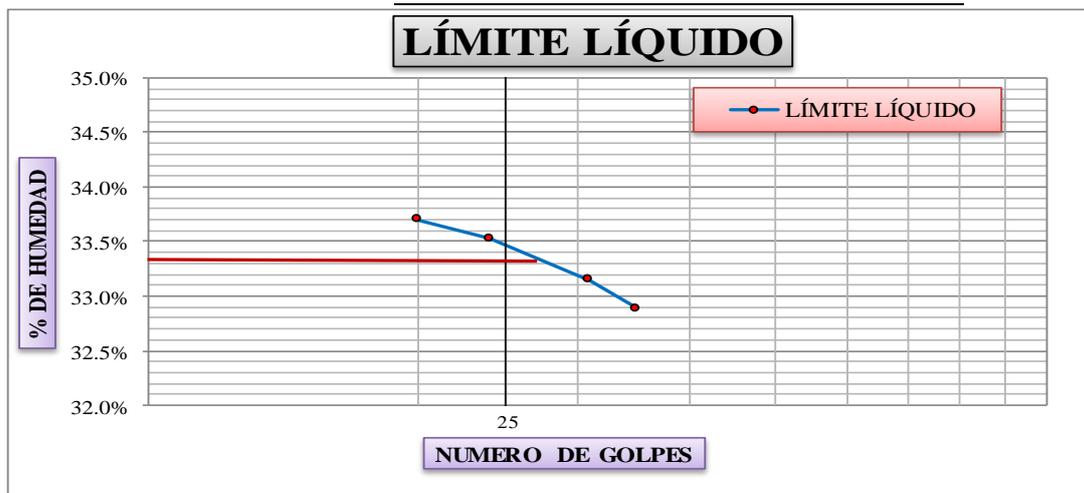
LÍMITE LÍQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3	4
CAPSULA	No	PRX-3	H-K-9	B-09	T-9
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	35.39	38.02	33.16	34.72
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	30.74	32.76	29.02	30.06
AGUA	gr.	4.65	5.26	4.14	4.66
PESO DE LA CAPSULA	gr.	16.60	16.89	16.67	16.23
PESO DEL SUELO SECO	gr.	14.14	15.87	12.35	13.83
CONTIENIDO DE HUMEDAD	%	32.89%	33.14%	33.52%	33.69%
NUMERO DE GOLPES	N	35	31	24	20

LÍMITE PLÁSTICO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	A-1	PU-3	T-09
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	22.56	22.90	17.82
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	22.50	22.81	17.76
AGUA	gr.	0.06	0.09	0.06
PESO DE LA CAPSULA	gr.	22.06	22.18	17.29
PESO DEL SUELO SECO	gr.	0.44	0.63	0.47
LÍMITE PLÁSTICO	%	13.64%	14.29%	12.77%

LÍMITE LÍQUIDO = 33.3%
LÍMITE PLÁSTICO = 13.6%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 19.7%



**ANEXO A-5: ENSAYO DE CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS –
CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 01**

ANEXO A-5.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UNA - PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 01 - 2.5 gr

10/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	158.07		151.66		151.21	
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2.20		2.11		2.10	
Humedad (w) (%)	16.19%		15.26%		14.84%	
Densidad Seca (γ _s)	1.89		1.83		1.83	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		1.111	

Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	1.33	1.927	0.054	0.10	1.67	2.062	0.057	0.10	3.67	2.876	0.080
0.20	1.50	1.994	0.055	0.20	2.00	2.198	0.061	0.20	4.40	3.174	0.088
0.30	1.67	2.062	0.057	0.30	2.33	2.333	0.065	0.30	5.17	3.486	0.097
0.40	2.00	2.198	0.061	0.40	2.73	2.496	0.069	0.40	5.90	3.785	0.105
0.60	2.17	2.266	0.063	0.60	2.97	2.591	0.072	0.60	6.83	4.164	0.116
0.80	2.33	2.333	0.065	0.80	3.07	2.632	0.073	0.80	7.47	4.422	0.123
1.00	2.50	2.401	0.067	1.00	3.33	2.740	0.076	1.00	8.10	4.680	0.130
1.25	2.83	2.537	0.070	1.25	3.57	2.835	0.079	1.25	8.73	4.937	0.137
1.50	3.17	2.673	0.074	1.50	3.80	2.930	0.081	1.50	9.20	5.127	0.142
1.75	3.33	2.740	0.076	1.75	4.03	3.025	0.084	1.75	9.67	5.317	0.148
2.00	3.63	2.862	0.080	2.00	4.43	3.188	0.089	2.00	11.00	5.859	0.163
2.25	3.73	2.903	0.081	2.25	4.80	3.337	0.093	2.25	11.67	6.131	0.170
2.50	3.93	2.984	0.083	2.50	5.20	3.500	0.097	2.50	12.33	6.402	0.178
2.75	4.17	3.079	0.086	2.75	5.60	3.662	0.102	2.75	13.00	6.673	0.185
3.00	4.33	3.147	0.087	3.00	5.83	3.757	0.104	3.00	14.07	7.107	0.197
3.50	4.83	3.351	0.093	3.50	6.13	3.879	0.108	3.50	14.83	7.419	0.206
4.00	5.27	3.527	0.098	4.00	6.43	4.001	0.111	4.00	15.40	7.649	0.212
4.50	5.60	3.662	0.102	4.50	6.70	4.110	0.114	4.50	16.07	7.921	0.220
5.00	5.97	3.812	0.106	5.00	6.97	4.218	0.117	5.00	16.13	7.948	0.221
5.50	6.27	3.934	0.109	5.50	7.20	4.313	0.120	5.50	16.17	7.961	0.221
6.00	6.43	4.001	0.111	6.00	7.57	4.463	0.124	6.00	16.20	7.975	0.222
6.50	6.67	4.096	0.114	6.50	7.97	4.625	0.128	6.50	16.20	7.975	0.222
7.00	6.63	4.083	0.113	7.00	8.20	4.720	0.131	7.00	16.17	7.961	0.221
7.50	6.57	4.056	0.113	7.50	8.23	4.734	0.131	7.50	16.17	7.961	0.221
8.00	6.57	4.056	0.113	8.00	8.20	4.720	0.131	8.00	16.10	7.934	0.220
8.50	0.00			8.50	0.00		0.000	8.50	16.10	7.934	0.220
9.00	0.00			9.00	0.00		0.000		0.00		0.000
9.50	0.00			9.50	0.00		0.000		0.00		0.000
10.00	0.00			10.00	0.00		0.000		0.0		0.000

ANEXO A-5.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



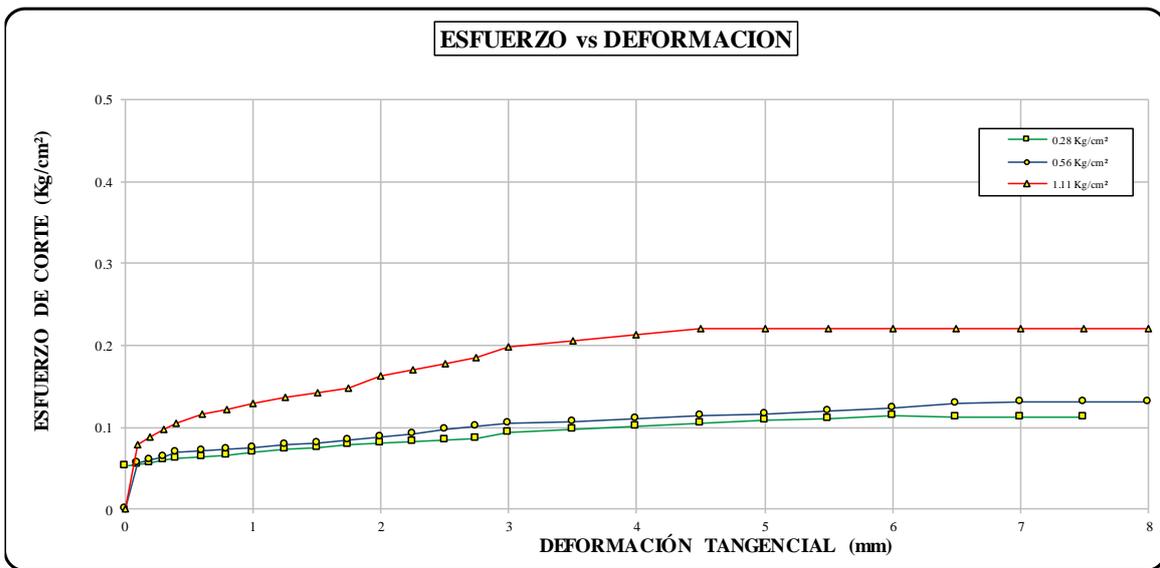
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	1
Calicata Nro.	1
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada Remoldeada	X
------------------	---------	-----------------------	---



ANEXO A-5.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



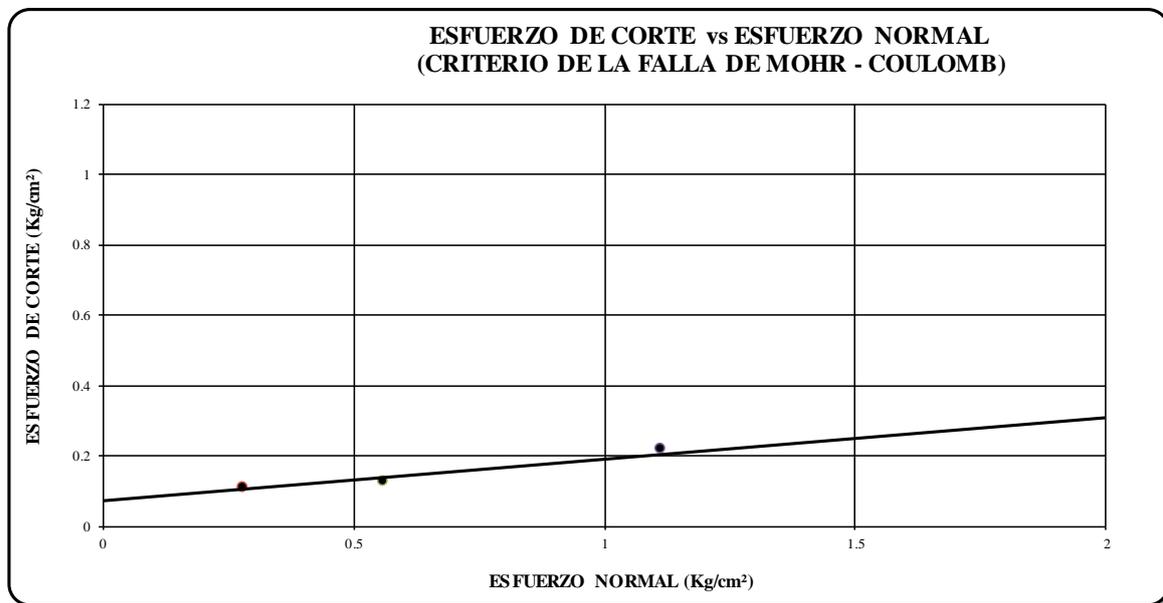
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO

FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	1
Electrolito	2.5 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada Remoldeada	x
COHESION :			0.072 kg/cm²
ANGULO DE FRICCION:			6.74°
RESISTENCIA AL CORTE			0.156 kg/cm²



ANEXO A-6: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS – CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 01

ANEXO A-6.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
 UNA - PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 01 -2.5 gr

15/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
	Inicial		Final		Inicial		Final		Inicial		Final	
Altura (h) (cm)	2.00				2.00				2.00			
Lado (cm)	6.00				6.00				6.00			
Peso Anillo (gr)	154.69				154.69				154.69			
Volumen (cm3)	72.00				72.00				72.00			
Peso (Gr)	147.00				159.84				161.14			
Peso Especifico de masa (gr/cm3)	2.04				2.22				2.24			
Humedad (w) (%)	12.68%				13.65%				14.07%			
Densidad Seca (γs)	1.81				1.95				1.96			
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.278				0.556				1.111			

Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	1.50	1.994	0.055	0.10	2.17	2.266	0.063	0.10	5.67	3.690	0.102
0.20	1.83	2.130	0.059	0.20	3.17	2.673	0.074	0.20	6.67	4.096	0.114
0.30	2.17	2.266	0.063	0.30	3.67	2.876	0.080	0.30	7.33	4.368	0.121
0.40	2.67	2.469	0.069	0.40	4.00	3.012	0.084	0.40	8.00	4.639	0.129
0.60	3.17	2.673	0.074	0.60	5.00	3.418	0.095	0.60	9.67	5.317	0.148
0.80	3.67	2.876	0.080	0.80	5.67	3.690	0.102	0.80	10.67	5.724	0.159
1.00	4.50	3.215	0.089	1.00	6.50	4.029	0.112	1.00	11.67	6.131	0.170
1.25	5.50	3.622	0.101	1.25	7.50	4.435	0.123	1.25	12.83	6.605	0.183
1.50	6.17	3.893	0.108	1.50	8.50	4.842	0.135	1.50	14.17	7.148	0.199
1.75	6.67	4.096	0.114	1.75	9.60	5.290	0.147	1.75	15.17	7.554	0.210
2.00	7.07	4.259	0.118	2.00	10.50	5.656	0.157	2.00	16.33	8.029	0.223
2.25	7.50	4.435	0.123	2.25	11.33	5.995	0.167	2.25	17.67	8.571	0.238
2.50	7.93	4.612	0.128	2.50	12.00	6.266	0.174	2.50	18.50	8.910	0.248
2.75	8.17	4.707	0.131	2.75	12.73	6.564	0.182	2.75	19.67	9.385	0.261
3.00	8.50	4.842	0.135	3.00	13.67	6.944	0.193	3.00	21.17	9.995	0.278
3.50	9.17	5.113	0.142	3.50	14.77	7.392	0.205	3.50	23.83	11.080	0.308
4.00	10.00	5.452	0.151	4.00	15.33	7.622	0.212	4.00	26.00	11.962	0.332
4.50	10.60	5.697	0.158	4.50	16.03	7.907	0.220	4.50	27.67	12.640	0.351
5.00	11.17	5.927	0.165	5.00	16.67	8.165	0.227	5.00	28.67	13.047	0.362
5.50	10.82	5.785	0.161	5.50	16.45	8.075	0.224	5.50	28.34	12.914	0.359
6.00				6.00				6.00			
6.50				6.50				6.50			
10.00				10.00				10.00			

ANEXO A-6.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



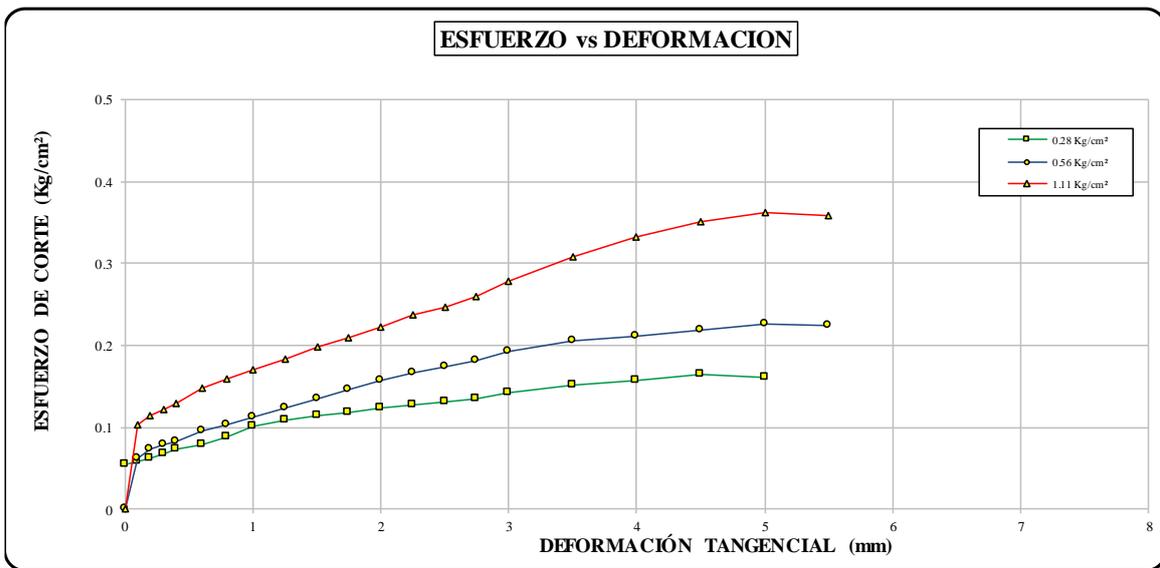
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	1
Calicata Nro.	1
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X



ANEXO A-6.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



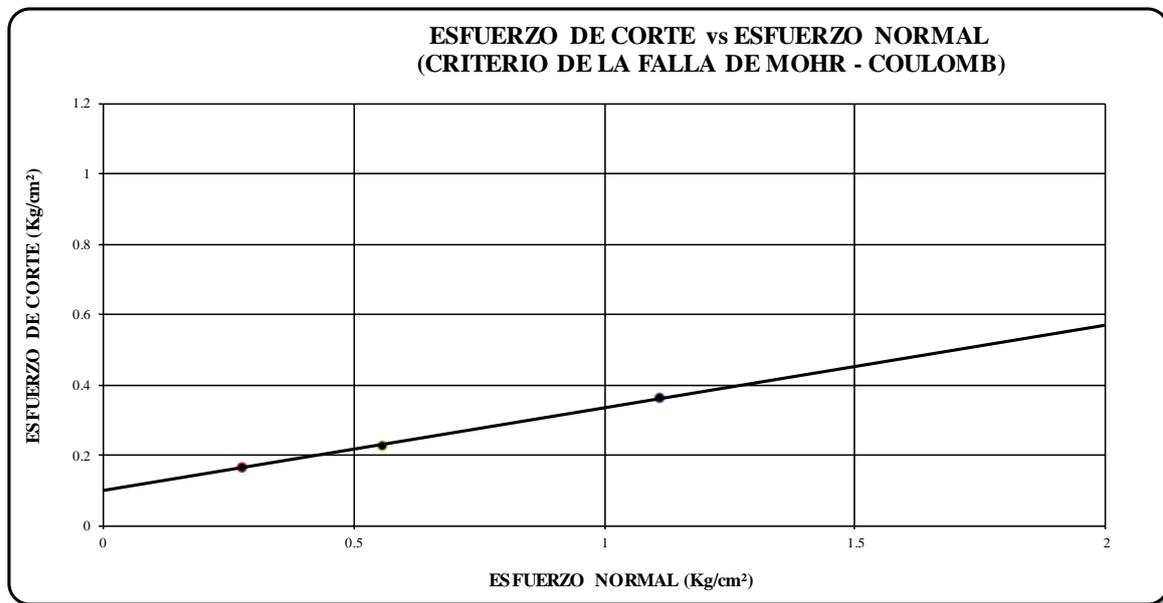
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	1
Electrolito	2.5 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :			0.097 kg/cm²
ANGULO DE FRICCION:			13.23°
RESISTENCIA AL CORTE:			0.251 kg/cm²



ANEXO A-7: ENSAYO DE CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS – CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 02

ANEXO A-7.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
 UNA- PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 02 - 7.0 gr

17/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	160.74		161.01		162.62	
PesoEspecifico de masa (gr/cm ³)	2.23		2.24		2.26	
Humedad (w) (%)	18.37%		16.93%		16.24%	
Densidad Seca(γ _s)	1.89		1.91		1.94	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		1.111	

Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	0.30	1.506	0.042	0.10	1.70	2.076	0.058	0.10	4.00	3.012	0.084
0.20	0.70	1.669	0.046	0.20	2.10	2.239	0.062	0.20	4.90	3.378	0.094
0.30	0.90	1.750	0.049	0.30	2.40	2.361	0.066	0.30	5.70	3.703	0.103
0.40	1.00	1.791	0.050	0.40	2.80	2.523	0.070	0.40	6.50	4.029	0.112
0.60	1.20	1.872	0.052	0.60	3.00	2.605	0.072	0.60	7.30	4.354	0.121
0.80	1.30	1.913	0.053	0.80	3.20	2.686	0.075	0.80	7.80	4.557	0.127
1.00	1.50	1.994	0.055	1.00	3.30	2.727	0.076	1.00	8.70	4.924	0.137
1.25	1.70	2.076	0.058	1.25	4.00	3.012	0.084	1.25	9.70	5.330	0.148
1.50	1.80	2.117	0.059	1.50	4.30	3.134	0.087	1.50	10.50	5.656	0.157
1.75	2.00	2.198	0.061	1.75	4.80	3.337	0.093	1.75	11.33	5.995	0.167
2.00	2.10	2.239	0.062	2.00	5.10	3.459	0.096	2.00	12.00	6.266	0.174
2.25	2.30	2.319	0.064	2.25	5.40	3.581	0.099	2.25	12.70	6.551	0.182
2.50	2.50	2.401	0.067	2.50	5.80	3.744	0.104	2.50	14.07	7.107	0.197
2.75	2.70	2.483	0.069	2.75	6.30	3.947	0.110	2.75	15.00	7.487	0.208
3.00	2.80	2.523	0.070	3.00	6.60	4.069	0.113	3.00	16.00	7.893	0.219
3.50	3.00	2.605	0.072	3.50	7.00	4.232	0.118	3.50	17.00	8.300	0.231
4.00	3.30	2.727	0.076	4.00	7.67	4.503	0.125	4.00	17.83	8.639	0.240
4.50	3.50	2.808	0.078	4.50	8.27	4.747	0.132	4.50	18.70	8.992	0.250
5.00	3.70	2.889	0.080	5.00	8.63	4.896	0.136	5.00	19.40	9.277	0.258
5.50	4.00	3.012	0.084	5.50	9.00	5.046	0.140	5.50	20.00	9.521	0.264
6.00	4.30	3.134	0.087	6.00	9.30	5.168	0.144	6.00	20.60	9.765	0.271
6.50	4.40	3.174	0.088	6.50	9.50	5.249	0.146	6.50	20.70	9.806	0.272
7.00	4.40	3.174	0.088	7.00	9.50	5.249	0.146	7.00	20.50	9.724	0.270
7.50	4.39	3.170	0.088	7.50	9.30	5.168	0.144	7.50	20.40	9.683	0.269

