

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACIÓN DE LA CARGA ÚLTIMA Y RESISTENCIA AL
CORTE OBTENIDOS CON EL ENSAYO DE COMPRESIÓN NO CONFINADA
DE LOS SUELOS DEL DISTRITO 12 DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

VICTOR GIOVANNY MUÑOZ CARI

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 II - 2024

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“DETERMINACIÓN DE LA CARGA ÚLTIMA Y RESISTENCIA AL CORTE
OBTENIDOS CON EL ENSAYO DE COMPRESIÓN NO CONFINADA DE LOS
SUELOS DEL DISTRITO 12 DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

POR:

VICTOR GIOVANNY MUÑOZ CARI

SEMESTRE II - 2024

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA:

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

Está dedicado con mucho cariño para mis padres Ariel Muñoz y Janeth Cari, a mi hermano Fabian, por haber confiado en mí y haber apoyado en todo momento siempre.

A Glenda Aguilera y a mi hijito Emiliano por ser parte de mi vida y mi razón de seguir adelante, los amo muchísimo.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
GENERALIDADES

	Página
1.1.Introducción	1
1.2.Antecedentes	2
1.3.Justificación de Proyecto	2
1.3.1.Justificación académica.....	2
1.3.2.Justificación sobre la aplicación técnica - practica	2
1.3.3.Justificación e importancia social	3
1.4.Planteamiento del problema.....	3
1.4.1.Situación problémica.....	3
1.4.2.Delimitación temporal	4
1.4.3.Delimitación del espacio	4
1.4.4.Formulación del problema	5
1.5.Objetivos	5
1.5.1.Objetivo general	5
1.5.2.Objetivos Específicos.....	5
1.6. Hipótesis	5
1.7.Conceptualización y operacionalización de variables	5
1.8.Alcance y tipo de investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

	Página
2.1. Marco Conceptual	7
2.1.1. Mecánica de suelos	7
2.1.2. Suelos	7
2.1.3. Formación de los Suelos	7
2.1.4. Tipos de Suelos	8
2.1.4.1. Suelos cohesivos y suelos no cohesivos	9
2.1.5. Resistencia cortante del suelo.	9
2.1.6. Criterios de falla Mohr-Coulomb.....	9
2.1.7. Parámetros de resistencia al cortante	11
2.1.7.1. Ángulo de fricción	11
2.1.8. Ensayos en laboratorio para estimar la resistencia cortante.	12
2.1.9. Ensayo de compresión no confinada.....	12
2.1.10. Importancia y usos del ensayo	15
2.1.11. Causas de errores de la prueba de compresión no confinada.....	15
2.1.12. Características de las muestras.....	16
2.2. Marco Normativo	17
2.2.1. Contenido de humedad.....	17
2.2.2. Análisis granulométrico	18
2.2.3. Consistencia de los suelos	19
2.2.4. Clasificación de los suelos	21
2.2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	22
2.2.4.2. Clasificación AASHTO	23

2.2. Análisis del aporte teórico (por el autor)	23
---	----

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO Y

RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN

	Página
3.1. Identificación, descripción y localización precisa de la zona de proyecto	25
3.2. Ubicación de la zona de estudio.....	26
3.2.1. Barrio San Blas	26
3.2.2. Barrio Miraflores.....	27
3.2.3. Barrio Germán Busch.....	28
3.2.4. Barrio San Martín.....	29
3.2.5. Barrio Aranjuez.....	30
3.3. Caracterización de la zona	31
3.4. Extracción de las muestras de suelo.....	31
3.4.1. Equipo utilizado	32
3.4.2. Procedimiento de la extracción de muestras	32
3.5. Contenido de humedad (ASTM D2216).....	33
3.6. Análisis granulométrico (ASTM D 422 – AASHTO T88).....	34
3.6.1 Análisis granulométrico método del hidrómetro (ASTM D 422).....	36
3.7. Ensayos de Consistencia (ASTM D4318 – AASTHO T90).....	38
3.7.1. Límite líquido.....	38
3.7.2. Límite plástico.....	38
3.8. Clasificación de los suelos	40
3.9. Peso específico	41
3.10. Compresión no confinada	43

3.10.1. Procedimiento experimental	43
3.10.2. cálculos de compresión no confina	44
3.10.3. Planilla resumen de los resultados de lso ensayos	50

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1. Análisis.....	53
4.1.1. Análisis de resultados de suelos CL.....	53
4.1.2. Tablas y gráficos de resultados	56
4.1.3. Estadística descriptiva	61
4.1.4. Estadística Inferencial	64
4.1.4.1. La distribución Normal ($n \geq 30$)	64
4.1.4.1.1. Intervalo de confianza	66
4.1.4.1.2. Calculo de estadístico (Z) con una sola muestra	68
4.1.5. Especificaciones técnicas	71

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones	73
5.2. Recomendaciones.....	74

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- **ANEXO A:** Informe fotográfico.
- **ANEXO B:** Compresión no confinada.
- **ANEXO C:** Caracterización del suelo.
- **ANEXO D:** Mapa geotécnico del distrito 12 de la ciudad de Tarija

