

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LADRILLO MOLIDO EN
SUELOS ARCILLOSOS EN LOS PARAMETROS DE
RESISTENCIA CORTANTE”**

Por:

JHOAN MARCOS ACKA QUISPE

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

Semestre II – 2025

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LADRILLO MOLIDO EN
SUELOS ARCILLOSOS EN LOS PARAMETROS DE
RESISTENCIA CORTANTE”**

Por:

JHOAN MARCOS ACKA QUISPE

Semestre II – 2025

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA:

La presente tesis va dedicada a DIOS, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres Selso Benegas y Elizaberh Quispe, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi padre Marco Antonio Acka Calle aunque no esté físicamente con nosotros desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga bien, a mis hermanas Grecia, Keyla, Maciel y mis sobrinos Benja, Maxi, Noah por sus palabras y compañía, a mis ingenieros mentores, a mis cumpitas, amigos, compañeros y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

DISEÑO TEÓRICO

	Página
1.1	Introducción..... 1
1.2	Justificación..... 2
1.3	Antecedentes..... 3
1.4	Planteamiento del problema 4
1.4.1	Situación problemática 4
1.4.2	Formulación del problema..... 5
1.4.3	Relevancia y factibilidad del problema 5
1.4.4	Delimitación temporal y espacial del problema 5
1.5	Objetivos..... 6
1.5.1	Objetivo General..... 6
1.5.2	Objetivos específicos..... 6
1.6	Formulación de la Hipótesis 6
1.7	Operacionalización de las variables 7
1.7.1	Conceptualización de la variable independiente 7
1.7.2	Conceptualización de la variable dependiente..... 7
1.8	Diseño metodológico..... 7
1.9	Alcance 7

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1	Marco conceptual 9
2.1.1	Investigación subsuelo y método de mejoramiento del terreno 9

2.2	Investigación del subsuelo y métodos de mejoramiento del terreno	¡Error! Marcador no definido.
2.3	Clasificación y descripción de los suelos	9
2.4	Distribución de tamaños de las partículas	10
2.5	Consistencia de las arcillas y límites de Atterberg	11
2.6	Clasificación de suelos	14
2.6.1	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	14
2.7	Compactación de suelos	15
2.8	Resistencia al corte	17
2.9	Ensayo de corta directo	18
2.10	Parámetros de resistencia cortante.....	19
2.11	Marco Normativo	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE DATOS

3.1	Criterios de diseño metodológico	22
3.1.1	Unidad de muestra	22
3.1.2	Población	22
3.1.3	Muestra	22
3.2	Enfoque de trabajo.....	23
3.3	Determinación de la zona de muestreo.....	23
3.3.1	Extracción de muestras de suelo.....	25
3.3.2	Extracción de muestras de suelo.....	26
3.4	Caracterización de suelos	27
3.4.1	Ensayo contenido de humedad ASTM D2216	27
3.4.2	Análisis granulométrico ASTM D422 AASHTO T88	29

3.4.3	Determinación del límite líquido y límite plástico ASTM D4318	33
3.4.4	Clasificación de los suelos ASTM D2487.....	39
3.5	Ensayo de Compactación	39
3.6	Pruebas de corte directo CD (Consolidado Drenado) ASTM D3080	43

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1	Análisis cualitativo	54
4.2	Presentación de resultados a analizar	55
4.3	Análisis preliminar	56
4.3.1	Análisis según los diferentes porcentajes de ladrillo molido adicionado a muestra de arcilla	56
4.3.2	Análisis de resultados – Suelo con 16 % de ladrillo molido	59
4.4	Análisis cuantitativo	62
4.4.1	Estadística descriptiva	62
4.4.2	Análisis estadístico valores de cohesión.....	63

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES.....	71
5.2	RECOMENDACIONES	72

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A ENSAYOS DE LABORATORIO SUELO NATURAL