ANEXO A-7.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

UBICACIÓN : UNA- PUNO

LUGAR : CANTERA SALCEDO

ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO

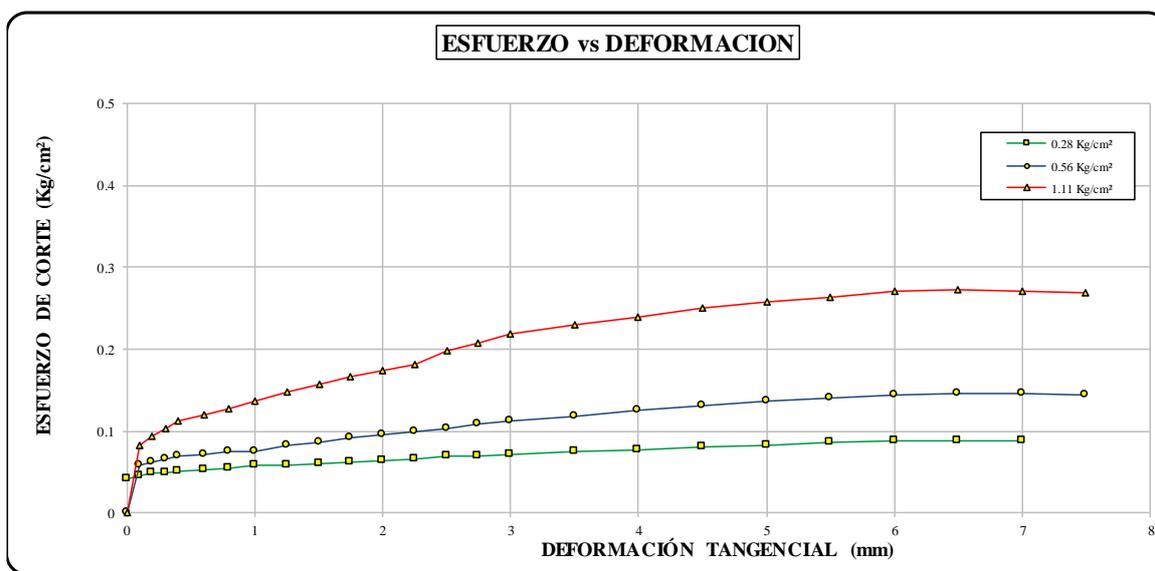
FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	2
Calicata Nro.	2
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	Remoldeada	X
------------------	---------	------------	------------	---



ANEXO A-7.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
: BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO

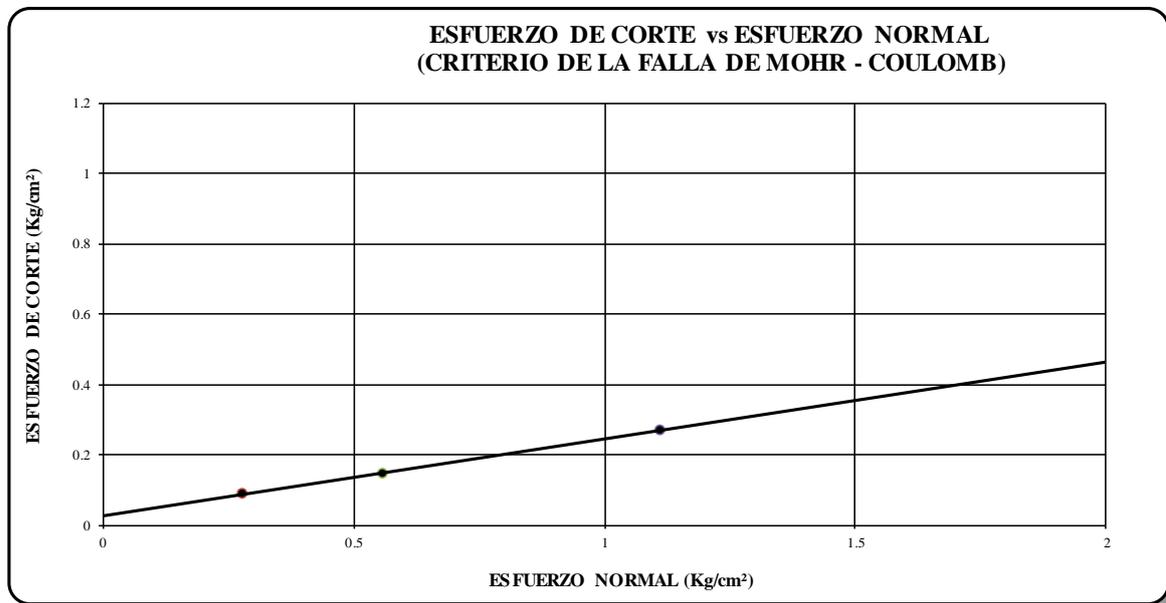
FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	2
Electrolito	7 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	x
		Remoldeada	

COHESION :	0.026 kg/cm²
ANGULO DE FRICCION:	12.34°
RESISTENCIA AL CORTE:	0.169 kg/cm²



ANEXO A-8: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS – CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 02

ANEXO A-8.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
 UNA- PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 02 -7.0 gr

20/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
	Inicial		Final		Inicial		Final		Inicial		Final	
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69		154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00		72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	138.46		133.55		133.55		149.58		149.58		149.58	
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	1.92		1.85		1.85		2.08		2.08		2.08	
Humedad (w) (%)	9.08%		9.32%		9.32%		18.18%		18.18%		18.18%	
Densidad Seca (γ _s)	1.76		1.70		1.70		1.76		1.76		1.76	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		0.556		1.111		1.111		1.111	

Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	1.60	2.035	0.057	0.10	3.60	2.849	0.079	0.10	4.40	3.174	0.088
0.20	2.80	2.523	0.070	0.20	4.40	3.174	0.088	0.20	6.40	3.988	0.111
0.30	4.40	3.174	0.088	0.30	5.60	3.662	0.102	0.30	8.00	4.639	0.129
0.40	5.20	3.500	0.097	0.40	6.80	4.151	0.115	0.40	9.00	5.046	0.140
0.60	6.40	3.988	0.111	0.60	8.80	4.964	0.138	0.60	10.80	5.778	0.160
0.80	8.40	4.802	0.133	0.80	10.40	5.615	0.156	0.80	12.40	6.429	0.179
1.00	9.60	5.290	0.147	1.00	12.00	6.266	0.174	1.00	13.80	6.998	0.194
1.25	10.80	5.778	0.160	1.25	13.60	6.917	0.192	1.25	15.20	7.568	0.210
1.50	12.00	6.266	0.174	1.50	14.80	7.405	0.206	1.50	16.80	8.219	0.228
1.75	12.80	6.592	0.183	1.75	16.00	7.893	0.219	1.75	18.00	8.707	0.242
2.00	14.00	7.080	0.197	2.00	17.20	8.382	0.233	2.00	19.20	9.195	0.255
2.25	15.20	7.568	0.210	2.25	18.00	8.707	0.242	2.25	20.40	9.683	0.269
2.50	16.80	8.219	0.228	2.50	18.80	9.033	0.251	2.50	21.20	10.009	0.278
2.75	17.20	8.382	0.233	2.75	19.00	9.114	0.253	2.75	22.08	10.367	0.288
3.00	18.00	8.707	0.242	3.00	19.60	9.358	0.260	3.00	22.80	10.660	0.296
3.50	18.40	8.870	0.246	3.50	21.60	10.172	0.283	3.50	24.20	11.229	0.312
4.00	19.00	9.114	0.253	4.00	22.00	10.334	0.287	4.00	25.00	11.555	0.321
4.50	19.20	9.195	0.255	4.50	22.24	10.432	0.290	4.50	25.80	11.880	0.330
5.00	19.36	9.260	0.257	5.00	22.36	10.481	0.291	5.00	26.20	12.043	0.335
5.50	19.60	9.358	0.260	5.50	24.08	11.181	0.311	5.50	26.40	12.124	0.337
6.00	19.90	9.480	0.263	6.00	24.20	11.229	0.312	6.00	26.60	12.206	0.339
6.50	20.20	9.602	0.267	6.50	24.40	11.311	0.314	6.50	26.72	12.255	0.340
7.00	20.40	9.683	0.269	7.00	24.60	11.392	0.316	7.00	26.90	12.328	0.342
7.50	20.60	9.765	0.271	7.50	24.70	11.433	0.318	7.50	27.10	12.409	0.345
8.00	20.80	9.846	0.274	8.00	24.70	11.433	0.318	8.00	27.20	12.450	0.346
8.50	20.90	9.887	0.275	8.50	24.60	11.392	0.316	8.50	27.20	12.450	0.346
9.00	21.00	9.928	0.276	9.00	24.30	11.270	0.313	9.00	27.00	12.368	0.344

ANEXO A-8.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



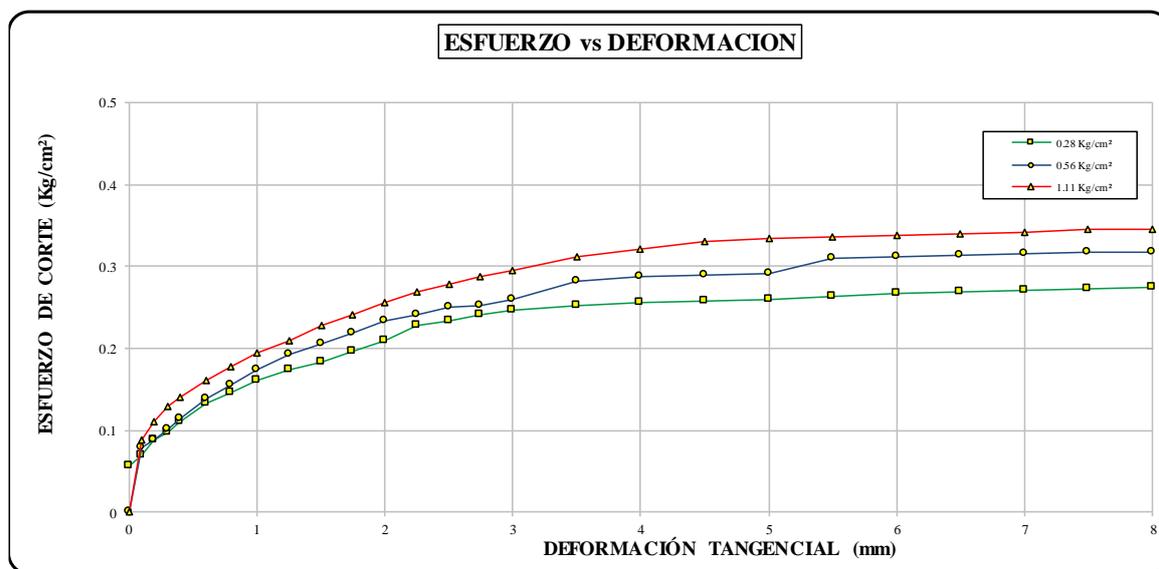
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	2
Calicata Nro.	2
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X



ANEXO A-8.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



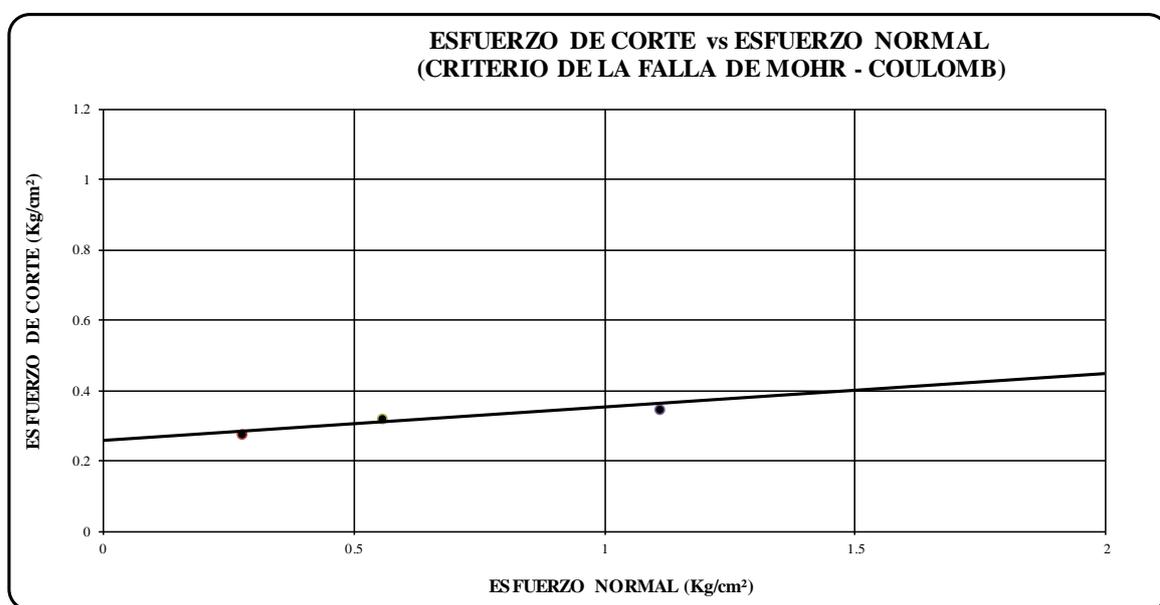
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO

FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	2
Electrolito	7 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :		0.258 kg/cm²	
ANGULO DE FRICCION:		5.43°	
RESISTENCIA AL CORTE:		0.313 kg/cm²	



**ANEXO A-9: ENSAYO DE CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS –
CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 03**

ANEXO A-9.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UNA- PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 03 - 15.0 gr

27/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
	Inicial	Final		Inicial	Final			Inicial	Final		
Altura (h) (cm)	2.00			2.00				2.00			
Lado (cm)	6.00			6.00				6.00			
Peso Anillo (gr)	154.69			154.69				154.69			
Volumen (cm3)	72.00			72.00				72.00			
Peso (Gr)	156.94			153.47				153.46			
Peso Especifico de masa (gr/cm3)	2.18			2.13				2.13			
Humedad (w) (%)	15.98%			15.19%				14.83%			
Densidad Seca (ys)	1.88			1.85				1.86			
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.278			0.556				1.111			

Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	0.93	1.764	0.049	0.10	2.00	2.198	0.061	0.10	5.30	3.540	0.098
0.20	1.00	1.791	0.050	0.20	2.33	2.333	0.065	0.20	5.90	3.785	0.105
0.30	1.27	1.900	0.053	0.30	3.00	2.605	0.072	0.30	6.70	4.110	0.114
0.40	1.40	1.954	0.054	0.40	3.17	2.673	0.074	0.40	7.30	4.354	0.121
0.60	1.60	2.035	0.057	0.60	3.67	2.876	0.080	0.60	8.10	4.680	0.130
0.80	1.70	2.076	0.058	0.80	4.33	3.147	0.087	0.80	8.90	5.005	0.139
1.00	1.80	2.117	0.059	1.00	4.63	3.269	0.091	1.00	9.50	5.249	0.146
1.25	2.00	2.198	0.061	1.25	5.17	3.486	0.097	1.25	10.80	5.778	0.160
1.50	2.20	2.279	0.063	1.50	5.83	3.757	0.104	1.50	11.60	6.103	0.170
1.75	2.50	2.401	0.067	1.75	6.50	4.029	0.112	1.75	12.30	6.388	0.177
2.00	2.60	2.442	0.068	2.00	6.83	4.164	0.116	2.00	13.10	6.714	0.186
2.25	2.70	2.483	0.069	2.25	7.33	4.368	0.121	2.25	14.30	7.202	0.200
2.50	2.90	2.564	0.071	2.50	7.83	4.571	0.127	2.50	14.90	7.446	0.207
2.75	3.00	2.605	0.072	2.75	8.33	4.774	0.133	2.75	15.30	7.609	0.211
3.00	3.20	2.686	0.075	3.00	8.83	4.978	0.138	3.00	15.90	7.853	0.218
3.50	3.50	2.808	0.078	3.50	9.33	5.181	0.144	3.50	16.40	8.056	0.224
4.00	3.80	2.930	0.081	4.00	10.00	5.452	0.151	4.00	17.00	8.300	0.231
4.50	4.00	3.012	0.084	4.50	10.50	5.656	0.157	4.50	17.50	8.504	0.236
5.00	4.20	3.093	0.086	5.00	10.70	5.737	0.159	5.00	18.00	8.707	0.242
5.50	4.40	3.174	0.088	5.50	10.97	5.846	0.162	5.50	18.40	8.870	0.246
6.00	4.60	3.256	0.090	6.00	11.00	5.859	0.163	6.00	18.90	9.073	0.252
6.50	4.80	3.337	0.093	6.50	11.33	5.995	0.167	6.50	19.30	9.236	0.257
7.00	5.00	3.418	0.095	7.00	11.67	6.131	0.170	7.00	19.40	9.277	0.258
7.50	5.20	3.500	0.097	7.50	11.50	6.063	0.168	7.50	19.40	9.277	0.258
8.00	5.30	3.540	0.098	8.00	11.40	6.022	0.167	8.00	19.20	9.195	0.255
8.50	5.20	3.500	0.097	8.50	11.40	6.022	0.167	8.50	19.10	9.155	0.254
10.00				10.00							

ANEXO A-9.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

UBICACIÓN : UNA- PUNO

LUGAR : CANTERA SALCEDO

ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO

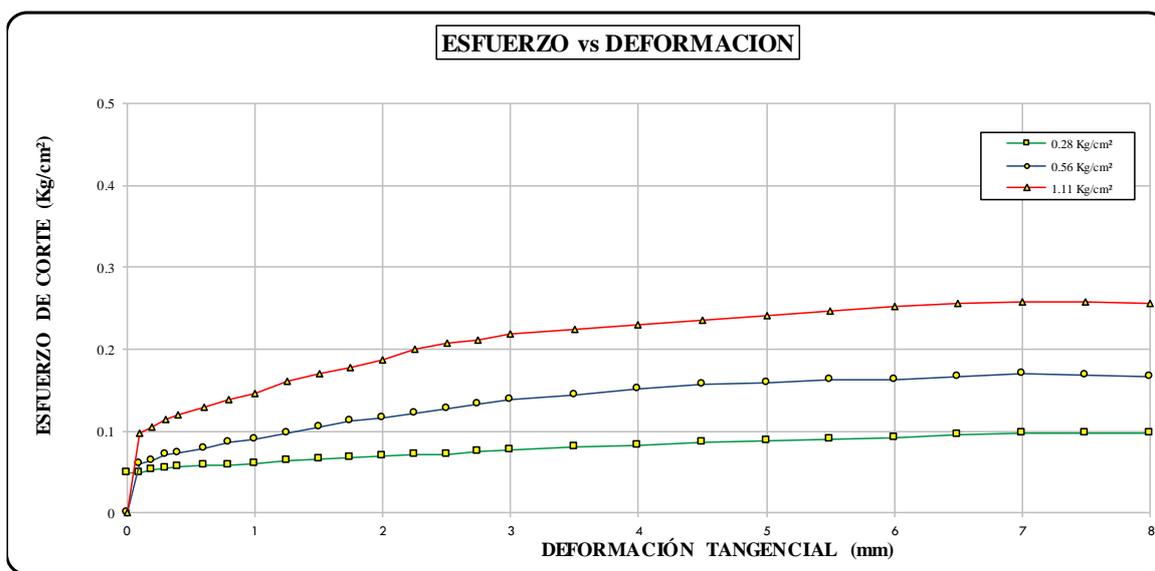
FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	3
Calicata Nro.	3
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	Remoldeada	X
------------------	---------	------------	------------	---



ANEXO A-9.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE CORTE)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



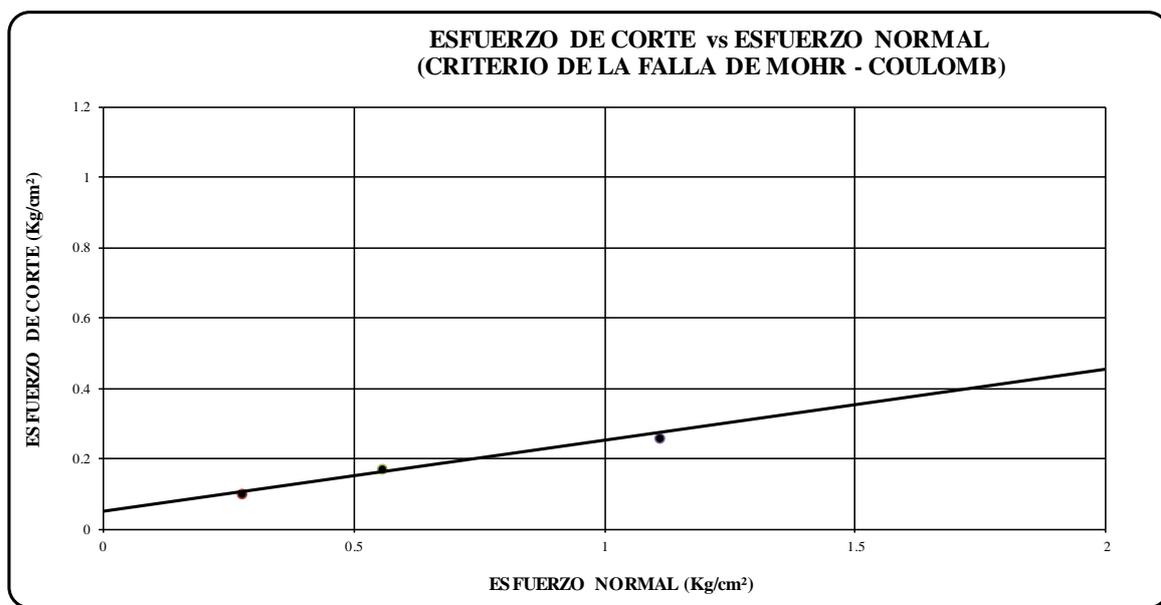
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
: BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	3
Electrolito	15 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	x
		Remoldeada	
COHESION :	0.051 kg/cm²		
ANGULO DE FRICCION:	11.43°		
RESISTENCIA AL CORTE:	0.175 kg/cm²		



