

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

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES NECESARIAS DEL CAMBIO
VOLUMÉTRICO DE ARCILLAS INORGÁNICAS”**

Por:

ENZO FABIAN ORTIZ CALIZAYA

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 - 2021
TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA:

Dedicado a mis padres Edwin y Rita, quienes con mucho esfuerzo a través de los años me apoyaron incondicionalmente en mi proyecto más importante, mi profesión como Ingeniero Civil.

ÍNDICE

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Pág.

1.1 DISEÑO TEORICO.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.1.1 Situación problemática.....	3
1.1.1.2 Determinación del problema.....	3
1.1.2 Objetivos.....	4
1.1.2.1 Objetivo general.....	4
1.1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.1.3 Formulación de la hipótesis.....	4
1.1.3.1 Hipótesis.....	4
1.1.4 Identificación de variables.....	4
1.1.5 Conceptualización y operacionalización de las variables.....	5
1.1.6 Alcance de la investigación.....	6
Es una investigación con alcance explicativo o causal, que tiene un diseño experimental en la categoría cuasi experimento.	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Pág.

2.1 DISEÑO TEORICO.....	8
2.1.1 DETERMINACION DE LA LINEA DE INVESTIGACIÓN.....	8
2.1.1.1 Determinación de línea de estudio. Argumentos.....	8
2.1.1.2 Breve descripción de causales identificados.....	8
2.1.1.3 Identificación del Objeto de estudio.....	9
2.1.1.4 Determinación de la perspectiva de solución.....	9
2.2 CONSOLIDACIÓN DE LOS SUELOS.....	9
2.3 ANÁLISIS DE LA CONSOLIDACIÓN.....	11
2.3.1 Analogía del muelle (resorte).....	11
2.3.2 Comportamiento de las presiones respecto del tiempo.....	14
2.3.3 Consolidación primaria.....	15

2.3.4	Consolidación secundaria	16
2.4	CAUSAS DE LOS CAMBIOS DE VOLUMEN.....	17
2.5	ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN EN LABORATORIO.....	18
2.6	CICLOS DE CARGA Y DESCARGA DEL ENSAYO	23
2.6.1	Determinación del índice de compresibilidad (C_c).....	23
2.6.2	Determinación del índice de expansión (C_s)	25
2.6.3	Compresión y expansión de los suelos naturales	27
2.7	SUELOS ARCILLOSOS.....	27
2.7.1	Hidratación e Hinchamiento	28
2.7.2	Análisis por cribado	28
2.7.3	Contenido de humedad.....	30
2.7.4	Peso específico	31
2.8	LIMITES DE ATTERBERG	32
2.8.1	Límite líquido.....	32
2.8.2	Límite plástico.....	32
2.8.3	Índice de plasticidad (IP).	32

CAPITULO III

INFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN

	Pág.	
3.1	CRITERIOS DE DISEÑO METODOLÓGICO	34
3.1.1	Componentes.....	34
3.1.2	Métodos y técnicas empleadas	34
3.1.3	Identificación del tipo del diseño de investigación.	36
3.1.4	Unidades de estudio y decisión muestral.	36
3.1.5	Unidad de estudio o muestreo.	36
3.1.6	Población y muestra.	36
3.1.7	Selección de las técnicas de muestreo.....	37
3.1.8	Esquema de actividades en función al procedimiento definido por la perspectiva.....	38
3.2	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MUESTRAS	39
3.2.1	Toma de Muestras	41

3.2.2	Equipo Utilizado	41
3.2.3	Procedimiento de extracción de la muestra.....	41
3.3	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS.....	43
3.4	ENSAYOS	43
3.5	INTRODUCCIÓN	47
3.6	OBJETIVO	48
3.7	SUELO A UTILIZAR.....	48
3.8	MATERIALES UTILIZADOS.....	48
3.9	EQUIPOS UTILIZADOS.....	49
3.10	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE CARGA Y DESCARGA	49
	3.11 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE CARGA Y DESCARGA PLICANDO EL MÉTODO TAYLOR	55

CAPITULO IV

TRABAJO DE GABINETE

Pág.

