

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL ESFUERZO
CORTANTE DE LOS SUELOS FINOS DETERMINADO MEDIANTE LA
PRUEBA DE CORTE DIRECTO DRENADO Y NO DRENADO”**

Por:

JICELA YOLANDA CARDOZO ALMAZAN

SEMESTRE I - 2022

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL ESFUERZO
CORTANTE DE LOS SUELOS FINOS DETERMINADO MEDIANTE LA
PRUEBA DE CORTE DIRECTO DRENADO Y NO DRENADO”**

POR:

JICELA YOLANDA CARDOZO ALMAZAN

Proyecto de Grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar al grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I - 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIAS

El presente trabajo de proyecto de Grado, me otorga una gran satisfacción de cumplir un logro muy importante en mi vida.

Está dedicado con muchísimo amor a mis padres Mario Cardozo y Yolanda Almazán. A mis hermanos Mario, Verónica y Shirley. Por haber confiado en mí y por siempre fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. Los Amo.

A Luis Fer Martínez, por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
GENERALIDADES

	Página
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación	2
1.4. Planteamiento del problema	3
1.4.1. Situación problemática	3
1.4.2. Problema.....	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Alcance de la investigación.....	4
1.8. Variables	5
1.8.1. Variables independientes	5
1.8.2. Variables dependientes.....	5
1.9. Unidades de estudio y decisión maestra	5
1.9.1. Unidades de estudio.....	5
1.9.2. Población	5
1.9.3. Muestra	6
1.9.4. Muestreo	6
1.9.5. Métodos y técnicas empleadas.....	6

CAPÍTULO II

RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

	Página
2.1. Marco conceptual	7
2.1.1. Mecánica de suelos	7
2.1.2. Suelo.....	7
2.1.3. Composición de los suelos	8
2.1.4. Suelos Finos	8
2.1.4.1. Limos.....	8
2.1.4.2. Arcillas	9
2.1.5. Resistencia cortante de los suelos	9
2.1.6. Parámetros de resistencia cortante	14
2.1.6.1. Angulo de fricción interna	14
2.1.6.1.1. Rangos de los ángulos de fricción por diferentes autores.....	14
2.1.6.2. Cohesión.....	17
2.1.7. Resistencia drenada y no-drenada.....	17
2.1.7.1. Resistencia no-drenada.....	17
2.1.7.2. Resistencia drenada.....	18
2.1.8. Criterios de falla de Mohr-Coulomb	19
2.1.9. Esfuerzo efectivo.....	20
2.1.10. Naturaleza del esfuerzo efectivo	23
2.1.11. Principio del esfuerzo efectivo.....	23
2.1.12. Ensayos para estimar la resistencia al corte en laboratorio.....	24
2.1.13. Ensayos con deformación controlada o con esfuerzo controlado.	24
2.1.14. Tasa de corte	25

2.1.16.	Cargas normales	26
2.1.16.	Características de la muestra	26
2.1.17.	Ensayo de corte directo	27
2.1.18.	Ventaja y desventajas del ensayo de corte directo	30
2.1.18.1.	Ventajas.....	30
2.1.18.2.	Desventajas	30
2.19.	Aparato de corte directo	30
2.20.	Aplicación de los parámetros de resistencia en la ingeniería.....	35
2.21.	Capacidad de carga	36
2.2.	Marco referencial	38
2.2.1.	Contenido de humedad.....	38
2.2.2.	Análisis granulométrico	39
2.2.2.1.	Análisis granulométrico por tamizado (DESIGNACIÓN ASTM D-422 AASHTO T-88)	39
2.2.2.2.	Análisis granulométrico por medio del hidrómetro (DESIGNACIÓN ASTM D-422)	40
2.2.3.	Ensayo de consistencia de los suelos	41
2.2.4.	Clasificación del suelo	42
2.2.4.1.	Sistema de clasificación AASHTO (DESIGNACIÓN ASTM D3282 AASHTO M-145)	42
2.2.4.2.	Sistema de clasificación S.U.C.S. (DESIGNACIÓN ASTM D 2487-00).	45