**ANEXO A-10: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS –
CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 03**

ANEXO A-10.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UNA- PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 03 -15.0 gr

03/11/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	133.53		130.48		135.95	
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	1.85		1.81		1.89	
Humedad (w) (%)	9.09%		7.28%		7.58%	
Densidad Seca (γ _s)	1.70		1.69		1.76	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		1.111	

Defo rmac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	De fo rmac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	De fo rmac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	2.40	2.361	0.066	0.10	4.84	3.353	0.093	0.10	9.20	5.127	0.142
0.20	2.80	2.523	0.070	0.20	5.80	3.744	0.104	0.20	12.60	6.510	0.181
0.30	3.60	2.849	0.079	0.30	6.60	4.069	0.113	0.30	14.80	7.405	0.206
0.40	3.80	2.930	0.081	0.40	7.60	4.476	0.124	0.40	16.40	8.056	0.224
0.60	4.40	3.174	0.088	0.60	8.60	4.883	0.136	0.60	17.40	8.463	0.235
0.80	5.20	3.500	0.097	0.80	9.60	5.290	0.147	0.80	18.00	8.707	0.242
1.00	5.56	3.646	0.101	1.00	10.60	5.697	0.158	1.00	18.80	9.033	0.251
1.25	6.20	3.907	0.109	1.25	11.40	6.022	0.167	1.25	19.40	9.277	0.258
1.50	7.00	4.232	0.118	1.50	12.60	6.510	0.181	1.50	19.80	9.439	0.262
1.75	7.80	4.557	0.127	1.75	13.60	6.917	0.192	1.75	20.20	9.602	0.267
2.00	8.20	4.720	0.131	2.00	14.40	7.243	0.201	2.00	21.60	10.172	0.283
2.25	8.80	4.964	0.138	2.25	15.20	7.568	0.210	2.25	22.40	10.497	0.292
2.50	9.40	5.208	0.145	2.50	16.88	8.251	0.229	2.50	23.60	10.985	0.305
2.75	10.00	5.452	0.151	2.75	18.44	8.886	0.247	2.75	24.50	11.351	0.315
3.00	10.60	5.697	0.158	3.00	20.00	9.521	0.264	3.00	25.40	11.718	0.325
3.50	11.20	5.941	0.165	3.50	21.92	10.302	0.286	3.50	26.30	12.084	0.336
4.00	12.00	6.266	0.174	4.00	22.80	10.660	0.296	4.00	27.40	12.531	0.348
4.50	12.80	6.592	0.183	4.50	23.60	10.985	0.305	4.50	28.30	12.897	0.358
5.00	13.60	6.917	0.192	5.00	24.40	11.311	0.314	5.00	29.00	13.182	0.366
5.50	14.20	7.161	0.199	5.50	24.90	11.514	0.320	5.50	29.50	13.386	0.372
6.00	14.80	7.405	0.206	6.00	25.40	11.718	0.325	6.00	30.00	13.589	0.377
6.50	15.90	7.853	0.218	6.50	26.00	11.962	0.332	6.50	30.50	13.792	0.383
7.00	17.57	8.533	0.237	7.00	26.40	12.124	0.337	7.00	31.00	13.996	0.389
7.50	18.14	8.762	0.243	7.50	27.00	12.368	0.344	7.50	31.40	14.159	0.393
8.00	18.50	8.909	0.247	8.00	27.30	12.491	0.347	8.00	31.80	14.321	0.398
8.50	18.05	8.727	0.242	8.50	27.40	12.531	0.348	8.50	31.90	14.362	0.399
9.00	16.94	8.274	0.230	9.00	27.20	12.450	0.346	9.00	31.90	14.362	0.399

ANEXO A-10.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



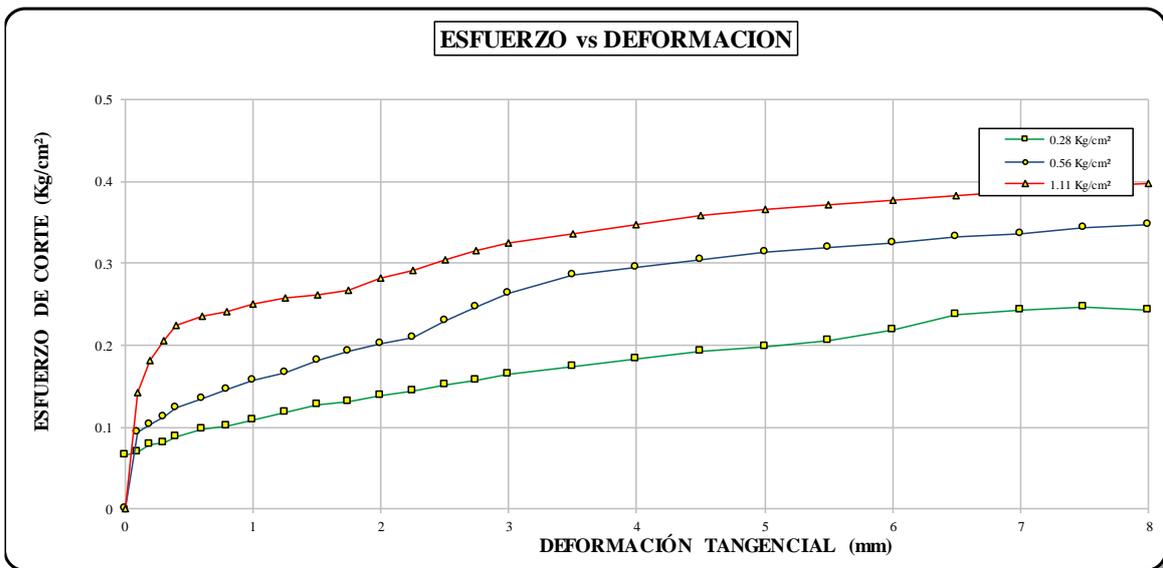
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	3
Calicata Nro.	3
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X



ANEXO A-10.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



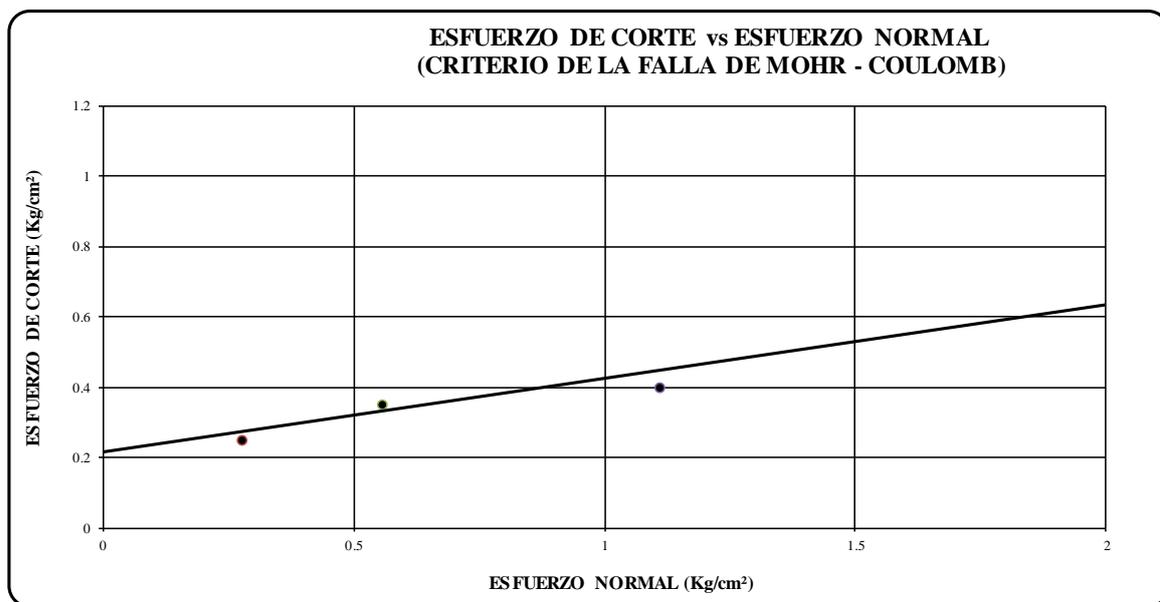
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	3
Electrolito	15 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :		0.214 kg/cm²	
ANGULO DEFRICCION:		11.81°	
RESISTENCIA AL CORTE:		0.332 kg/cm²	



**ANEXO A-11: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS –
CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 04**

ANEXO A-11.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 04 - 20.0 gr

FICA

27/04/2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
	Inicial		Final		Inicial		Final		Inicial		Final	
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69		154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00		72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	156.94		153.47		153.47		153.47		153.46		153.46	
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2.18		2.13		2.13		2.13		2.13		2.13	
Humedad (w) (%)	15.98%		15.19%		15.19%		15.19%		14.83%		14.83%	
Densidad Seca (ys) gr/cm ³	1.88		1.85		1.85		1.85		1.86		1.86	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		0.556		0.556		1.111		1.111	

Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	0.90	1.750	0.049	0.10	2.20	2.279	0.063	0.10	4.20	3.093	0.086
0.20	1.20	1.872	0.052	0.20	2.50	2.401	0.067	0.20	4.80	3.337	0.093
0.30	1.50	1.994	0.055	0.30	2.80	2.523	0.070	0.30	5.40	3.581	0.099
0.40	1.80	2.117	0.059	0.40	3.10	2.645	0.073	0.40	5.90	3.785	0.105
0.60	2.10	2.239	0.062	0.60	3.40	2.767	0.077	0.60	6.60	4.069	0.113
0.80	2.30	2.320	0.064	0.80	3.70	2.889	0.080	0.80	7.70	4.517	0.125
1.00	2.60	2.442	0.068	1.00	4.00	3.012	0.084	1.00	8.30	4.761	0.132
1.25	2.90	2.564	0.071	1.25	4.30	3.134	0.087	1.25	9.20	5.127	0.142
1.50	3.20	2.686	0.075	1.50	4.60	3.256	0.090	1.50	10.10	5.493	0.153
1.75	3.50	2.808	0.078	1.75	4.90	3.378	0.094	1.75	11.00	5.859	0.163
2.00	3.80	2.930	0.081	2.00	5.40	3.581	0.099	2.00	12.00	6.266	0.174
2.25	4.10	3.052	0.085	2.25	5.80	3.744	0.104	2.25	13.00	6.673	0.185
2.50	4.30	3.134	0.087	2.50	6.10	3.866	0.107	2.50	14.00	7.080	0.197
2.75	4.50	3.215	0.089	2.75	6.60	4.069	0.113	2.75	15.00	7.487	0.208
3.00	4.70	3.296	0.092	3.00	7.00	4.232	0.118	3.00	16.10	7.934	0.220
3.50	4.90	3.378	0.094	3.50	7.40	4.395	0.122	3.50	16.90	8.260	0.229
4.00	5.10	3.459	0.096	4.00	7.90	4.598	0.128	4.00	17.70	8.585	0.238
4.50	5.40	3.581	0.099	4.50	8.60	4.883	0.136	4.50	18.00	8.707	0.242
5.00	5.80	3.744	0.104	5.00	9.40	5.208	0.145	5.00	18.50	8.910	0.248
5.50	6.10	3.866	0.107	5.50	10.10	5.493	0.153	5.50	18.90	9.073	0.252
6.00	6.40	3.988	0.111	6.00	10.40	5.615	0.156	6.00	19.30	9.236	0.257
6.50	6.80	4.151	0.115	6.50	10.70	5.737	0.159	6.50	19.50	9.317	0.259
7.00	7.00	4.232	0.118	7.00	11.00	5.859	0.163	7.00	19.60	9.358	0.260
7.50	7.10	4.273	0.119	7.50	11.20	5.941	0.165	7.50	19.60	9.358	0.260
8.00	7.10	4.273	0.119	8.00	11.20	5.941	0.165	8.00	19.40	9.277	0.258
8.50	7.00	4.232	0.118	8.50	11.10	5.900	0.164	8.50	19.30	9.236	0.257
10.00				10.00							

ANEXO A-11.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

UBICACIÓN : UNA- PUNO

LUGAR : CANTERA SALCEDO

ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO

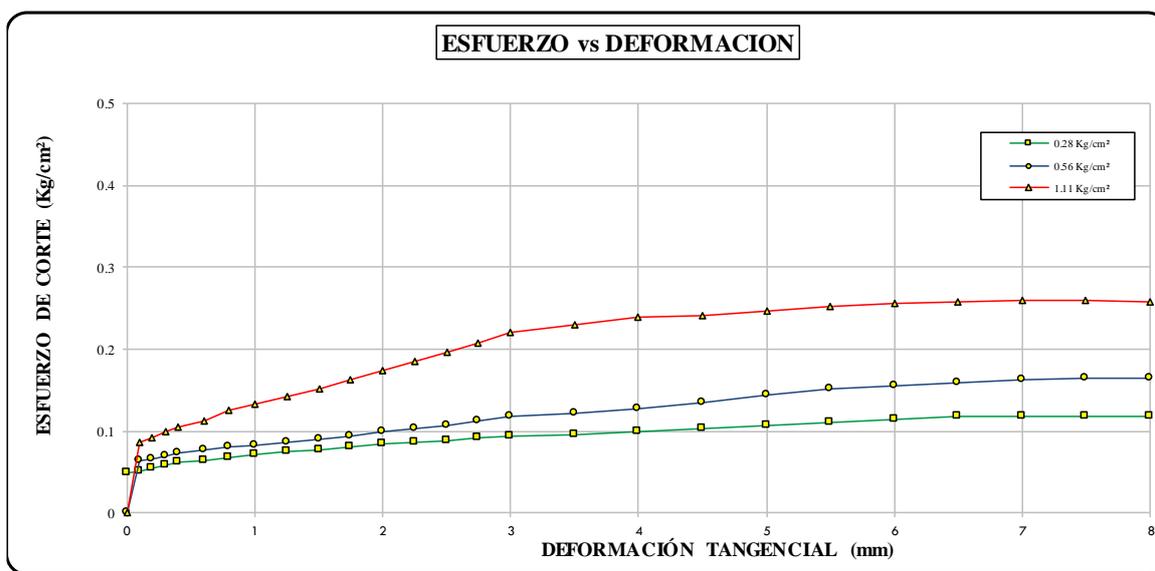
FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM- D3080-98)

Muestra Nro.	4
Calicata Nro.	4
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	Remoldeada	X
------------------	---------	------------	------------	---



ANEXO A-11.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



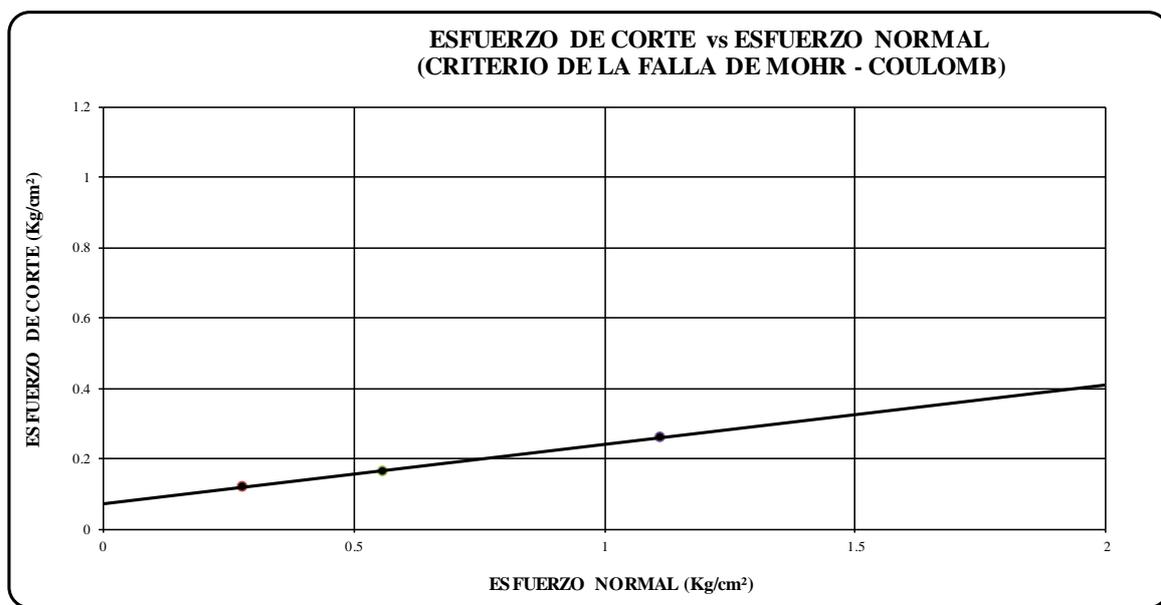
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	4
Electrolitos	20 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	x
		Remoldeada	
COHESION :			0.071 kg/cm²
ANGULO DE FRICCION:			9.60°
RESISTENCIA AL CORTE:			0.181 kg/cm²



ANEXO A-12: ENSAYO DE CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS – CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 05

ANEXO A-12.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 05 - 30.0 gr

FICA

04/05/2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	141.75		135.33		139.44	
Peso Especifico de masa (gr/cm ³)	1.97		1.88		1.94	
Humedad (w) (%)	15.98%		15.19%		14.83%	
Densidad Seca (ys) gr/cm ³	1.70		1.63		1.69	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		1.111	

Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	1.10	1.832	0.051	0.10	2.30	2.320	0.064	0.10	5.60	3.662	0.102
0.20	1.30	1.913	0.053	0.20	2.60	2.442	0.068	0.20	7.40	4.395	0.122
0.30	1.60	2.035	0.057	0.30	2.90	2.564	0.071	0.30	8.80	4.964	0.138
0.40	1.90	2.157	0.060	0.40	3.20	2.686	0.075	0.40	9.70	5.330	0.148
0.60	2.20	2.279	0.063	0.60	3.70	2.889	0.080	0.60	10.50	5.656	0.157
0.80	2.50	2.401	0.067	0.80	4.20	3.093	0.086	0.80	11.60	6.103	0.170
1.00	2.70	2.483	0.069	1.00	4.70	3.296	0.092	1.00	12.80	6.592	0.183
1.25	2.90	2.564	0.071	1.25	5.00	3.418	0.095	1.25	13.90	7.039	0.196
1.50	3.10	2.645	0.073	1.50	5.40	3.581	0.099	1.50	14.80	7.405	0.206
1.75	3.40	2.767	0.077	1.75	5.80	3.744	0.104	1.75	15.70	7.771	0.216
2.00	3.70	2.889	0.080	2.00	6.20	3.907	0.109	2.00	16.70	8.178	0.227
2.25	4.00	3.012	0.084	2.25	6.70	4.110	0.114	2.25	17.60	8.544	0.237
2.50	4.30	3.134	0.087	2.50	7.00	4.232	0.118	2.50	18.80	9.033	0.251
2.75	4.60	3.256	0.090	2.75	7.30	4.354	0.121	2.75	19.40	9.277	0.258
3.00	4.80	3.337	0.093	3.00	7.60	4.476	0.124	3.00	19.80	9.439	0.262
3.50	5.00	3.418	0.095	3.50	8.00	4.639	0.129	3.50	20.20	9.602	0.267
4.00	5.20	3.500	0.097	4.00	8.50	4.842	0.135	4.00	20.40	9.683	0.269
4.50	5.40	3.581	0.099	4.50	9.00	5.046	0.140	4.50	20.60	9.765	0.271
5.00	5.60	3.662	0.102	5.00	9.50	5.249	0.146	5.00	20.80	9.846	0.274
5.50	5.80	3.744	0.104	5.50	10.00	5.452	0.151	5.50	21.00	9.928	0.276
6.00	6.00	3.825	0.106	6.00	10.40	5.615	0.156	6.00	21.10	9.968	0.277
6.50	6.20	3.907	0.109	6.50	10.80	5.778	0.160	6.50	21.20	10.009	0.278
7.00	6.30	3.947	0.110	7.00	11.30	5.981	0.166	7.00	21.20	10.009	0.278
7.50	6.40	3.988	0.111	7.50	11.60	6.103	0.170	7.50	21.00	9.928	0.276
8.00	6.30	3.947	0.110	8.00	11.70	6.144	0.171	8.00	19.60	9.358	0.260
8.50	6.10	3.866	0.107	8.50	11.50	6.063	0.168	8.50	19.30	9.236	0.257
10.00				10.00							