4.1	EXPANSIÓN EN 24 HORAS DE SATURACIÓN (SIN CARGA)	91
4.2	COMPRESIÓN EN EL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN (CARGA)	94
4.3	EXPANSIÓN EN EL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN (DESCARGA)	98
4.4	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS, REALIZANDO COMPARACIONES ENTRE LOS TRES TIPOS DE SUELOS	102
4.4.1	Comparación de resultados	102
4.5	ESTADISTICA INFERENCIAL.....	103
4.5.1	Determinación de los errores medios y valor aceptado (compresión)	103
4.5.2	Determinación de los errores medios y valor aceptado (expansión).....	105
4.6	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	107

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Pág.

5.1 CONCLUSIONES.....	112
5.2 RECOMENDACIONES.....	113

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1 : Operación de variables.....	6
Tabla N° 2 : Comprensión y expansión de de suelos.	27
Tabla N°3 : Peso específico relativo de diferentes suelos.	31
Tabla N° 4 : Indicación de la plasticidad de los suelos.	33
Tabla N° 5 : Contenido de humedad de las muestras.	44
Tabla N° 6 : Granulometría muestra barrio Fray Quebracho.	44
Tabla N° 7 : Granulometría del barrio Moto Méndez.	45
Tabla N° 8 : Granulometría muestra barrio Lourdes.	45
Tabla N° 9 : Clasificación.	45
Tabla N°10 : Límites.	47
Tabla N°11 : Expansión por saturación.....	91
Tabla N°12 : Expansión por saturación.....	92
Tabla N°13 : Expansión por saturación.....	93
Tabla N°14 : Compresión por carga.....	95
Tabla N°15 : Compresión por carga.....	96
Tabla N°16 : Compresión por carga.....	97
Tabla N°17 : Compresión por carga.....	99
Tabla N°18 : Compresión por carga.....	100
Tabla N°19 : Compresión por carga.....	101
Tabla N°20 : Comparación de resultados.....	102
Tabla N°21 : Media de la media de las tres variables independientes.	103
Tabla N°22 : Media de la media de las tres variables dependientes.	105

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1 : Muelle resorte-ejemplo físico.....	12
Figura N°2 : Analogía hidromecánica del estado inicial.....	12
Figura N°3 : Analogía del muelle resorte.....	13
Figura 4	14

Figura N°5 : Diagrama de consolidometro.	19
Figura N°6 : Tiempo-deformación durante la consolidación.	19
Figura N°7 : Cambio de altura del espécimen en una prueba de consolidación unidimensional.	20
Figura N°8 : Hidratación e hinchamiento.	28
Figura N°9 : Extracción de material.	42
Figura N°10 : Contenido de humedad natural.	43
Figura N°11 : Clasificación de arcillas.	46
Figura N°12 : Límite líquido y plástico.	46
Figura N°13 : Extracción de muestra de un punto en estudio.	48
Figura N°14 : Consolidometro Whikeham Farrance (molde circular).	49
Figura N°15 : Obtención de molde.	50
Figura N°16 : Medición de muestras.	50
Figura N°17 : Determinación del contenido de humedad.	51
Figura N°18 : Ensamblado de las cajas de consolidación.	51
Figura N°19 : Ensamblado con el dispositivo de carga.	52
Figura N°20 : Aplicación de los incrementos de carga.	52
Figura N°21 : Lectura de extensómetro.	53
Figura N°22 : Peso seco de las muestras.	53
Figura N°23 : Calibración de frasco volumétrico.	54
Figura N°24 : Peso específico relativo de los suelos (densidad de los sólidos).	54

INDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica N°1 : Gráfica típica de e versus $\log \sigma'$	22
Gráfica N°2 : Determinación del índice de compresión.	24
Gráfica N°3 : Curva de carga.	25
Gráfica N14 : Curva de carga y descarga.	26
Gráfica N°5 : Curva de carga y descarga.	26
Gráfica N°6 : Curvas de distribución del tamaño de partículas.	30
Gráfica N°7 : Curva de compresión suelo CL - muestra 9.	94
Gráfica N°8 : Curva de compresión y expansión suelo OL - muestra 35.	98