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN

	Página
3.1. Ubicación de la zona	49
3.2. Coordenadas de los puntos en estudio	52
3.3. Caracterización de la zona	53
3.4. Criterios de selección de muestra.....	53
3.4.1. Muestreo de suelos.....	53
3.4.2. Extracción de muestras de suelo	54
3.4.2.1. Material utilizado	54
3.4.2.2. Procedimiento de extracción de muestras de suelo.....	55
3.4. Contenido de humedad.....	55
3.5. Análisis granulométrico	56
3.6. Análisis granulométrico por medio del hidrómetro	58
3.7. Ensayo de consistencia de los suelos.....	60
3.8. Clasificación del suelo	63
3.9. Peso específico.....	64

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS Y COMPARACIÓN

	Página
4.1. Introducción	68
4.2. Preparación de la muestra	68
4.3. Procedimiento del ensayo de corte drenado.....	69
4.4. Procedimiento del ensayo de corte no drenado.....	73
4.5. Comparación de resultados	75

4.6.	Aplicación de los resultados.....	86
------	-----------------------------------	----

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página	
5.1.	Conclusiones	90
5.2.	Recomendaciones.....	91

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A (CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA A PROFUNDIDAD DE 1 METRO)

ANEXO B (CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA A PROFUNDIDAD DE 2 METROS)

ANEXO C (CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA A PROFUNDIDAD DE 3 METROS)

ANEXO D (MEMORIA FOTOGRÁFICA)

ANEXO E (MAPAS GEOTÉCNICOS)

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura. 2.1 Suelo	7
Figura. 2.2 Composición del suelo.....	8
Figura. 2.3 Bloque encima de una superficie plana.	10
Figura. 2.4 Fuerzas resultantes debido a la inclinación.	11
Figura. 2.5 Esfuerzo de corte generado en la superficie de contacto.....	11
Figura. 2.6 Fuerzas sumergidas por el contacto interparticular.	12
Figura. 2.7 Bloque deslizante en un plano.	13
Figura. 2.8 Oblicuidad del esfuerzo resultante.....	14
Figura. 2.9 Diagrama de esfuerzo para un bloque deslizante en un plano.....	14
Figura. 2.10 Diagrama de falla para arcilla dura ensayada en corte directo.	20
Figura. 2.11 Envoltorio de falla para arcilla obtenida de pruebas de corte directo Drenadas.....	20
Figura. 2.12 Modelo intuitivo del suelo demostrado la naturaleza del esfuerzo efectivo.....	23
Figura. 2.13 Diagrama del ensayo de corte directo.....	26
Figura. 2.14 Caja de muestra y accesorios del modelo cuadrado.	27
Figura. 2.15 Diagrama del arreglo para la prueba de corte directo.....	29
Figura. 2.16 Equipo para la prueba de corte directo.	29
Figura. 2.17 Aparato de corte directo.....	31
Figura. 2.18 Caja de corte.	32
Figura. 2.19 Carro deslizante.	32
Figura. 2.20 Pistón de carga.....	33
Figura. 2.21 Placas porosas.....	33
Figura. 2.22 Placa ranurada.....	33
Figura. 2.23 Anillo de carga.....	34
Figura. 2.24 Extensómetro horizontal.....	34
Figura. 2.25 Extensómetro vertical.	35
Figura. 2.26 Yugo de aplicación de cargas.	35