ANEXO A-12.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

UBICACIÓN : UNA- PUNO

LUGAR : CANTERA SALCEDO

ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO

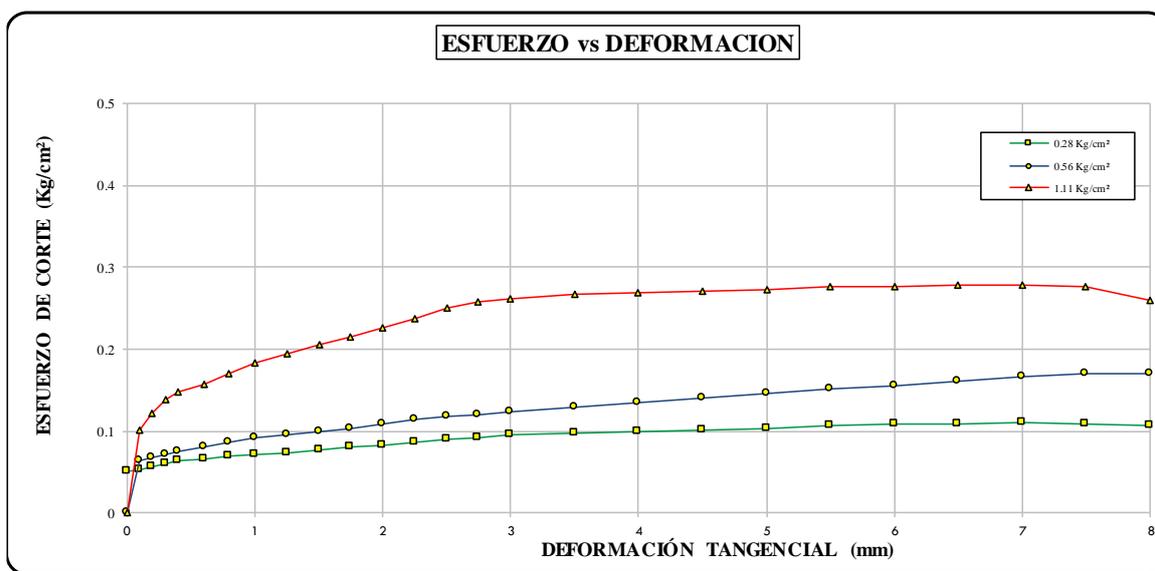
FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM- D3080-98)

Muestra Nro.	5
Calicata Nro.	5
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X



ANEXO A-12.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



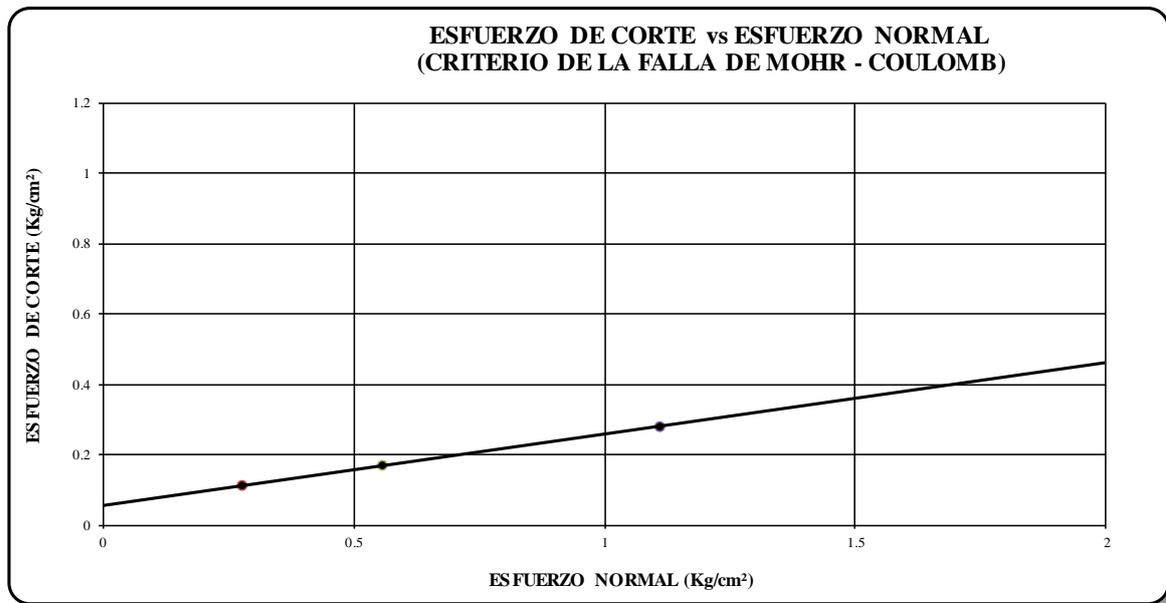
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	5
Electrolitos	30 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	x
		Remoldeada	
COHESION :	0.056 kg/cm²		
ANGULO DE FRICCION:	11.48°		
RESISTENCIA AL CORTE:	0.186 kg/cm²		



ANEXO A-13: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS – CANTERA SALCEDO MUESTRA N° 05

ANEXO A-13.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO
MUESTRA N° : 05 -30.0 gr

FICA

07/05/2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	138.45		137.63		138.05	
PesoEspecifico de masa (gr/cm ³)	1.92		1.91		1.92	
Humedad (w) (%)	9.09%		7.28%		7.58%	
Densidad Seca(ys) gr/cm ³	1.76		1.78		1.78	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		1.111	

Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	6.70	4.110	0.114	0.10	13.70	6.958	0.193	0.10	18.70	8.992	0.250
0.20	7.20	4.313	0.120	0.20	14.40	7.243	0.201	0.20	23.40	10.904	0.303
0.30	8.10	4.680	0.130	0.30	15.50	7.690	0.214	0.30	26.40	12.124	0.337
0.40	9.20	5.127	0.142	0.40	16.30	8.015	0.223	0.40	29.10	13.223	0.367
0.60	9.60	5.290	0.147	0.60	17.00	8.300	0.231	0.60	31.70	14.281	0.397
0.80	10.20	5.534	0.154	0.80	17.60	8.544	0.237	0.80	33.70	15.094	0.419
1.00	10.80	5.778	0.160	1.00	18.50	8.910	0.248	1.00	35.90	15.989	0.444
1.25	11.60	6.103	0.170	1.25	19.40	9.277	0.258	1.25	37.00	16.437	0.457
1.50	11.90	6.225	0.173	1.50	20.30	9.643	0.268	1.50	39.00	17.250	0.479
1.75	12.30	6.388	0.177	1.75	21.00	9.928	0.276	1.75	41.00	18.064	0.502
2.00	12.70	6.551	0.182	2.00	21.80	10.253	0.285	2.00	43.90	19.244	0.535
2.25	13.60	6.917	0.192	2.25	22.60	10.578	0.294	2.25	44.60	19.529	0.542
2.50	13.90	7.039	0.196	2.50	23.40	10.904	0.303	2.50	45.40	19.854	0.552
2.75	14.30	7.202	0.200	2.75	24.30	11.270	0.313	2.75	46.10	20.139	0.559
3.00	14.80	7.405	0.206	3.00	25.60	11.799	0.328	3.00	47.10	20.546	0.571
3.50	15.20	7.568	0.210	3.50	26.50	12.165	0.338	3.50	48.90	21.278	0.591
4.00	15.70	7.771	0.216	4.00	27.30	12.491	0.347	4.00	49.70	21.603	0.600
4.50	16.10	7.934	0.220	4.50	28.00	12.775	0.355	4.50	50.60	21.970	0.610
5.00	16.60	8.138	0.226	5.00	28.70	13.060	0.363	5.00	51.50	22.336	0.620
5.50	17.00	8.300	0.231	5.50	29.30	13.304	0.370	5.50	52.40	22.702	0.631
6.00	17.60	8.544	0.237	6.00	30.00	13.589	0.377	6.00	53.20	23.027	0.640
6.50	18.10	8.748	0.243	6.50	30.40	13.752	0.382	6.50	54.20	23.434	0.651
7.00	18.90	9.073	0.252	7.00	30.90	13.955	0.388	7.00	55.10	23.800	0.661
7.50	19.40	9.277	0.258	7.50	31.30	14.118	0.392	7.50	56.00	24.166	0.671
8.00	19.50	9.317	0.259	8.00	31.80	14.321	0.398	8.00	56.40	24.329	0.676
8.50	19.50	9.317	0.259	8.50	31.90	14.362	0.399	8.50	56.50	24.370	0.677
9.00	19.30	9.236	0.257	9.00	31.80	14.321	0.398	9.00	56.30	24.288	0.675
10.00				10.00				10.00			

ANEXO A-13.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



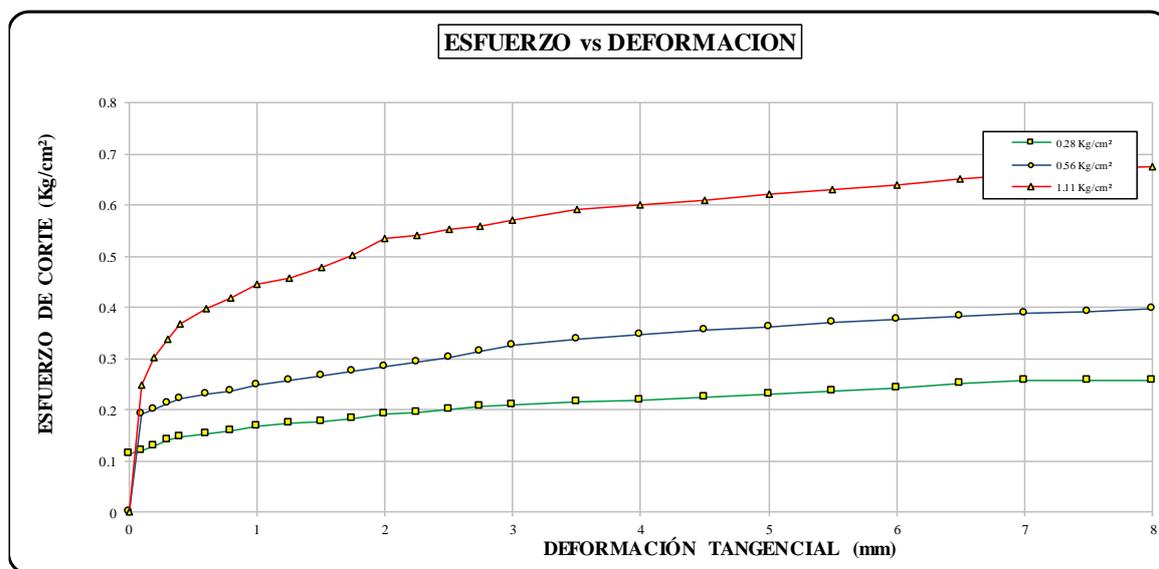
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	5
Calicata Nro.	5
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X



ANEXO A-13.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – SALCEDO (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



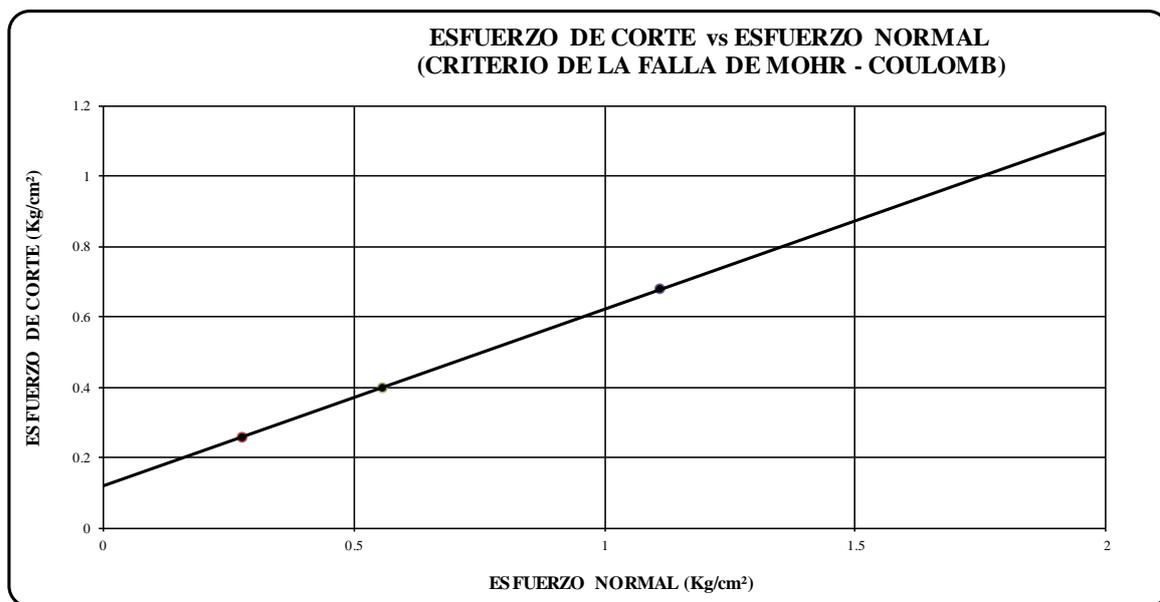
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA SALCEDO
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - SALCEDO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	5
Electrolitos	30 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :		0.120 kg/cm²	
ANGULO DEFRICCION:		26.67°	
RESISTENCIA AL CORTE:		0.445 kg/cm²	



ANEXO A-14: CONTENIDO DE HUMEDAD CANTERA CHEJOÑA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



**CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA ASTM D 2216**

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE:	- CRUZ BALCONA JOHON WILINTON - CHUQUIJA TITO YAXON SANTIAGO
UBICACIÓN:	CANTERA CHEJOÑA
FECHA:	SETIEMBRE - 2107

Muestra : M1-CHEJOÑA

Nro De Tara	B-29	B-27	A-27
Peso de Tara	17.42	17.14	16.87
Peso de Tara + M. Humeda	120.82	112.98	118.13
Peso de Tara + M. Seca	106.19	98.27	103.80
Peso de Agua	14.63	14.71	14.33
Peso Muestra Seca	88.77	81.13	86.93
Contenido de humedad W%	16.5	18.1	16.5
Promedio cont. Humedad W%		17.03	

ANEXO A-15: GRANULOMETRIA DE AGREGADOS CANTERA CHEJOÑA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROSMOSIS

SOLICITADO POR:

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA

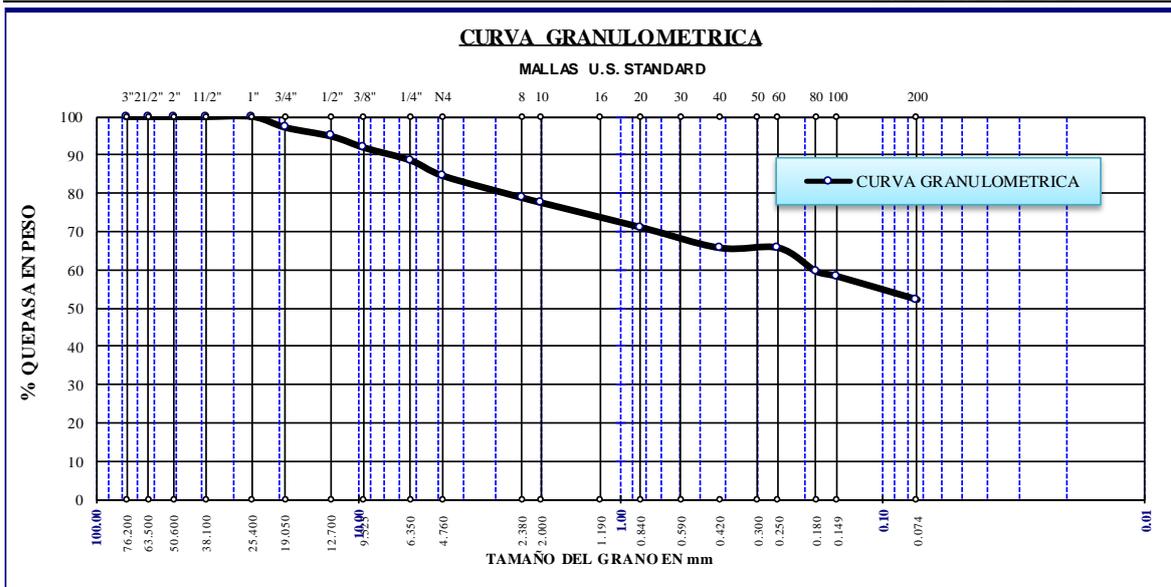
- CRUZ BALCONA JOHON WILINTHON

MUESTRA : MI-CHEJOÑA.

- CHUQUILJA TITO YAXON SANTIAGO

FECHA : sep-17

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO RET. CORREGIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200		0.00	0.00	0.00	100.00	P. I. = 1516.99
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	0.00	100.00	P. L. = 726.27
2"	50.600		0.00	0.00	0.00	100.00	P. P. = 790.72
1 1/2"	38.100		0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400		0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	43.16	43.16	2.83	2.83	97.17	L. L. = 33.0%
1/2"	12.700	35.29	35.29	2.32	5.15	94.85	L. P. = 23.6%
3/8"	9.525	45.36	45.36	2.98	8.13	91.87	I. P. = 9.3%
1/4"	6.350	50.07	50.07	3.29	11.42	88.58	
No4	4.760	61.98	61.98	4.07	15.49	84.51	CLASIFICACION:
No8	2.380	86.71	86.71	5.69	21.18	78.82	A.A.S.T.H.O. : A-2-4 (0)
No10	2.000	20.29	20.29	1.33	22.51	77.49	SUELOS LIMOSOS
No16	1.190						
No20	0.840	96.98	96.98	6.37	28.88	71.12	
No30	0.590						
No40	0.420	81.80	81.80	5.37	34.25	65.75	
No 50	0.300						
No60	0.250		0.00	0.00	34.25	65.75	
No80	0.180	93.45	93.45	6.14	40.39	59.61	
No100	0.149	20.16	20.16	1.32	41.71	58.29	
No200	0.074	85.88	91.88	6.03	47.74	52.26	
BASE		5.14	795.86	52.26	100.00	0.00	
TO TAL		726.27	1522.99	100.00			OBS: MUESTREO REALIZADO POR EL SOLICITANTE
% PERDIDA		0%	0%				



ANEXO A-16: LIMITES DE CONSISTENCIA CANTERA CHEJOÑA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
 ASTM D 4318**

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITADO POR:

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
 MUESTRA : M1-CHEJOÑA.
 FECHA : sep-17

- CRUZ BALCONA JOHON WILINTHON
 - CHUQUIJA TITO YAXON SANTIAGO

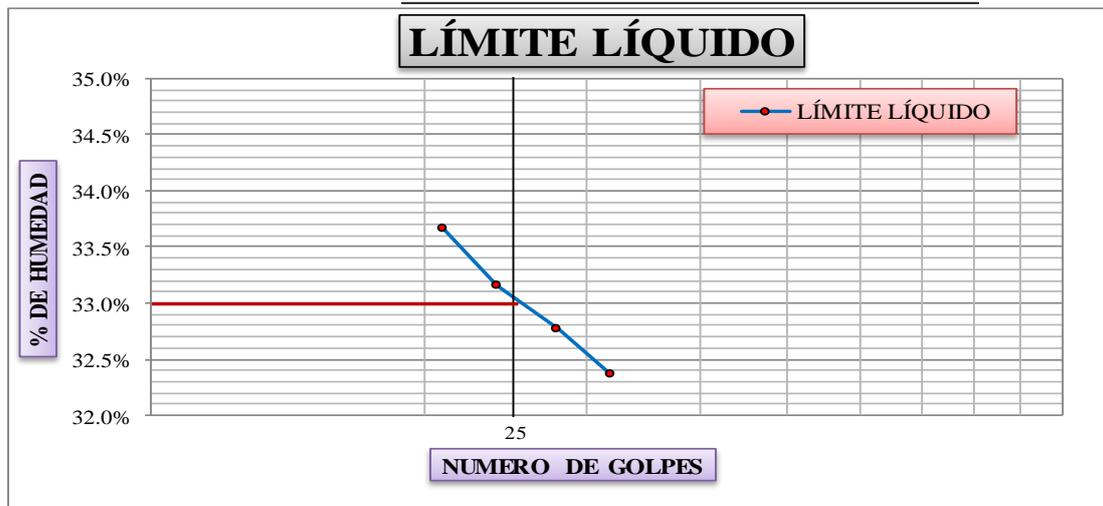
LÍMITE LÍQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3	4
CAPSULA	No	B-27	A-27	B-29	T-07
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	28.96	28.58	27.46	28.52
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	26.07	25.69	24.96	25.36
AGUA	gr.	2.89	2.89	2.50	3.16
PESO DE LA CAPSULA	gr.	17.14	16.87	17.42	15.97
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.93	8.82	7.54	9.39
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	32.36%	32.77%	33.16%	33.65%
NUMERO DE GOLPES	N	32	28	24	21

LÍMITE PLÁSTICO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	PU-2	F-O	ES-1
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	20.47	23.06	22.66
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	20.29	22.87	22.46
AGUA	gr.	0.18	0.19	0.2
PESO DE LA CAPSULA	gr.	19.49	22.08	21.64
PESO DEL SUELO SECO	gr.	0.8	0.79	0.82
LÍMITE PLÁSTICO	%	22.50%	24.05%	24.39%

LÍMITE LÍQUIDO **33.0%**
 LÍMITE PLÁSTICO **23.6%**
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD **9.3%**



ANEXO A-17: CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS MUESTRA N° 01

ANEXO A-17.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
 UNA- PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 01 2.5 gr de NaCl

02/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	148.68		143.72		145.72	
PesoEspecifico de masa (gr/cm ³)	2.07		2.00		2.02	
Humedad (w) (%)	22.31%		19.69%		19.78%	
Densidad Seca(γ _s)	1.69		1.67		1.69	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		1.111	

Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	0.12	1.433	0.040	0.10	0.40	1.547	0.043	0.10	2.00	2.198	0.061
0.20	0.24	1.482	0.041	0.20	0.80	1.710	0.047	0.20	3.20	2.686	0.075
0.30	0.48	1.580	0.044	0.30	1.20	1.872	0.052	0.30	3.80	2.930	0.081
0.40	0.68	1.661	0.046	0.40	1.72	2.084	0.058	0.40	4.40	3.174	0.088
0.60	0.88	1.742	0.048	0.60	2.08	2.230	0.062	0.60	4.60	3.256	0.090
0.80	1.04	1.807	0.050	0.80	2.80	2.523	0.070	0.80	5.40	3.581	0.099
1.00	1.24	1.889	0.052	1.00	3.20	2.686	0.075	1.00	6.00	3.825	0.106
1.25	1.48	1.986	0.055	1.25	3.60	2.849	0.079	1.25	6.20	3.907	0.109
1.50	1.72	2.084	0.058	1.50	4.00	3.012	0.084	1.50	7.20	4.313	0.120
1.75	2.08	2.230	0.062	1.75	4.40	3.174	0.088	1.75	7.80	4.557	0.127
2.00	2.80	2.523	0.070	2.00	4.80	3.337	0.093	2.00	8.20	4.720	0.131
2.25	3.00	2.605	0.072	2.25	5.20	3.500	0.097	2.25	8.60	4.883	0.136
2.50	3.20	2.686	0.075	2.50	5.60	3.662	0.102	2.50	9.00	5.046	0.140
2.75	3.24	2.702	0.075	2.75	6.00	3.825	0.106	2.75	9.40	5.208	0.145
3.00	3.40	2.767	0.077	3.00	6.40	3.988	0.111	3.00	9.80	5.371	0.149
3.50	3.80	2.930	0.081	3.50	6.80	4.151	0.115	3.50	10.80	5.778	0.160
4.00	4.00	3.012	0.084	4.00	7.00	4.232	0.118	4.00	11.20	5.941	0.165
4.50	4.20	3.093	0.086	4.50	7.20	4.313	0.120	4.50	11.80	6.185	0.172
5.00	4.40	3.174	0.088	5.00	7.40	4.395	0.122	5.00	12.60	6.510	0.181
5.50	4.60	3.256	0.090	5.50	7.60	4.476	0.124	5.50	13.00	6.673	0.185
6.00	4.80	3.337	0.093	6.00	7.72	4.525	0.126	6.00	13.60	6.917	0.192
6.50	5.00	3.418	0.095	6.50	7.96	4.623	0.128	6.50	14.00	7.080	0.197
7.00	5.20	3.500	0.097	7.00	8.20	4.720	0.131	7.00	14.40	7.243	0.201
7.50	5.28	3.532	0.098	7.50	8.32	4.769	0.132	7.50	14.80	7.405	0.206
8.00	5.32	3.549	0.099	8.00	8.48	4.834	0.134	8.00	15.20	7.568	0.210
8.50	5.40	3.581	0.099	8.50	8.52	4.850	0.135	8.50	15.40	7.649	0.212
9.00	5.40	3.581	0.099	9.00	8.52	4.850	0.135	9.00	16.00	7.893	0.219
9.50	5.36	3.565	0.099	9.50	8.44	4.818	0.134	9.50	16.20	7.975	0.222
10.00	5.32	3.549	0.099	10.00	8.40	4.802	0.133	10.00	16.13	7.946	0.221

ANEXO A-17.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO VS DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

UBICACIÓN : UNA- PUNO

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA

ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA

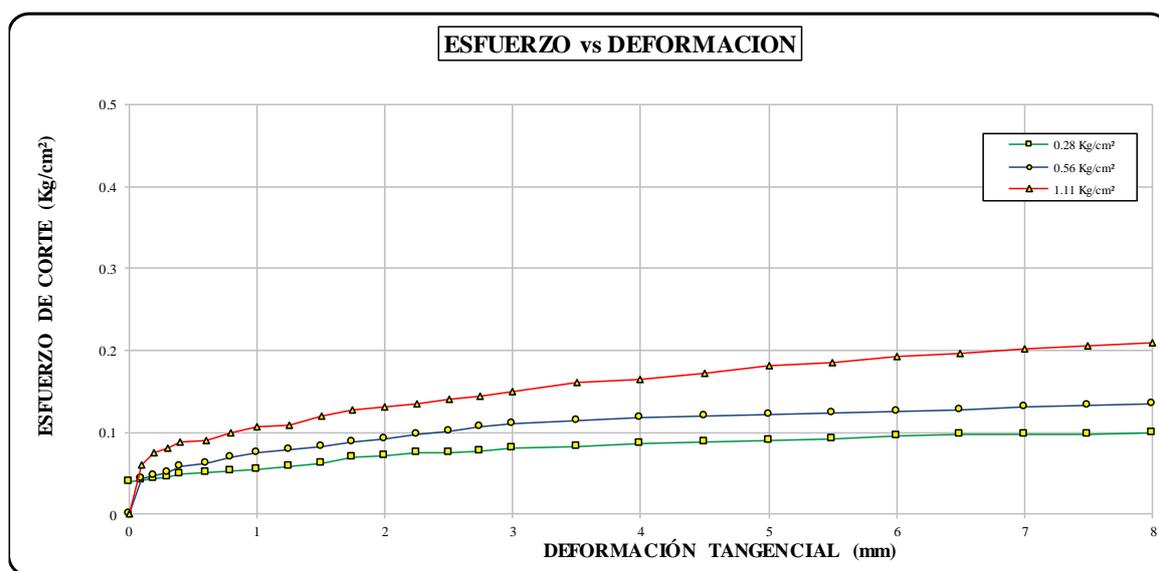
FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	1
Calicata Nro.	1
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada Remoldeada
		X



ANEXO A-17.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITANTE BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

UBICACIÓN : UNA- PUNO

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA

ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA

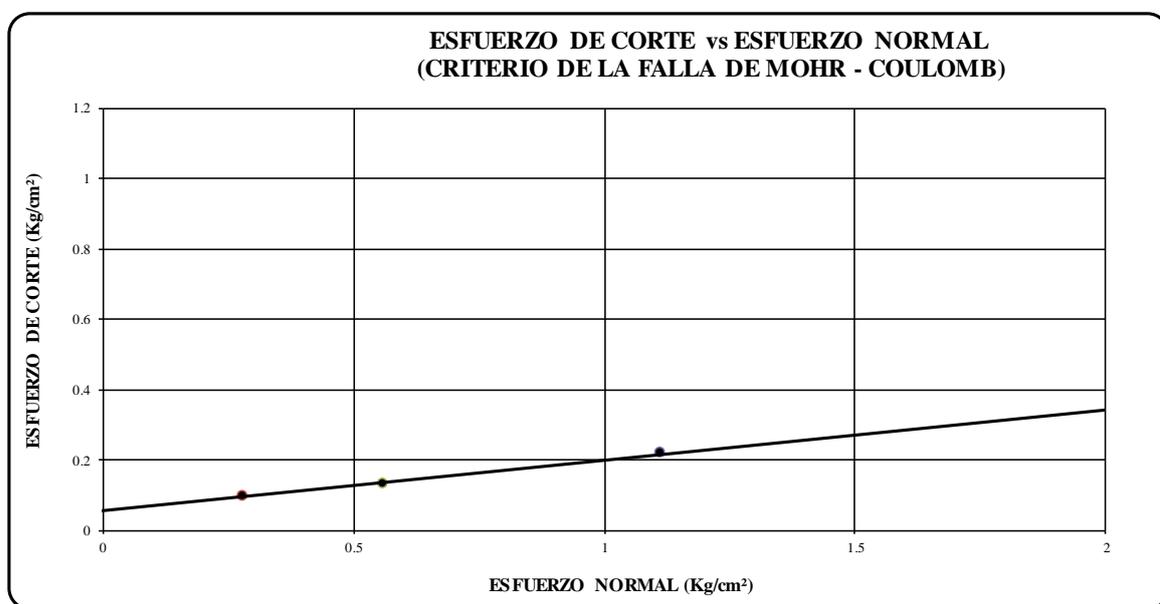


ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	1
Electrolitos	2.5. gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :			0.057 kg/cm2
ANGULO DE FRICCIÓN:			8.15°
RESISTENCIA AL CORTE			0.152 kg/cm2



ANEXO A-18: CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS MUESTRA N° 01

ANEXO A-18.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
 UNA- PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA

MUESTRA N° : 01 2.5 gr de NaCl

06/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm3)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	152.13		145.01		143.87	
PesoEspecifico de masa (gr/cm3)	2.11		2.01		2.00	
Humedad (w) (%)	19.30%		19.56%		18.40%	
Densidad Seca(ys) gr/cm3	1.77		1.68		1.69	
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.278		0.556		1.111	

Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	1.60	2.035	0.057	0.10	2.00	2.198	0.061	0.10	3.60	2.849	0.079
0.20	2.00	2.198	0.061	0.20	2.80	2.523	0.070	0.20	4.40	3.174	0.088
0.30	2.40	2.361	0.066	0.30	3.20	2.686	0.075	0.30	5.20	3.500	0.097
0.40	2.80	2.523	0.070	0.40	3.60	2.849	0.079	0.40	6.00	3.825	0.106
0.60	3.20	2.686	0.075	0.60	4.00	3.012	0.084	0.60	6.80	4.151	0.115
0.80	3.48	2.800	0.078	0.80	4.40	3.174	0.088	0.80	7.60	4.476	0.124
1.00	3.68	2.881	0.080	1.00	4.80	3.337	0.093	1.00	8.40	4.802	0.133
1.25	4.00	3.012	0.084	1.25	5.20	3.500	0.097	1.25	9.56	5.273	0.146
1.50	4.12	3.060	0.085	1.50	5.60	3.662	0.102	1.50	10.60	5.697	0.158
1.75	4.40	3.174	0.088	1.75	5.96	3.809	0.106	1.75	11.20	5.941	0.165
2.00	4.60	3.256	0.090	2.00	6.08	3.858	0.107	2.00	11.60	6.103	0.170
2.25	4.80	3.337	0.093	2.25	6.40	3.988	0.111	2.25	12.60	6.510	0.181
2.50	4.88	3.370	0.094	2.50	6.60	4.069	0.113	2.50	13.20	6.754	0.188
2.75	5.00	3.418	0.095	2.75	6.80	4.151	0.115	2.75	14.00	7.080	0.197
3.00	5.16	3.483	0.097	3.00	7.00	4.232	0.118	3.00	14.80	7.405	0.206
3.50	5.40	3.581	0.099	3.50	7.40	4.395	0.122	3.50	15.60	7.731	0.215
4.00	5.60	3.662	0.102	4.00	7.68	4.509	0.125	4.00	16.48	8.089	0.225
4.50	5.80	3.744	0.104	4.50	8.00	4.639	0.129	4.50	17.24	8.398	0.233
5.00	5.96	3.809	0.106	5.00	8.40	4.802	0.133	5.00	18.00	8.707	0.242
5.50	6.00	3.825	0.106	5.50	8.80	4.964	0.138	5.50	18.80	9.033	0.251
6.00	6.20	3.907	0.109	6.00	9.16	5.111	0.142	6.00	19.68	9.391	0.261
6.50	6.40	3.988	0.111	6.50	9.40	5.208	0.145	6.50	20.64	9.781	0.272
7.00	6.48	4.020	0.112	7.00	9.56	5.273	0.146	7.00	21.28	10.041	0.279
7.50	6.76	4.134	0.115	7.50	9.68	5.322	0.148	7.50	21.40	10.090	0.280
8.00	6.84	4.167	0.116	8.00	9.92	5.420	0.151	8.00	21.40	10.090	0.280
8.50	6.84	4.167	0.116	8.50	9.96	5.436	0.151	8.50	21.36	10.074	0.280
9.00	6.80	4.151	0.115	9.00	10.00	5.452	0.151	9.00	21.24	10.025	0.278
10.00				10.00				10.00			

ANEXO A-18.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO VS DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



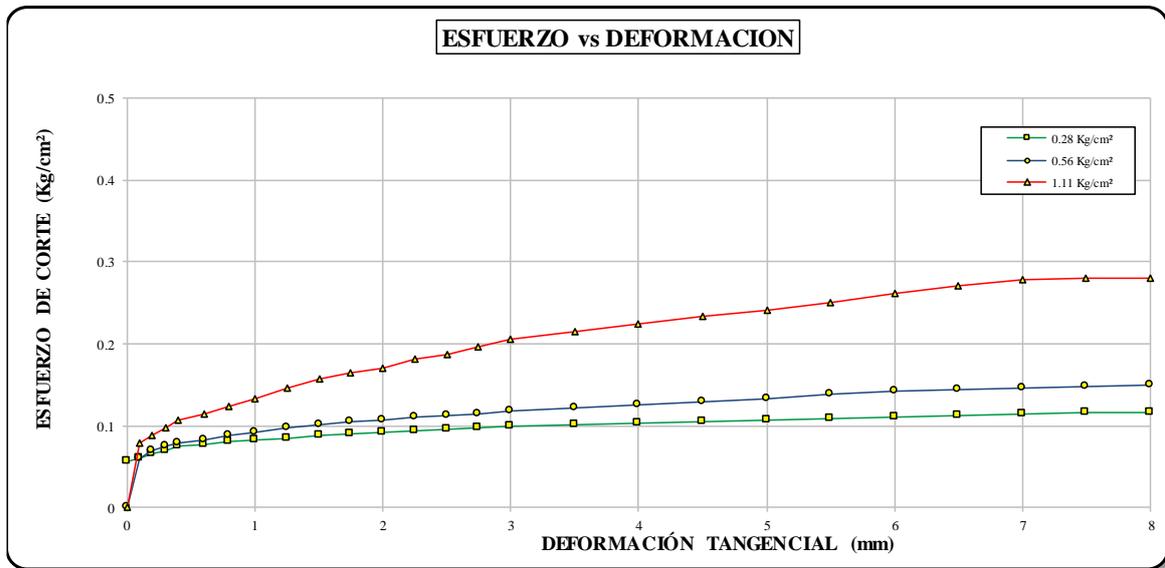
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	1
Calicata Nro.	1
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada
		Remoldeada
		X



ANEXO A-18.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO VS DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



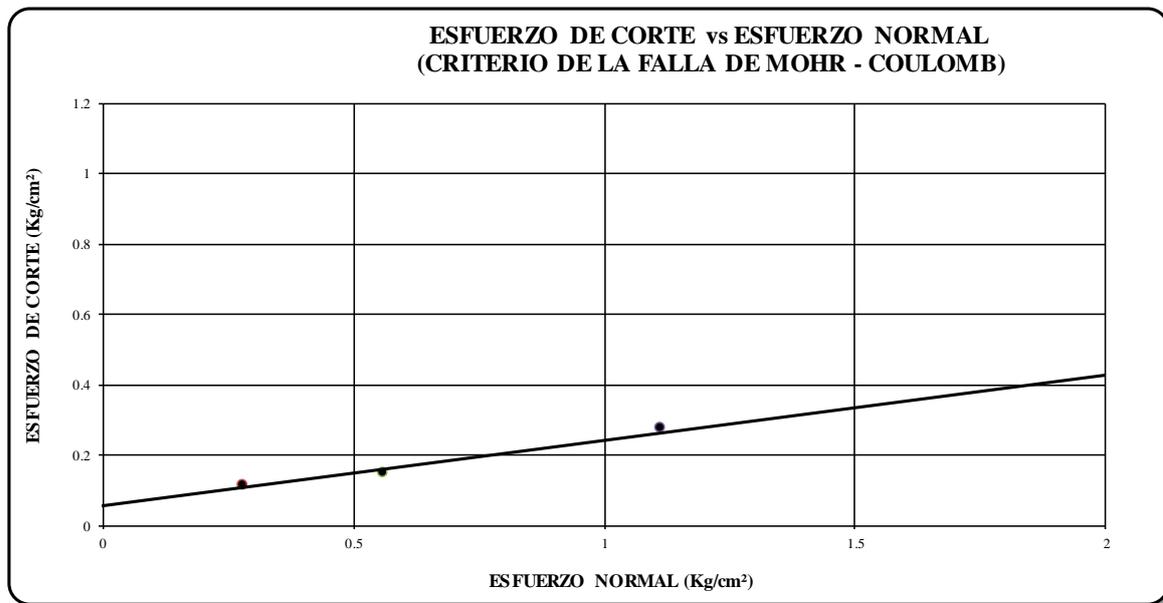
FICA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	1
Electrolitos	2.5 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :		0.055 kg/cm²	
ANGULO DE FRICCIÓN:		10.52°	
RESISTENCIA AL CORTE		0.182 kg/cm²	



**ANEXO A-19: ENSAYO DE CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS
CANTERA CHEJOÑA - MUESTRA. N° 02**

ANEXO A-19.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 02 7.0 gr de NaCl

FICA

11/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm3)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	138.70		137.02		135.16	
Peso Especifico de masa (gr/cm3)	1.93		1.90		1.88	
Humedad (w) (%)	26.16%		24.44%		23.02%	
Densidad Seca (ys)	1.53		1.53		1.53	
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.278		0.556		1.111	

Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	0.52	1.596	0.044	0.10	1.24	1.889	0.052	0.10	2.40	2.361	0.066
0.20	0.68	1.661	0.046	0.20	1.52	2.003	0.056	0.20	2.84	2.540	0.071
0.30	0.76	1.693	0.047	0.30	1.60	2.035	0.057	0.30	3.40	2.767	0.077
0.40	0.80	1.710	0.047	0.40	1.72	2.084	0.058	0.40	3.92	2.979	0.083
0.60	0.88	1.742	0.048	0.60	2.20	2.279	0.063	0.60	4.40	3.174	0.088
0.80	1.12	1.840	0.051	0.80	2.40	2.361	0.066	0.80	5.00	3.418	0.095
1.00	1.20	1.872	0.052	1.00	2.80	2.523	0.070	1.00	5.40	3.581	0.099
1.25	1.40	1.954	0.054	1.25	3.00	2.605	0.072	1.25	6.00	3.825	0.106
1.50	1.52	2.003	0.056	1.50	3.40	2.767	0.077	1.50	7.20	4.313	0.120
1.75	1.60	2.035	0.057	1.75	3.60	2.849	0.079	1.75	8.40	4.802	0.133
2.00	1.68	2.068	0.057	2.00	4.08	3.044	0.085	2.00	9.60	5.290	0.147
2.25	1.92	2.165	0.060	2.25	4.60	3.256	0.090	2.25	10.80	5.778	0.160
2.50	2.04	2.214	0.062	2.50	5.00	3.418	0.095	2.50	11.60	6.103	0.170
2.75	2.20	2.279	0.063	2.75	5.36	3.565	0.099	2.75	12.08	6.299	0.175
3.00	2.32	2.328	0.065	3.00	5.92	3.793	0.105	3.00	13.00	6.673	0.185
3.50	2.44	2.377	0.066	3.50	6.12	3.874	0.108	3.50	13.40	6.836	0.190
4.00	2.76	2.507	0.070	4.00	6.48	4.020	0.112	4.00	13.84	7.015	0.195
4.50	3.00	2.605	0.072	4.50	6.76	4.134	0.115	4.50	14.08	7.112	0.198
5.00	3.24	2.702	0.075	5.00	7.00	4.232	0.118	5.00	14.32	7.210	0.200
5.50	3.52	2.816	0.078	5.50	7.20	4.313	0.120	5.50	14.52	7.291	0.203
6.00	3.68	2.881	0.080	6.00	7.44	4.411	0.123	6.00	14.80	7.405	0.206
6.50	3.80	2.930	0.081	6.50	7.60	4.476	0.124	6.50	15.08	7.519	0.209
7.00	3.96	2.995	0.083	7.00	7.72	4.525	0.126	7.00	15.40	7.649	0.212
7.50	4.08	3.044	0.085	7.50	7.84	4.574	0.127	7.50	15.72	7.780	0.216
8.00	4.24	3.109	0.086	8.00	7.96	4.623	0.128	8.00	16.04	7.910	0.220
8.50	4.36	3.158	0.088	8.50	8.12	4.688	0.130	8.50	16.36	8.040	0.223
9.00	4.52	3.223	0.090	9.00	8.16	4.704	0.131	9.00	20.08	9.553	0.265
9.50	4.68	3.288	0.091	9.50	8.12	4.688	0.130	9.50	20.00	9.521	0.264
10.00	4.57	3.244	0.090	10.00	8.08	4.671	0.130	10.00	20.00	9.521	0.264

ANEXO A-19.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO VS DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



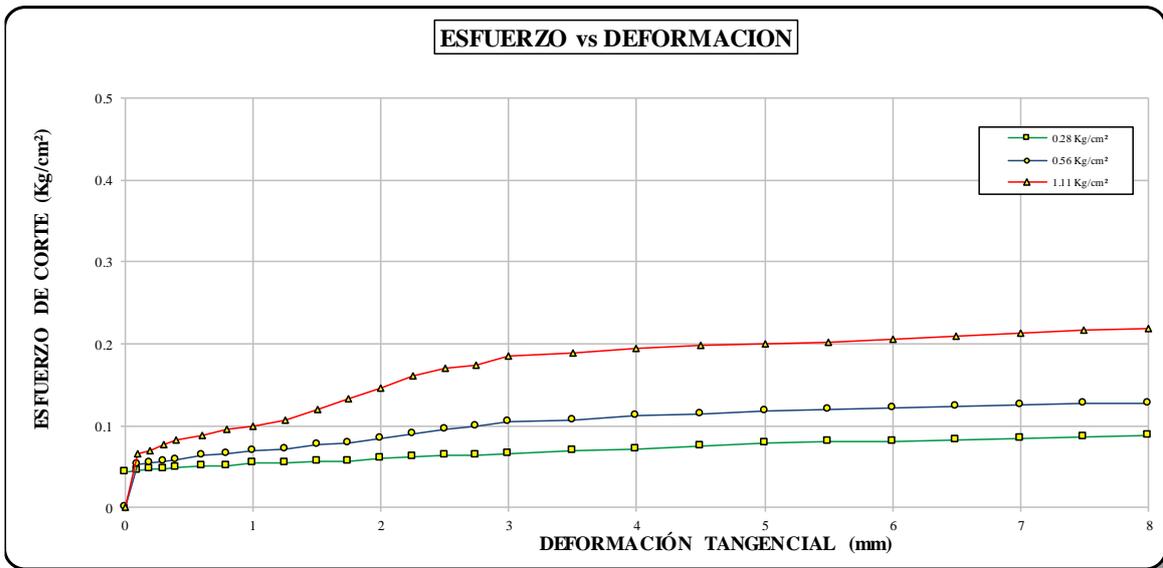
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	2
Calicata Nro.	2
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada
		Remoldeada
		X