**ANEXO B ENSAYOS DE LABORATORIO CON ADICIÓN DEL 4% DE
LADRILLO MOLIDO**

**ANEXO C ENSAYOS DE LABORATORIO CON ADICIÓN DEL 8% DE
LADRILLO MOLIDO**

**ANEXO D ENSAYOS DE LABORATORIO CON ADICIÓN DEL 12% DE
LADRILLO MOLIDO**

**ANEXO E ENSAYOS DE LABORATORIO CON ADICIÓN DEL 16% DE
LADRILLO MOLIDO**

**ANEXO F ENSAYOS DE LABORATORIO CON ADICIÓN DEL 20% DE
LADRILLO MOLIDO**

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Clasificación de los suelos	10
Figura 2.2: Análisis granulométrico	11
Figura 2.3: Gráfica de plasticidad.....	12
Figura 2.4: Determinación del límite líquido.....	13
Figura 2.5: Determinación de límite plástico.....	13
Figura 2.6: Identificación de suelos.....	15
Figura 2.7: Compactación del suelo.....	16
Figura 2.8: Resistencia al corte.....	17
Figura 2.9: Corte directo	18
Figura 2.10: Prueba de corte directo y diagrama esquemático.	19
Figura 3.1: Ubicación punto de muestreo.....	24
Figura 3.2: Extracción de muestras	25
Figura 3.3: Banco de muestras.....	26
Figura 3.4: Determinación contenido de humedad.....	28
Figura 3.5: Lavado de suelo.....	30
Figura 3.6: Gráfica de granulometría suelo natural	31
Figura 3.7: Gráfica de granulometría con adición del 16% de ladrillo molido.	32
Figura 3.8: Materiales para la determinación de los límites de consistencia.....	33
Figura 3.9: Ensayo límite líquido	34
Figura 3.10: Ensayo límite plástico	35
Figura 3.11: Gráfica de límite líquido	36
Figura 3.12: Grafica de límite líquido con 16% de ladrillo	37

Figura 3.1:	Ensayo de compactación	40
Figura 3.2:	Gráfico de compactación suelo natural	41
Figura 3.3:	Gráfica de compactación con adición del 16% de ladrillo molido	42
Figura 3.4:	Equipo de corte directo	43
Figura 3.5:	Moldeado de muestras.....	44
Figura 3.6:	Verificación del equipo de corte directo.	44
Figura 3.7:	Muestra después del ensayo	45
Figura 3.8:	Lectura del ensayo de corte directo.....	45
Figura 4.1:	Valores de cohesión con % de ladrillo	57
Figura 4.2:	Ángulos de fricción con % de ladrillo	58
Figura 4.3:	τ_{ult} en función a % de ladrillo molido	58
Figura 4.4:	τ_{max} en función a % de ladrillo	59
Figura 4.5:	Valores de cohesión con adición del 16% de ladrillo molido	60
Figura 4.6:	Valores de ángulo de fricción con 16% de ladrillo molido	61
Figura 4.7:	Histograma y polígono de frecuencias	65
Figura 4.8:	Polígono de frecuencias acumuladas.....	66
Figura 4.9:	Histograma y polígono de frecuencias	68
Figura 4.10:	Polígono de frecuencias acumuladas.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1: Rangos de ángulos de fricción para suelos.....	20
Tabla 2.2: Resumen de datos estadísticos de cohesión y ángulo de fricción según la clasificación de suelo (SUCS).....	20
Tabla 3.1: Coordenadas de las zonas de extracción ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3.2: Contenido de humedad natural.....	28
Tabla 3.3: Contenido de humedad con adición de ladrillo molido.	29
Tabla 3.4: Resultados de contenidos de humedad.....	29
Tabla 3.5: Granulometría suelo natural.....	31
Tabla 3.6: Granulometría con adición del 16% de ladrillo molido	32
Tabla 3.7: Granulometrías.....	33
Tabla 3.8: Límite líquido suelo natura	36
Tabla 3.9: Límite plástico suelo natural	36
Tabla 3.10: Límite líquido con adición del 16% de ladrillo.....	37
Tabla 3.11: Límite plástico con adición del 16% de ladrillo.....	38
Tabla 3.12: Planilla resumen límites de Atterberg.....	38
Tabla 3.13: Planilla resumen clasificación de los suelos	39
Tabla 3.14: Compactación suelo natural	40
Tabla 3.15: Compactación con la adición del 16% de ladrillo.....	41
Tabla 3.16: Valores obtenidos de los ensayos de compactación.....	43
Tabla 3.17: Resultados de ensayos de corte directo con diferentes porcentajes de adición de ladrillo molido.	53

Tabla 3.18:	Resultados de corte directo con adición del 16% de ladrillo molido.....	53
Tabla 4.1:	Resumen de resultados de arcilla	55
Tabla 4.2:	Resultados con la adición del 16 % de ladrillo molido	56
Tabla 4.3:	Valores de cohesión y ángulos de fricción para análisis estadístico	63
Tabla 4.4:	Tabla de distribución de frecuencias	64
Tabla 4.5:	Tabla de distribución de frecuencias	67