Figura. 2.27	Juego de tamices.....	40
Figura. 3.1	Imagen del distrito 12.....	49
Figura. 3.2	Imagen satelital de la zona de extracción de muestras del barrio San Blas.....	50
Figura. 3.3	Imagen satelital de la zona de extracción de muestras del barrio Miraflores.....	50
Figura. 3.4	Imagen satelital de la zona de extracción de muestras del barrio Germán Busch.....	51
Figura. 3.5	Imagen satelital de la zona de extracción de muestras del barrio San Martín.....	51
Figura. 3.6	Imagen satelital de la zona de extracción de muestras del barrio Aranjuez.....	52
Figura. 3.7	Material utilizado.....	54
Figura. 3.8	Extracción de muestra.....	55
Figura. 3.9	Esquema de la práctica de granulometría.....	57
Figura. 3.10	Esquema de la práctica de hidrómetro.....	59
Figura. 3.11	Esquema de la práctica del límite líquido.....	61
Figura. 3.12	Esquema de la práctica de límite plástico.....	61
Figura. 3.13	Esquema de la práctica de peso específico.....	64
Figura. 4.1	Preparación de muestras.....	66
Figura. 4.2	Armado de la caja de corte.....	67
Figura. 4.3	Colocado de pesas.....	70
Figura. 4.4	Llenado del agua.....	71
Figura. 4.5	Ensayo de corte drenado.....	72
Figura. 4.6	Secado de las muestras.....	73
Figura. 4.7	Armado de la caja para el no drenado.....	73
Figura. 4.8	Ensayo de corte directo no drenado.....	74
Figura. 4.9	Gráfica de comparación de esfuerzo cortante vs esfuerzo normal punto 1 – 1 metro.....	78

Figura. 4.10 Gráfica de comparación de esfuerzo cortante vs esfuerzo normal punto 4 – 1 metro.	79
Figura. 4.11 Gráfica de comparación de esfuerzo cortante vs esfuerzo normal punto 2 – 2 metros.....	80
Figura. 4.12 Gráfica de comparación de esfuerzo cortante vs esfuerzo normal punto 5 – 2 metros.....	81
Figura. 4.13 Gráfica de comparación de esfuerzo cortante vs esfuerzo normal punto 4 – 3 metros.....	82
Figura. 4.14 Gráfica de comparación de esfuerzo cortante vs esfuerzo normal punto 5 – 3 metros.....	83
Figura. 4.15 Gráfica comparativa de humedades del punto 4.....	84
Figura. 4.16 Gráfica comparativa de humedades del punto 10.....	85
Figura. 4.17 Zapata cuadrada.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Unidades de estudio.	5
Tabla 2.1 Rangos de ángulos de fricción para suelos.	16
Tabla 2.2 Resumen de datos estadísticos de cohesión y ángulo de fricción según la clasificación de suelo (SUCS)	16
Tabla 2.3 Factores de capacidad de carga.	37
Tabla 2.4 Tabla para la clasificación AASHTO.	44
Tabla 2.5 Símbolo y descripción del suelo	45
Tabla 2.6 Sistema Unificado de suelos (SUCS) ASTM D2487.....	46
Tabla 2.7 Clasificación de suelos SUCS basado en el material que pasa el tamiz número 75 mm	47
Tabla 2.8 Diagrama de clasificación de suelos SUCS.	48
Tabla 3.1 Coordenadas de los puntos.....	52
Tabla 3.2 Resumen de los resultados del contenido de humedad.....	56

Tabla 3.3	Resumen de resultados del análisis granulométrico por tamizado	57
Tabla 3.4	Resultados de la práctica de hidrómetro.....	57
Tabla 3.5	Resumen de límites e índice de plasticidad.	62
Tabla 3.6	Resumen de la clasificación.....	63
Tabla 3.7	Resumen de los resultados de peso específico	65
Tabla 4.1	Tabla comparativa a 1 metro.....	75
Tabla 4.2	Tabla comparativa a 2 metros	76
Tabla 4.3	Tabla comparativa a 3 metros	77
Tabla 4.4	Tabla comparativa de resultados punto 1 – 1 metro	78
Tabla 4.5	Tabla comparativa de resultados punto 4 – 1 metro	79
Tabla 4.6	Tabla comparativa de resultados punto 2 – 2 metros.....	80
Tabla 4.7	Tabla comparativa de resultados punto 5 – 2 metros.....	81
Tabla 4.8	Tabla comparativa de resultados punto 4 – 3 metros.....	82
Tabla 4.9	Tabla comparativa de resultados punto 5 – 3 metros.....	83
Tabla 4.10	Tabla de humedades del punto 4.....	84
Tabla 4.11	Tabla de humedades del punto 10	84
Tabla 4.12	Aplicación de resultados a 1 metro	86
Tabla 4.13	Aplicación de resultados a 2 metros.	87
Tabla 4.14	Aplicación de resultados a 3 metros	88