ANEXO A-19.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



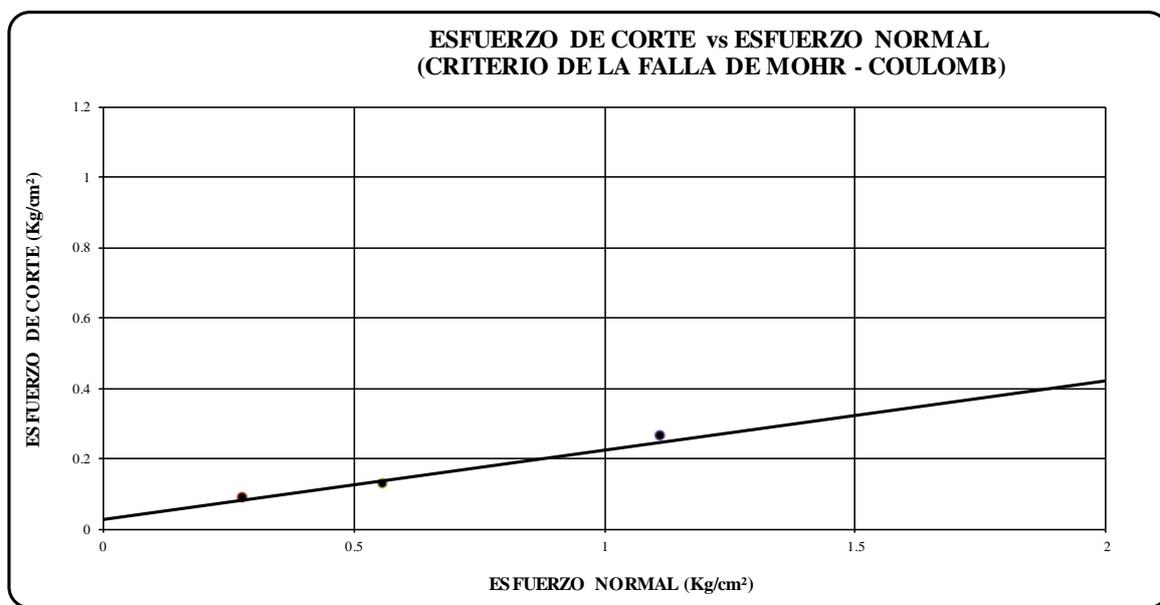
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
: BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	2
Electrolitos	7 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :			0.027 kg/cm²
ANGULO DE FRICCION:			11.16°
RESISTENCIA AL CORTE:			0.162 kg/cm²



ANEXO A-20: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS – CANTERA CHEJOÑA MUESTRA N° 02

ANEXO A-20.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
 UNA - PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 02 7.0 gr de NaCl

07/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	146.07		144.93		148.50	
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2.03		2.01		2.06	
Humedad (w) (%)	19.43%		23.59%		21.35%	
Densidad Seca (γ _s)	1.70		1.63		1.70	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		1.111	

Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformación Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	2.04	2.214	0.062	0.10	4.00	3.012	0.084	0.10	7.32	4.362	0.121
0.20	2.84	2.540	0.071	0.20	5.00	3.418	0.095	0.20	8.09	4.676	0.130
0.30	3.00	2.605	0.072	0.30	6.20	3.907	0.109	0.30	8.65	4.902	0.136
0.40	3.80	2.930	0.081	0.40	7.20	4.313	0.120	0.40	9.51	5.254	0.146
0.60	4.40	3.174	0.088	0.60	8.00	4.639	0.129	0.60	10.28	5.566	0.155
0.80	5.00	3.418	0.095	0.80	8.60	4.883	0.136	0.80	10.80	5.778	0.160
1.00	5.28	3.532	0.098	1.00	9.40	5.208	0.145	1.00	11.20	5.941	0.165
1.25	5.64	3.679	0.102	1.25	10.04	5.469	0.152	1.25	11.60	6.103	0.170
1.50	6.20	3.907	0.109	1.50	10.40	5.615	0.156	1.50	12.40	6.429	0.179
1.75	6.72	4.118	0.114	1.75	10.88	5.810	0.161	1.75	12.80	6.592	0.183
2.00	7.12	4.281	0.119	2.00	11.24	5.957	0.165	2.00	13.20	6.754	0.188
2.25	7.40	4.395	0.122	2.25	11.36	6.006	0.167	2.25	14.00	7.080	0.197
2.50	7.60	4.476	0.124	2.50	11.68	6.136	0.170	2.50	14.72	7.373	0.205
2.75	7.72	4.525	0.126	2.75	11.96	6.250	0.174	2.75	15.28	7.601	0.211
3.00	8.00	4.639	0.129	3.00	12.00	6.266	0.174	3.00	16.20	7.975	0.222
3.50	8.32	4.769	0.132	3.50	12.40	6.429	0.179	3.50	17.00	8.300	0.231
4.00	8.56	4.867	0.135	4.00	12.02	6.273	0.174	4.00	17.60	8.544	0.237
4.50	8.84	4.981	0.138	4.50	12.40	6.429	0.179	4.50	18.00	8.707	0.242
5.00	9.20	5.127	0.142	5.00	12.60	6.510	0.181	5.00	18.40	8.870	0.246
5.50	9.28	5.160	0.143	5.50	12.80	6.592	0.183	5.50	18.80	9.033	0.251
6.00	9.56	5.273	0.146	6.00	13.20	6.754	0.188	6.00	19.20	9.195	0.255
6.50	9.60	5.290	0.147	6.50	13.60	6.917	0.192	6.50	19.32	9.244	0.257
7.00	9.72	5.339	0.148	7.00	14.00	7.080	0.197	7.00	19.36	9.260	0.257
7.50	9.92	5.420	0.151	7.50	14.40	7.243	0.201	7.50	19.28	9.228	0.256
8.00	10.00	5.452	0.151	8.00	14.60	7.324	0.203	8.00	19.28	9.228	0.256
8.50	9.88	5.404	0.150	8.50	14.60	7.324	0.203	8.50	0.00	0.00	0.00
9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	14.56	7.308	0.203	9.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO A-20.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO VS DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA

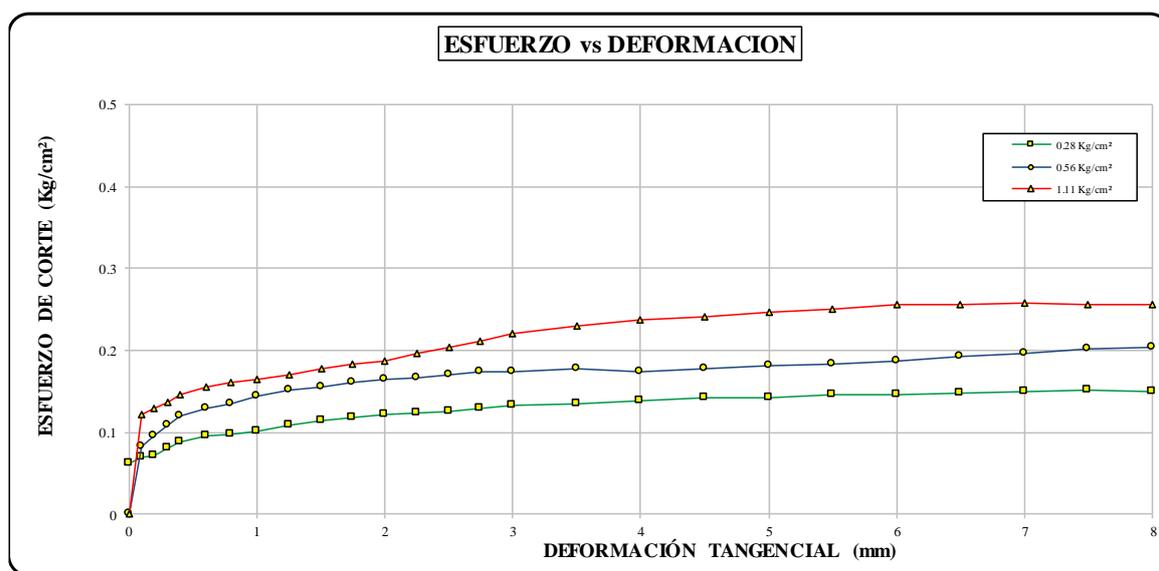


ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	2
Calicata Nro.	2
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada Remoldeada
		X



ANEXO A-20.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



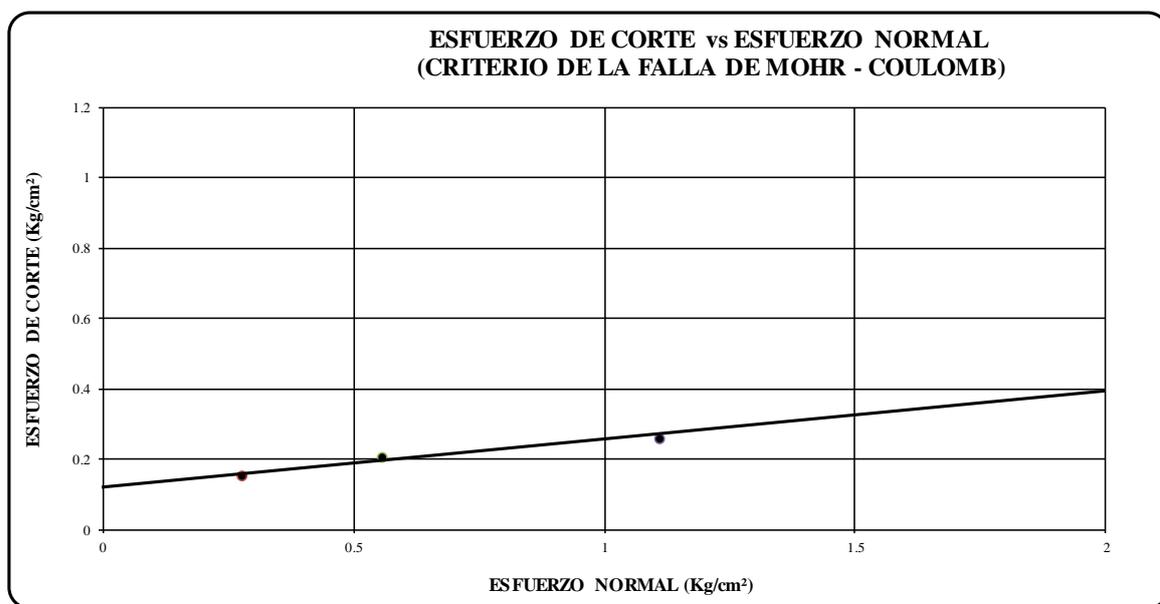
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	2
Electrolitos	7 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :		0.122 kg/cm²	
ANGULO DE FRICCIÓN:		7.79°	
RESISTENCIA AL CORTE		0.204 kg/cm²	



**ANEXO A-21: ENSAYO DE CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS –
CANTERA CHEJOÑA MUESTRA N° 03**

ANEXO A-21.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UNA- PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 03 15 gr de NaCl

26/10/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
	Inicial		Final		Inicial		Final		Inicial		Final	
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69		154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00		72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	136.11		141.02		141.02		145.30		145.30		145.30	
Peso Especifico de masa (gr/cm ³)	1.89		1.96		1.96		2.02		2.02		2.02	
Humedad (w) (%)	24.83%		23.23%		23.23%		22.06%		22.06%		22.06%	
Densidad Seca (γ _s)	1.51		1.59		1.59		1.65		1.65		1.65	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		0.556		1.111		1.111		1.111	
	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
	0.10	1.56	2.019	0.056	0.10	2.32	2.328	0.065	0.10	4.24	3.109	0.086
	0.20	1.60	2.035	0.057	0.20	2.88	2.556	0.071	0.20	4.48	3.207	0.089
	0.30	1.76	2.100	0.058	0.30	3.12	2.654	0.074	0.30	4.72	3.304	0.092
	0.40	1.92	2.165	0.060	0.40	3.28	2.719	0.076	0.40	5.12	3.467	0.096
	0.60	2.08	2.230	0.062	0.60	3.52	2.816	0.078	0.60	5.28	3.532	0.098
	0.80	2.32	2.328	0.065	0.80	3.76	2.914	0.081	0.80	5.60	3.662	0.102
	1.00	2.48	2.393	0.066	1.00	4.00	3.012	0.084	1.00	6.24	3.923	0.109
	1.25	2.52	2.409	0.067	1.25	4.32	3.142	0.087	1.25	7.08	4.265	0.118
	1.50	2.64	2.458	0.068	1.50	4.80	3.337	0.093	1.50	7.72	4.525	0.126
	1.75	2.80	2.523	0.070	1.75	4.92	3.386	0.094	1.75	8.24	4.736	0.132
	2.00	3.00	2.605	0.072	2.00	5.20	3.500	0.097	2.00	8.80	4.964	0.138
	2.25	3.16	2.670	0.074	2.25	5.60	3.662	0.102	2.25	9.44	5.225	0.145
	2.50	3.32	2.735	0.076	2.50	5.92	3.793	0.105	2.50	10.32	5.583	0.155
	2.75	3.48	2.800	0.078	2.75	6.36	3.972	0.110	2.75	10.88	5.810	0.161
	3.00	3.64	2.865	0.080	3.00	6.40	3.988	0.111	3.00	11.60	6.103	0.170
	3.50	3.72	2.898	0.080	3.50	6.60	4.069	0.113	3.50	12.40	6.429	0.179
	4.00	3.80	2.930	0.081	4.00	6.80	4.151	0.115	4.00	13.20	6.754	0.188
	4.50	3.96	2.995	0.083	4.50	7.08	4.265	0.118	4.50	14.00	7.080	0.197
	5.00	4.16	3.077	0.085	5.00	7.32	4.362	0.121	5.00	14.80	7.405	0.206
	5.50	4.40	3.174	0.088	5.50	7.56	4.460	0.124	5.50	15.60	7.731	0.215
	6.00	4.64	3.272	0.091	6.00	7.76	4.541	0.126	6.00	16.40	8.056	0.224
	6.50	4.84	3.353	0.093	6.50	8.00	4.639	0.129	6.50	17.12	8.349	0.232
	7.00	5.16	3.483	0.097	7.00	8.20	4.720	0.131	7.00	17.48	8.496	0.236
	7.50	5.24	3.516	0.098	7.50	8.40	4.802	0.133	7.50	17.80	8.626	0.240
	8.00	5.28	3.532	0.098	8.00	8.52	4.850	0.135	8.00	17.96	8.691	0.241
	8.50	5.24	3.516	0.098	8.50	8.52	4.850	0.135	8.50	20.00	9.521	0.264
	9.00	5.20	3.500	0.097	9.00	8.48	4.834	0.134	9.00	19.60	9.358	0.260
	10.00	0.00	0.000	0.000	10.00	0.0	0.000	0.000	10.00	0.00	0.000	0.000

ANEXO A-21.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



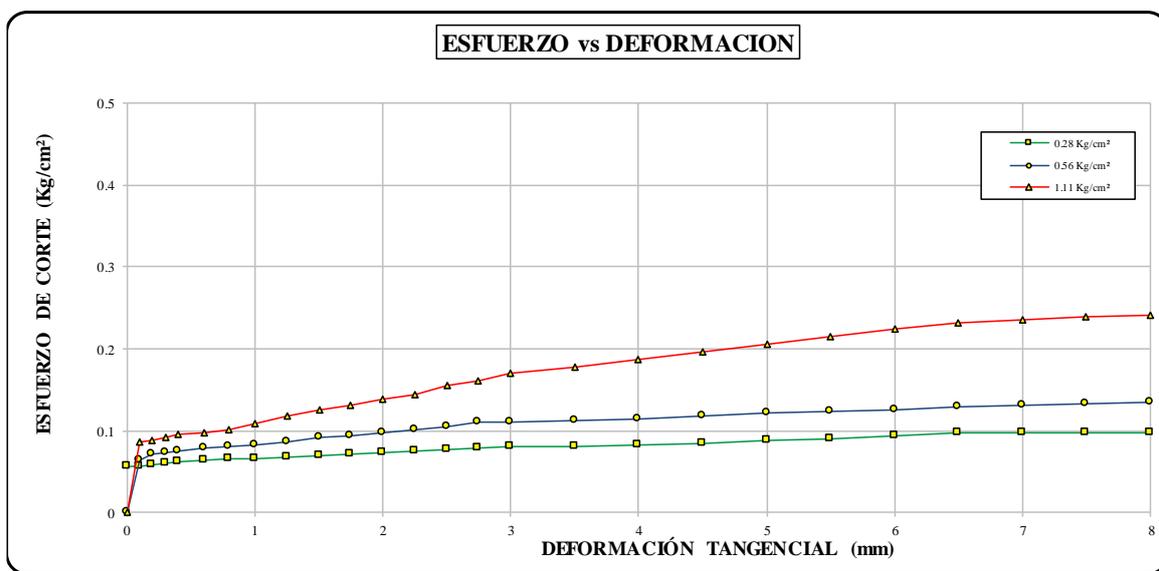
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	3
Calicata Nro.	3
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada
		Remoldeada
		X



ANEXO A-21.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



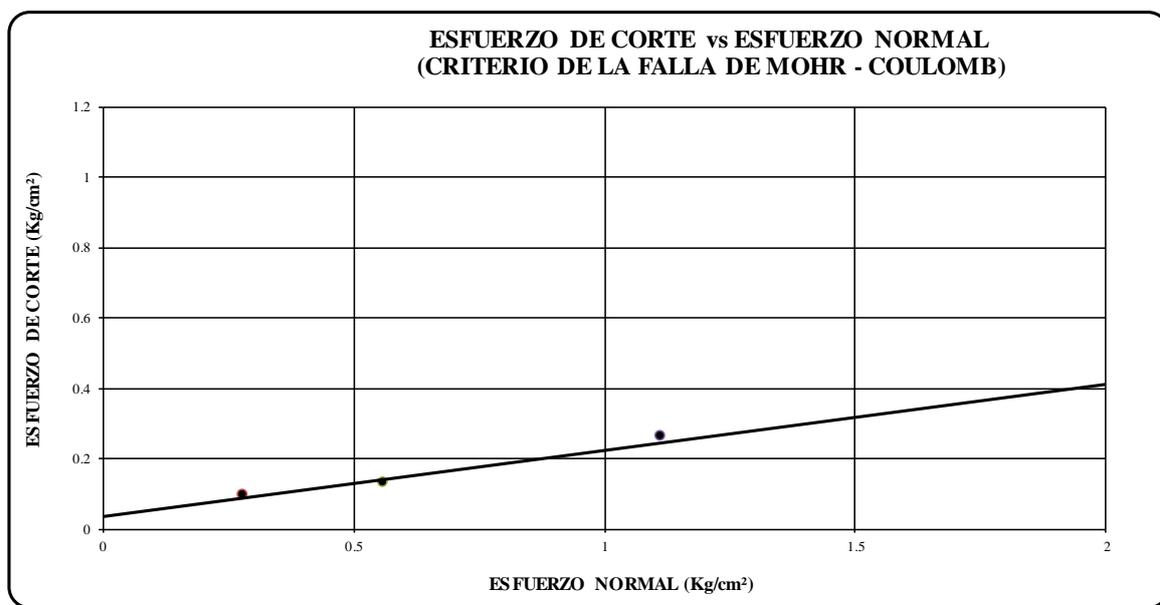
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	3
Electrolito	15 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :	0.037 kg/cm²		
ANGULO DE FRICCION:	10.65°		
RESISTENCIA AL CORTE	0.166 kg/cm²		



**ANEXO A-22: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS –
CANTERA CHEJOÑA MUESTRA N° 03
ANEXO A-22.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA

UBICACIÓN : BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UNA- PUNO

FICA

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 03 15 gr de NaCl

30/10/2017

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)**

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	144.14		143.31		137.43	
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2.00		1.99		1.91	
Humedad (w) (%)	19.42%		17.83%		15.80%	
Densidad Seca (γ _s)	1.68		1.69		1.65	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		1.111	

Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	De fo rmac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	De fo rmac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	2.00	2.198	0.061	0.10	2.72	2.491	0.069	0.10	4.60	3.256	0.090
0.20	2.80	2.523	0.070	0.20	3.40	2.767	0.077	0.20	5.40	3.581	0.099
0.30	3.20	2.686	0.075	0.30	3.52	2.816	0.078	0.30	6.00	3.825	0.106
0.40	3.60	2.849	0.079	0.40	3.68	2.881	0.080	0.40	6.60	4.069	0.113
0.60	4.00	3.012	0.084	0.60	4.08	3.044	0.085	0.60	7.20	4.313	0.120
0.80	4.40	3.174	0.088	0.80	4.52	3.223	0.090	0.80	7.92	4.606	0.128
1.00	4.80	3.337	0.093	1.00	5.16	3.483	0.097	1.00	8.40	4.802	0.133
1.25	5.20	3.500	0.097	1.25	5.68	3.695	0.103	1.25	9.00	5.046	0.140
1.50	5.60	3.662	0.102	1.50	6.68	4.102	0.114	1.50	9.40	5.208	0.145
1.75	5.96	3.809	0.106	1.75	7.16	4.297	0.119	1.75	10.40	5.615	0.156
2.00	6.08	3.858	0.107	2.00	7.68	4.509	0.125	2.00	12.04	6.282	0.175
2.25	6.40	3.988	0.111	2.25	8.04	4.655	0.129	2.25	14.05	7.099	0.197
2.50	6.60	4.069	0.113	2.50	8.80	4.964	0.138	2.50	15.80	7.812	0.217
2.75	6.80	4.151	0.115	2.75	9.60	5.290	0.147	2.75	18.93	9.085	0.252
3.00	7.00	4.232	0.118	3.00	11.20	5.941	0.165	3.00	19.65	9.378	0.260
3.50	7.40	4.395	0.122	3.50	13.64	6.933	0.193	3.50	20.15	9.581	0.266
4.00	7.68	4.509	0.125	4.00	15.12	7.535	0.209	4.00	20.80	9.846	0.274
4.50	8.00	4.639	0.129	4.50	15.56	7.714	0.214	4.50	21.60	10.172	0.283
5.00	8.40	4.802	0.133	5.00	16.40	8.056	0.224	5.00	22.92	10.709	0.297
5.50	8.80	4.964	0.138	5.50	17.24	8.398	0.233	5.50	23.60	10.985	0.305
6.00	9.16	5.111	0.142	6.00	18.12	8.756	0.243	6.00	24.00	11.148	0.310
6.50	9.40	5.208	0.145	6.50	19.13	9.166	0.255	6.50	24.50	11.351	0.315
7.00	9.56	5.273	0.146	7.00	19.28	9.228	0.256	7.00	24.90	11.514	0.320
7.50	9.68	5.322	0.148	7.50	20.04	9.537	0.265	7.50	25.30	11.677	0.324
8.00	9.92	5.420	0.151	8.00	19.68	9.391	0.261	8.00	25.40	11.718	0.325
8.50	9.96	5.436	0.151	8.50	18.85	9.052	0.251	8.50	25.40	11.718	0.325
9.00	10.00	5.452	0.151	9.00	0.00			9.00	25.30	11.677	0.324
10.00	0.00			10.00	0.00			10.00	0.00		

ANEXO A-22.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITANTE BACH. JOHON WILINTON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

UBICACIÓN : UNA- PUNO

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA

ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA

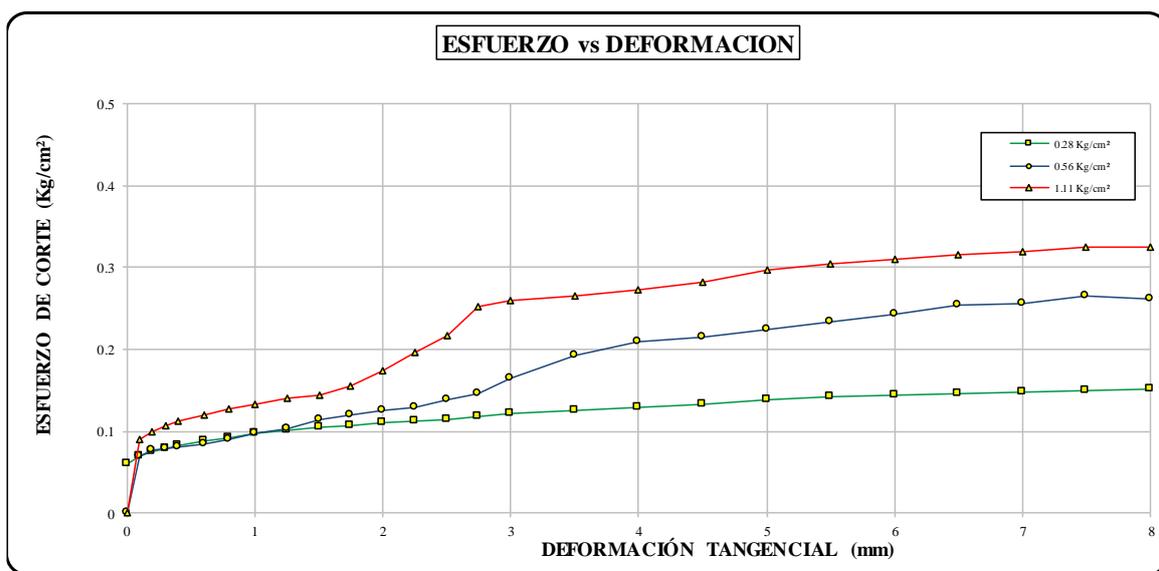
FICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	3
Calicata Nro.	3
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	Remoldeada	X
------------------	---------	------------	------------	---



ANEXO A-22.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



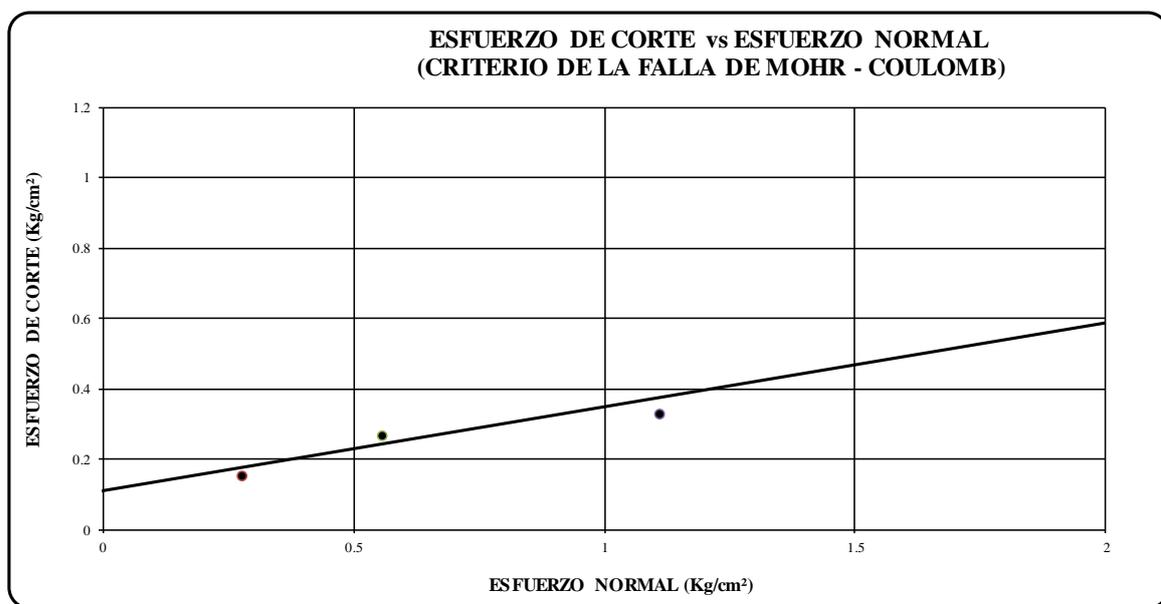
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
: BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	3
Electrolito	15 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :	0.112 kg/cm²		
ANGULO DE FRICCIÓN:	13.41°		
RESISTENCIA AL CORTE	0.247 kg/cm²		



ANEXO A-23: ENSAYO DE CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS – CANTERA CHEJOÑA MUESTRA N° 04

ANEXO A-23.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 04 20 gr de NaCl

FICA

27/04/2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
	Inicial		Final		Inicial		Final		Inicial		Final	
Altura (h) (cm)	2.00				2.00				2.00			
Lado (cm)	6.00				6.00				6.00			
Peso Anillo (gr)	154.69				154.69				154.69			
Volumen (cm3)	72.00				72.00				72.00			
Peso (Gr)	140.65				141.52				140.40			
PesoEspecifico de masa (gr/cm3)	1.95				1.97				1.95			
Humedad (w) (%)	24.83%				23.23%				22.06%			
Densidad Seca(ys) gr/cm3	1.56				1.59				1.60			
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.278				0.556				1.111			
	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
	0.10	0.50	1.588	0.044	0.10	1.50	1.994	0.055	0.10	3.90	2.971	0.083
	0.20	0.70	1.669	0.046	0.20	2.00	2.198	0.061	0.20	4.90	3.378	0.094
	0.30	1.00	1.791	0.050	0.30	2.10	2.239	0.062	0.30	5.10	3.459	0.096
	0.40	1.10	1.832	0.051	0.40	2.20	2.279	0.063	0.40	5.50	3.622	0.101
	0.60	1.30	1.913	0.053	0.60	2.50	2.401	0.067	0.60	5.90	3.785	0.105
	0.80	1.80	2.117	0.059	0.80	2.90	2.564	0.071	0.80	6.20	3.907	0.109
	1.00	1.90	2.157	0.060	1.00	3.10	2.645	0.073	1.00	6.90	4.191	0.116
	1.25	2.00	2.198	0.061	1.25	3.50	2.808	0.078	1.25	7.80	4.557	0.127
	1.50	2.30	2.320	0.064	1.50	3.90	2.971	0.083	1.50	9.00	5.046	0.140
	1.75	2.50	2.401	0.067	1.75	4.00	3.012	0.084	1.75	10.20	5.534	0.154
	2.00	2.80	2.523	0.070	2.00	4.40	3.174	0.088	2.00	11.50	6.063	0.168
	2.25	2.90	2.564	0.071	2.25	4.90	3.378	0.094	2.25	13.00	6.673	0.185
	2.50	3.00	2.605	0.072	2.50	5.30	3.540	0.098	2.50	15.50	7.690	0.214
	2.75	3.10	2.645	0.073	2.75	5.60	3.662	0.102	2.75	16.90	8.260	0.229
	3.00	3.20	2.686	0.075	3.00	5.90	3.785	0.105	3.00	17.50	8.504	0.236
	3.50	3.30	2.727	0.076	3.50	6.20	3.907	0.109	3.50	18.00	8.707	0.242
	4.00	3.60	2.849	0.079	4.00	7.00	4.232	0.118	4.00	18.40	8.870	0.246
	4.50	3.90	2.971	0.083	4.50	7.80	4.557	0.127	4.50	18.90	9.073	0.252
	5.00	4.00	3.012	0.084	5.00	8.50	4.842	0.135	5.00	19.30	9.236	0.257
	5.50	4.20	3.093	0.086	5.50	9.20	5.127	0.142	5.50	19.70	9.399	0.261
	6.00	4.60	3.256	0.090	6.00	10.00	5.452	0.151	6.00	20.20	9.602	0.267
	6.50	4.60	3.256	0.090	6.50	10.10	5.493	0.153	6.50	20.60	9.765	0.271
	7.00	4.50	3.215	0.089	7.00	10.00	5.452	0.151	7.00	20.70	9.806	0.272
	7.50	4.50	3.215	0.089	7.50	10.00	5.452	0.151	7.50	20.70	9.806	0.272
	8.00	4.40	3.174	0.088	8.00	9.90	5.412	0.150	8.00	20.40	9.683	0.269
	8.50	4.30	3.134	0.087	8.50	9.90	5.412	0.150	8.50	20.10	9.561	0.266
	10.00		0.000		10.00		0.000		10.00		0.000	

ANEXO A-23.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



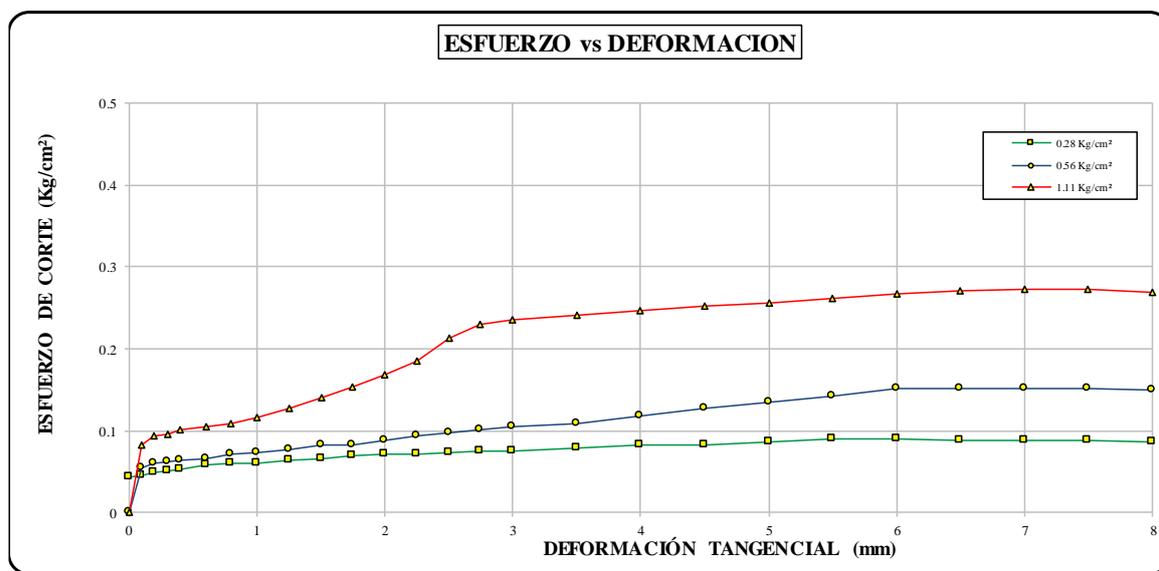
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	4
Calicata Nro.	4
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada
		Remoldeada
		X



ANEXO A-23.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



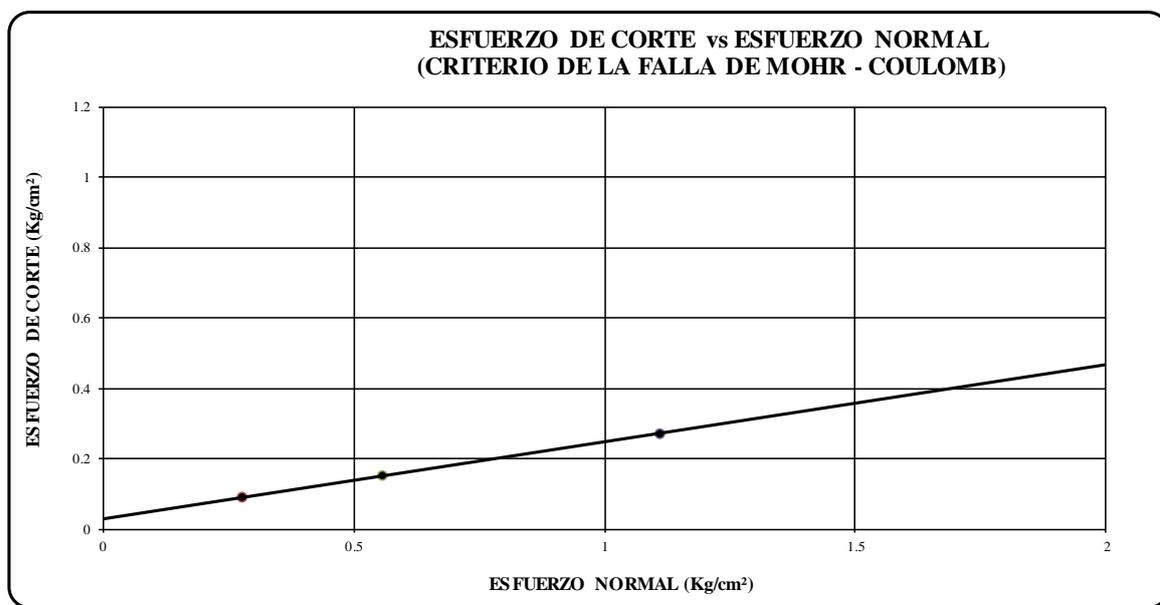
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	4
Electrolito	20 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :		0.030 kg/cm²	
ANGULO DE FRICCION:		12.37°	
RESISTENCIA AL CORTE		0.172 kg/cm²	



ANEXO A-24: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS – CANTERA CHEJOÑA MUESTRA N° 04

ANEXO A-24.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 04 20 gr de NaCl

FICA

30/04/2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
	Inicial		Final		Inicial		Final		Inicial		Final	
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69		154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm ³)	72.00		72.00		72.00		72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	136.15		136.33		136.33		136.33		136.20		136.20	
Peso Especifico de masa (gr/cm ³)	1.89		1.89		1.89		1.89		1.89		1.89	
Humedad (w) (%)	19.42%		17.83%		17.83%		17.83%		15.80%		15.80%	
Densidad Seca (ys) gr/cm ³	1.58		1.61		1.61		1.61		1.63		1.63	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.278		0.556		0.556		0.556		1.111		1.111	

Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	2.80	2.523	0.070	0.10	5.20	3.500	0.097	0.10	11.20	5.941	0.165
0.20	3.30	2.727	0.076	0.20	6.10	3.866	0.107	0.20	12.40	6.429	0.179
0.30	4.10	3.052	0.085	0.30	6.90	4.191	0.116	0.30	13.90	7.039	0.196
0.40	4.60	3.256	0.090	0.40	7.40	4.395	0.122	0.40	15.10	7.527	0.209
0.60	5.00	3.418	0.095	0.60	7.90	4.598	0.128	0.60	16.80	8.219	0.228
0.80	5.30	3.540	0.098	0.80	8.50	4.842	0.135	0.80	17.40	8.463	0.235
1.00	5.90	3.785	0.105	1.00	9.10	5.086	0.141	1.00	18.20	8.788	0.244
1.25	6.40	3.988	0.111	1.25	9.90	5.412	0.150	1.25	19.00	9.114	0.253
1.50	6.90	4.191	0.116	1.50	10.70	5.737	0.159	1.50	21.00	9.928	0.276
1.75	7.40	4.395	0.122	1.75	11.40	6.022	0.167	1.75	23.00	10.741	0.298
2.00	7.80	4.557	0.127	2.00	11.90	6.225	0.173	2.00	25.00	11.555	0.321
2.25	8.50	4.842	0.135	2.25	12.50	6.470	0.180	2.25	26.00	11.962	0.332
2.50	9.00	5.046	0.140	2.50	13.00	6.673	0.185	2.50	27.00	12.368	0.344
2.75	9.40	5.208	0.145	2.75	13.40	6.836	0.190	2.75	28.00	12.775	0.355
3.00	9.90	5.412	0.150	3.00	14.10	7.120	0.198	3.00	29.00	13.182	0.366
3.50	10.20	5.534	0.154	3.50	14.90	7.446	0.207	3.50	29.90	13.548	0.376
4.00	10.60	5.697	0.158	4.00	15.40	7.649	0.212	4.00	30.50	13.792	0.383
4.50	11.00	5.859	0.163	4.50	15.80	7.812	0.217	4.50	31.00	13.996	0.389
5.00	11.20	5.941	0.165	5.00	16.50	8.097	0.225	5.00	31.60	14.240	0.396
5.50	11.40	6.022	0.167	5.50	17.00	8.300	0.231	5.50	32.20	14.484	0.402
6.00	11.50	6.063	0.168	6.00	17.40	8.463	0.235	6.00	32.70	14.687	0.408
6.50	11.50	6.063	0.168	6.50	18.50	8.910	0.248	6.50	33.10	14.850	0.413
7.00	11.40	6.022	0.167	7.00	18.50	8.910	0.248	7.00	33.40	14.972	0.416
7.50	11.40	6.022	0.167	7.50	18.40	8.870	0.246	7.50	33.50	15.013	0.417
8.00	11.30	5.981	0.166	8.00	18.40	8.870	0.246	8.00	33.50	15.013	0.417
8.50	11.20	5.941	0.165	8.50	18.30	8.829	0.245	8.50	33.20	14.891	0.414
10.00				10.00				10.00			

ANEXO A-24.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA

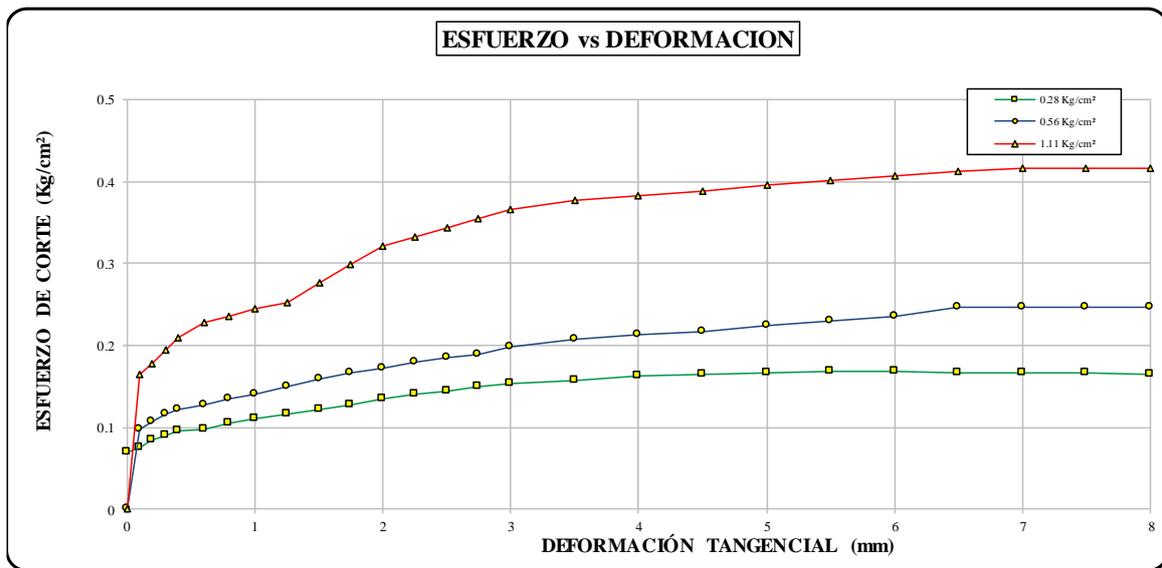


ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	4
Calicata Nro.	4
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X