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Representación gráfica de la ecuación de Coulomb	11
Figura 2.2. Equipo para la prueba de compresión no confinada.....	13
Figura 2.3. Círculo de Mohr en una prueba de compresión simple	14
Figura 2.4. Muestras talladas en laboratorio	16
Figura 3.1. Mapa político de Tarija.....	25
Figura 3.2. Plano de distritos de Tarija	25
Figura 3.3. Imagen satelital del distrito 12.....	26
Figura 3.4. Imagen satelital de los puntos de extracción del barrio San Blas.....	27
Figura 3.5. Imagen satelital de los puntos de extracción del barrio Miraflores	28
Figura 3.6. Imagen satelital de los puntos de extracción del barrio German Bush.....	29
Figura 3.7. Imagen satelital de los puntos de extracción del barrio San Martín	30
Figura 3.8. Imagen satelital de los puntos de extracción del barrio Aranjuez	31
Figura 3.9. Material utilizado.....	32
Figura 3.10. Memoria de extracción	33
Figura 3.11. Ensayo de granulometría por hidrómetro	36
Figura 3.12. Esquema de la práctica del límite líquido.....	38
Figura 3.13. Esquema de la práctica de límite plástico.....	39
Figura 3.14. Esquema de la práctica de peso específico	42
Figura 3.15. Gráfico esfuerzo deformación	48
Figura 3.16. Gráfico del Círculo de Mohr	49
Figura 4.1. Gráfico Q_u vs %H de suelos CL	54
Figura 4.2. Gráfico Q_u vs LL de suelos CL.....	55
Figura 4.3. Gráfico Q_u vs %H de suelos CL-ML	56

Figura 4.4. Gráfico Qu vs LL de suelos CL-ML	57
Figura 4.5. Gráfico Qu vs %H de suelos CH	57
Figura 4.6. Gráfico Qu vs LL de suelos CH	58
Figura 4.7. Gráfico Qu vs %H de suelos ML.....	59
Figura 4.8. Gráfico Qu vs LL de suelos ML	59
Figura 4.9. Gráfico Qu vs %H de suelos OL	60
Figura 4.10. Gráfico Qu vs LL de suelos OL.....	60
Figura 4.11. Gráfico Histograma y Polígono de frecuencias	63
Figura 4.12. Gráfico Polígono de frecuencias acumuladas.....	63
Figura 4.13. Gráfico Frecuencia relativa	64
Figura 4.14. Gráfico Distribución estandarizada	66
Figura 4.15. Tabla de valores usadas para la prueba de Hipótesis.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Línea de tiempo del proyecto de investigación.....	4
Tabla 1.2. Identificación de variables	6
Tabla 2.1. Clasificación de las arcillas en función de su resistencia	14
Tabla 2.2. Simbología de la primera letra de la clasificación SUCS.	22
Tabla 2.3. Simbología de la segunda letra de la clasificación SUCS	23
Tabla 3.1. Coordenadas de los puntos del barrio San Blas	26
Tabla 3.2. Coordenadas de los puntos del barrio Miraflores	27
Tabla 3.3. Coordenadas de los puntos del barrio Germán Bush	28
Tabla 3.4. Coordenadas de los puntos del barrio San Martín	29
Tabla 3.5. Coordenadas de los puntos del barrio Aranjuez	30
Tabla 3.6. Resumen de contenido de humedad de los puntos.....	33
Tabla 3.7. Resumen de resultados del análisis granulométrico por tamizado.	35
Tabla 3.8. Resultados del ensayo de hidrómetro.	37
Tabla 3.9. Resumen de límites e índice de plasticidad	39
Tabla 3.10. Resumen de clasificación.....	40
Tabla 3.11. Resumen de los resultados de peso específico.....	42
Tabla 3.12. Clasificación de la arcillas en funcion de su resistencia	45
Tabla 3.13. Curva esfuerzo deformación	47
Tabla 3.14. Resultado de carga última.....	47
Tabla 3.15. Parámetros del circulo de Mohr	48
Tabla 3.16. Círculo de Mohr	49
Tabla 3.17. RESUMEN DE RESULTADOS A UN METRO DE PROFUNDIDAD	50
Tabla 3.18. RESUMEN DE RESULTADOS A DOS METRO DE PROFUNDIDAD ..	51

Tabla 3.19. RESUMEN DE RESULTADOS A TRES METRO DE PROFUNDIDAD	52
Tabla 4.1. Resultados $Q_{u,LL}$ y %H de suelos CL	53
Tabla 4.2. Resultados $Q_{u,LL}$ y %H de suelos CL-ML.....	56
Tabla 4.3. Resultados $Q_{u,LL}$ y %H de suelos CH.....	57
Tabla 4.4. Resultados $Q_{u,LL}$ y %H de suelos ML	58
Tabla 4.5. Resultados $Q_{u,LL}$ y %H de suelos MH.....	59
Tabla 4.6. Resultados $Q_{u,LL}$ y %H de suelos OL	60
Tabla 4.7. Resultados de Carga Última.....	61
Tabla 4.8. Cálculos previos.....	62
Tabla 4.9. Tabla de distribución de frecuencias.....	62
Tabla 4.10. Resultados del ensayo de compresión no confinada.....	65
Tabla 4.11. Cálculos previos para el intervalo de confianza	66
Tabla 4.12. Resultados dentro del (NC).....	67
Tabla 4.13. Muestra (Compresión no Confinada).....	68