ANEXO A-24.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



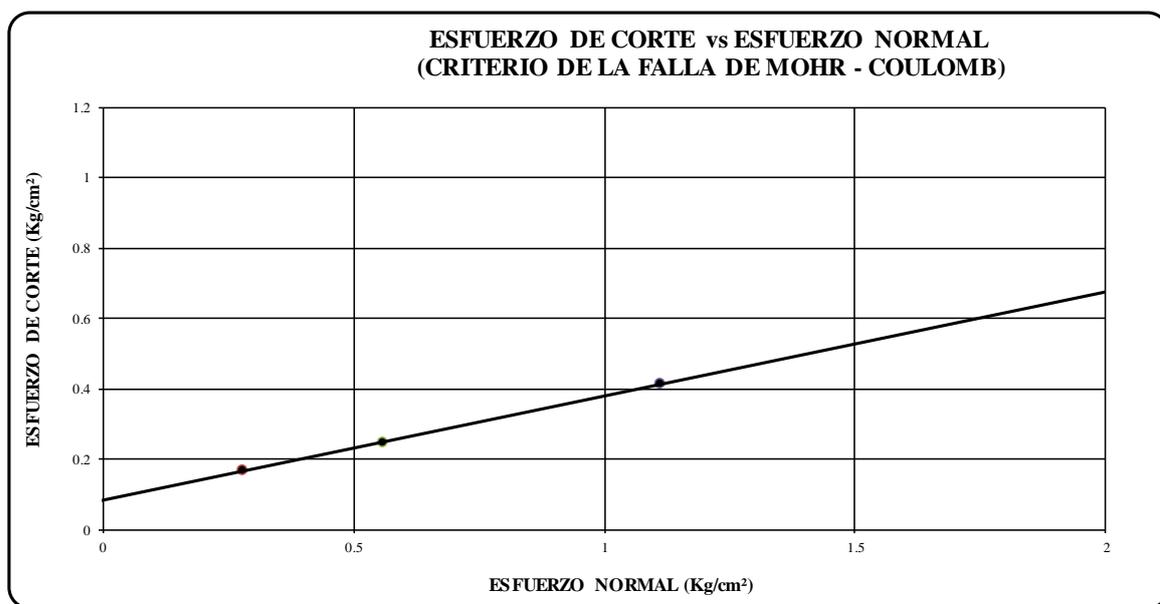
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
: BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	4
Electrolitos	20 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :		0.084 kg/cm²	
ANGULO DE FRICCIÓN:		16.49°	
RESISTENCIA AL CORTE		0.278 kg/cm²	



ANEXO A-25: ENSAYO DE CORTE DIRECTO PRE ELECTROOSMOSIS – CANTERA CHEJOÑA MUESTRA N° 05

ANEXO A-25.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 05 30 gr de NaCl

FICA

04/05/2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	2.00		2.00		2.00	
Lado (cm)	6.00		6.00		6.00	
Peso Anillo (gr)	154.69		154.69		154.69	
Volumen (cm3)	72.00		72.00		72.00	
Peso (Gr)	141.11		141.27		141.53	
PesoEspecifico de masa (gr/cm3)	1.96		1.96		1.97	
Humedad (w) (%)	24.83%		23.23%		22.06%	
Densidad Seca(ys) gr/cm3	1.57		1.59		1.61	
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.278		0.556		1.111	

Defo rmac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fue rza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defo rmac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fue rza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defo rmac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fue rza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	0.90	1.750	0.049	0.10	1.50	1.994	0.055	0.10	2.50	2.401	0.067
0.20	1.00	1.791	0.050	0.20	2.00	2.198	0.061	0.20	3.00	2.605	0.072
0.30	1.30	1.913	0.053	0.30	2.40	2.361	0.066	0.30	3.40	2.767	0.077
0.40	1.70	2.076	0.058	0.40	2.90	2.564	0.071	0.40	3.80	2.930	0.081
0.60	1.90	2.157	0.060	0.60	3.20	2.686	0.075	0.60	4.40	3.174	0.088
0.80	2.00	2.198	0.061	0.80	3.70	2.889	0.080	0.80	5.20	3.500	0.097
1.00	2.10	2.239	0.062	1.00	4.10	3.052	0.085	1.00	5.80	3.744	0.104
1.25	2.30	2.320	0.064	1.25	4.50	3.215	0.089	1.25	6.40	3.988	0.111
1.50	2.50	2.401	0.067	1.50	4.80	3.337	0.093	1.50	6.90	4.191	0.116
1.75	2.70	2.483	0.069	1.75	5.30	3.540	0.098	1.75	7.40	4.395	0.122
2.00	2.90	2.564	0.071	2.00	5.60	3.662	0.102	2.00	8.20	4.720	0.131
2.25	3.20	2.686	0.075	2.25	6.00	3.825	0.106	2.25	9.10	5.086	0.141
2.50	3.80	2.930	0.081	2.50	6.50	4.029	0.112	2.50	9.90	5.412	0.150
2.75	4.60	3.256	0.090	2.75	6.80	4.151	0.115	2.75	10.60	5.697	0.158
3.00	5.40	3.581	0.099	3.00	7.50	4.435	0.123	3.00	11.40	6.022	0.167
3.50	6.10	3.866	0.107	3.50	8.00	4.639	0.129	3.50	12.20	6.347	0.176
4.00	6.50	4.029	0.112	4.00	8.50	4.842	0.135	4.00	12.80	6.592	0.183
4.50	6.90	4.191	0.116	4.50	9.00	5.046	0.140	4.50	13.40	6.836	0.190
5.00	7.40	4.395	0.122	5.00	9.50	5.249	0.146	5.00	13.90	7.039	0.196
5.50	7.50	4.435	0.123	5.50	10.00	5.452	0.151	5.50	14.40	7.243	0.201
6.00	7.70	4.517	0.125	6.00	10.40	5.615	0.156	6.00	15.10	7.527	0.209
6.50	7.90	4.598	0.128	6.50	10.90	5.819	0.162	6.50	15.90	7.853	0.218
7.00	8.00	4.639	0.129	7.00	11.40	6.022	0.167	7.00	16.70	8.178	0.227
7.50	8.00	4.639	0.129	7.50	11.70	6.144	0.171	7.50	17.30	8.422	0.234
8.00	7.80	4.557	0.127	8.00	11.80	6.185	0.172	8.00	17.40	8.463	0.235
8.50	7.50	4.435	0.123	8.50	11.80	6.185	0.172	8.50	17.40	8.463	0.235
9.00		0.000		9.00	11.60	6.103	0.170	9.00	17.30	8.422	0.234
10.00		0.000		10.00		0.000		10.00		0.000	

ANEXO A-25.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



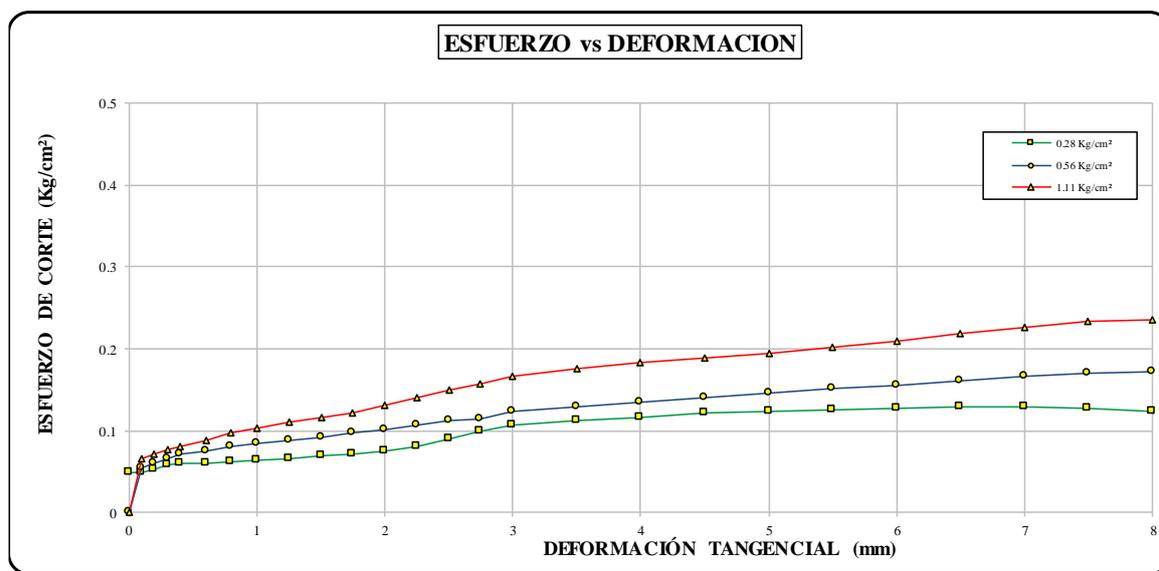
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	5
Calicata Nro.	5
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada
		Remoldeada
		X



ANEXO A-25.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



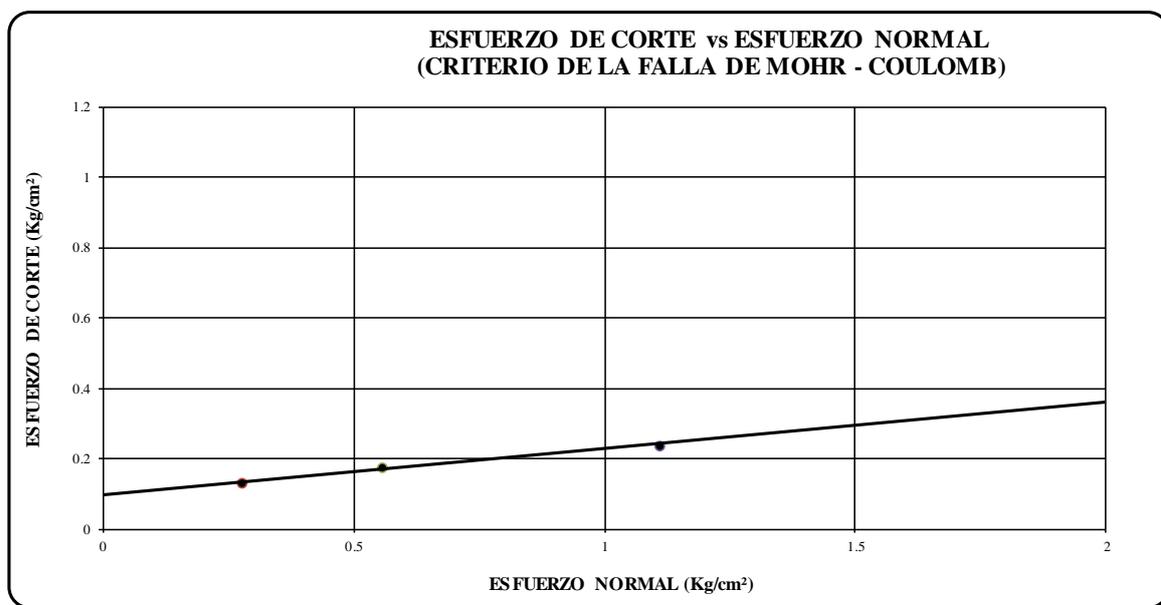
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : PRE ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	5
Electrolito	30 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :	0.096 kg/cm²		
ANGULO DE FRICCION:	7.52°		
RESISTENCIA AL CORTE	0.179 kg/cm²		



ANEXO A-26: ENSAYO DE CORTE DIRECTO POS ELECTROOSMOSIS – CANTERA CHEJOÑA MUESTRA N° 05

ANEXO A-26.1: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
 BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA
MUESTRA N° : 05 30 gr de NaCl

FICA

07/05/2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM- D3080-98)

Datos	ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
	Inicial	Final		Inicial	Final		Inicial	Final	
Altura (h) (cm)	2.00			2.00			2.00		
Lado (cm)	6.00			6.00			6.00		
Peso Anillo (gr)	154.69			154.69			154.69		
Volumen (cm3)	72.00			72.00			72.00		
Peso (Gr)	137.74			138.44			137.33		
Peso Especifico de masa (gr/cm3)	1.91			1.92			1.91		
Humedad (w) (%)	19.42%			17.83%			15.80%		
Densidad Seca (ys) gr/cm3	1.60			1.63			1.65		
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.278			0.556			1.111		

Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Defor mac Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Es fuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	6.10	3.866	0.107	0.10	14.20	7.161	0.199	0.10	22.40	10.497	0.292
0.20	6.60	4.069	0.113	0.20	14.90	7.446	0.207	0.20	24.60	11.392	0.316
0.30	7.00	4.232	0.118	0.30	15.10	7.527	0.209	0.30	26.60	12.206	0.339
0.40	7.40	4.395	0.122	0.40	15.40	7.649	0.212	0.40	28.50	12.979	0.361
0.60	7.90	4.598	0.128	0.60	16.00	7.893	0.219	0.60	30.40	13.752	0.382
0.80	8.50	4.842	0.135	0.80	16.50	8.097	0.225	0.80	32.20	14.484	0.402
1.00	9.00	5.046	0.140	1.00	17.10	8.341	0.232	1.00	33.20	14.891	0.414
1.25	9.30	5.168	0.144	1.25	17.90	8.666	0.241	1.25	34.10	15.257	0.424
1.50	9.90	5.412	0.150	1.50	18.60	8.951	0.249	1.50	35.00	15.623	0.434
1.75	10.30	5.575	0.155	1.75	19.50	9.317	0.259	1.75	35.80	15.949	0.443
2.00	10.90	5.819	0.162	2.00	20.00	9.521	0.264	2.00	36.50	16.233	0.451
2.25	11.00	5.859	0.163	2.25	20.40	9.683	0.269	2.25	37.30	16.559	0.460
2.50	11.20	5.941	0.165	2.50	20.90	9.887	0.275	2.50	37.90	16.803	0.467
2.75	11.40	6.022	0.167	2.75	21.50	10.131	0.281	2.75	38.30	16.966	0.471
3.00	11.60	6.103	0.170	3.00	22.00	10.334	0.287	3.00	38.70	17.128	0.476
3.50	11.80	6.185	0.172	3.50	22.50	10.538	0.293	3.50	39.40	17.413	0.484
4.00	12.00	6.266	0.174	4.00	23.00	10.741	0.298	4.00	40.10	17.698	0.492
4.50	12.60	6.510	0.181	4.50	23.60	10.985	0.305	4.50	40.90	18.023	0.501
5.00	13.10	6.714	0.186	5.00	24.10	11.189	0.311	5.00	41.50	18.267	0.507
5.50	13.80	6.998	0.194	5.50	24.80	11.473	0.319	5.50	42.30	18.593	0.516
6.00	14.20	7.161	0.199	6.00	25.30	11.677	0.324	6.00	42.90	18.837	0.523
6.50	14.60	7.324	0.203	6.50	25.80	11.880	0.330	6.50	43.50	19.081	0.530
7.00	14.80	7.405	0.206	7.00	26.30	12.084	0.336	7.00	43.90	19.244	0.535
7.50	14.90	7.446	0.207	7.50	26.40	12.124	0.337	7.50	44.10	19.325	0.537
8.00	14.90	7.446	0.207	8.00	26.50	12.165	0.338	8.00	44.20	19.366	0.538
8.50	14.70	7.365	0.205	8.50	26.20	12.043	0.335	8.50	44.10	19.325	0.537
10.00				10.00				10.00			

ANEXO A-26.2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (ESFUERZO-DEFORMACION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS

SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO

UBICACIÓN : UNA- PUNO

LUGAR : CANTERA CHEJOÑA

ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA

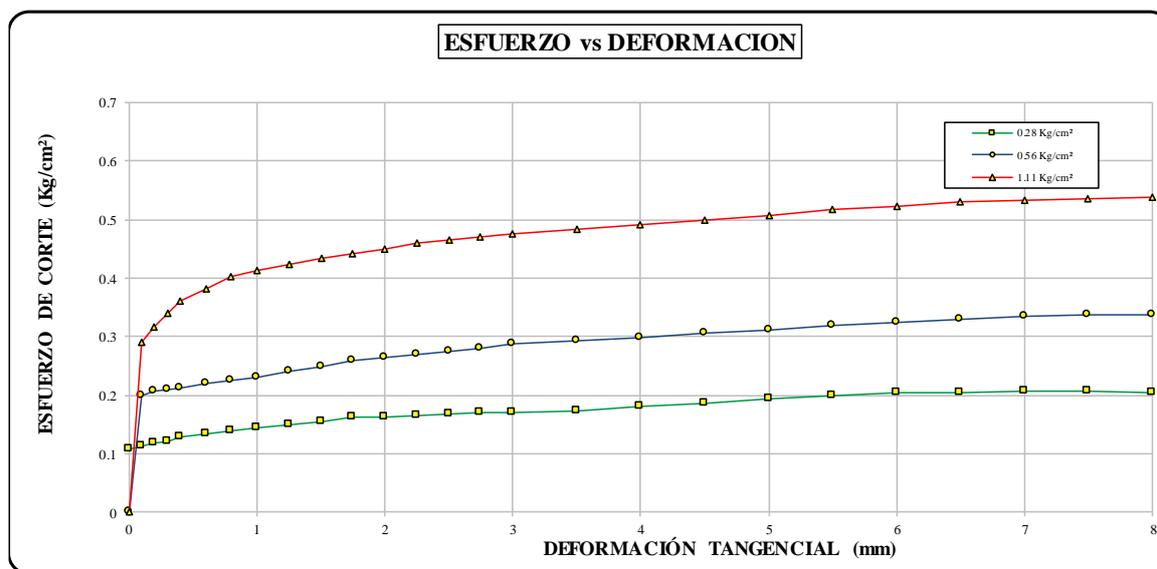


ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)

(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	5
Calicata Nro.	5
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X



ANEXO A-26.3: ENSAYO DE CORTE DIRECTO – CHEJOÑA (FALLA DE MOHR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



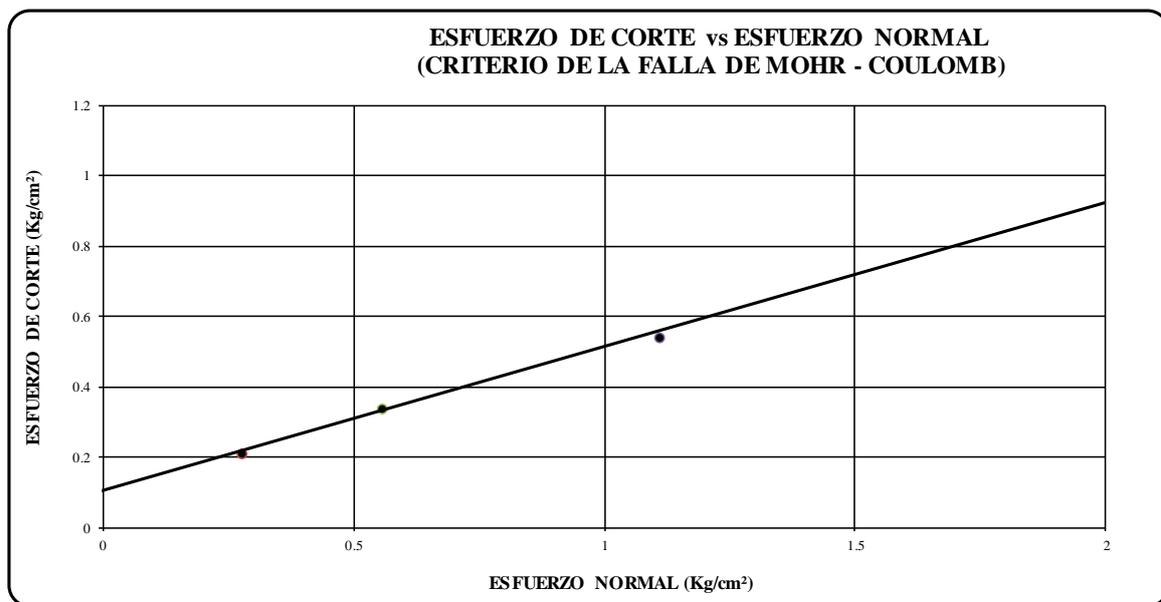
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS FINOS UTILIZANDO LA TECNICA DE ELECTROOSMOSIS
SOLICITANTE : BACH. JOHON WILINTHON CRUZ BALCONA
: BACH. YAXON SANTIAGO CHUQUIJA TITO
UBICACIÓN : UNA- PUNO
LUGAR : CANTERA CHEJOÑA
ENSAYO : POS ELECTROOSMOSIS - CHEJOÑA



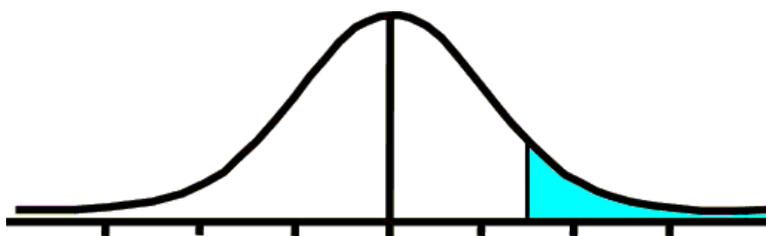
ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UU)
(NORMA ASTM - D3080-98)

Muestra Nro.	5
Electrolito	30 gr
Veloc. de Ensayo (mm/min)	0.5

Estado del Suelo	Natural	Inalterada	
		Remoldeada	X
COHESION :			0.103 kg/cm²
ANGULO DE FRICCION:			22.24°
RESISTENCIA AL CORTE			0.310 kg/cm²



ANEXO A-27: TABLA T -STUDENT



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.656
2	0.817	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	1.533	2.132	2.777	3.747	4.604
5	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.500
8	0.706	1.397	1.860	2.306	2.897	3.355
9	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	1.372	1.813	2.228	2.764	3.169
11	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.696	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	1.345	1.761	2.145	2.625	2.977
15	0.691	1.341	1.753	2.132	2.603	2.947
16	0.690	1.337	1.746	2.120	2.584	2.921
17	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	1.328	1.729	2.093	2.540	2.861
20	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	1.320	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750