

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DEPARTAMENTO DE
TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA EXPANSIÓN
MEDIANTE MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS”**

POR:

PATRICIA LOURDES ORTEGA CONDORI

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

SEMESTRE II de 2017

TARIJA – BOLIVIA

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

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA EXPANSIÓN
MEDIANTE MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS”

POR:

PATRICIA LOURDES ORTEGA CONDORI

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

SEMESTRE II de 2017

TARIJA – BOLIVIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad de la autora.

DEDICATORIA:

A mis padres: Graciela Condori
Ríos y Federico Ortega Garzón.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por la vida, a mis padres por su apoyo incondicional en todo momento, a la U.A.J.M.S. especialmente a mi docente tutor Ing. Trinidad y a mis distinguidos tribunales.

ÍNDICE

Página

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.....	1
Marco conceptual.....	2
Marco Normativo.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Identificación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.5.1 Definición de variables independientes y dependientes.....	4
Variables independientes.....	4
Variable dependiente.....	4
1.6 Alcance de la investigación.....	5
1.7 Metodología de estudio.....	6
1.7.1 Unidad de estudio.....	6
1.7.2 Población.....	7
1.2.3 Selección de las muestras.....	7

CAPÍTULO II EXPANSIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

2.1 Suelo.....	9
----------------	---

2.1.1 Arcillas.....	9
2.1.2 Plasticidad.....	13
2.1.3 Actividad de las arcillas.....	14
2.1.4 Suelos expansivos.....	16
2.2 Expansión.....	18
2.2.1 Ensayo S0604. Expansión unidimensional, contracción y presión de levantamiento en mezclas de suelo-cal (ASTMD3877).....	25
2.2.2 Índice de expansión y potencial de expansión.....	36
2.3 Estabilización.....	38
2.3.1 Estabilización química.....	39
2.3.2 Estabilización con cal.....	39
2.3.3 Estabilización con cemento.....	42
2.4 Análisis del comportamiento de la expansión mediante la estabilización química del suelos.....	45

CAPÍTULO III ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA EXPANSIÓN DEL SUELO Y SUELO TRATADO

3.1 Reconocimiento y ubicación del sitio de estudio.....	48
3.2 Muestreo y caracterización.....	49
3.2.1 Selección de la Muestra.....	49
3.2.2 Toma de Muestras.....	49
3.3 Ensayos de caracterización de materiales.....	51
3.3.1 Características del suelo.....	51
3.3.2 Características de la cal.....	52

3.3.3 Características del cemento.....	53
3.4 Preparación de especímenes.....	53
3.4.1 Diseño y elaboración de mezclas suelo-cal.....	54
3.4.2 Diseño y elaboración de mezclas suelo-cemento.....	54
3.5 Ejecución de ensayos de las mezclas.....	55
3.5.1 Límite líquido y límite plástico de mezclas suelo-cal.....	55
3.5.2 Límite líquido y límite plástico de mezclas suelo-cemento.....	57
3.5.3 Peso específico de mezclas suelo-cal y suelo-cemento.....	59
3.5.4 Análisis granulométrico por hidrómetro para mezclas suelo-cal y suelo-cemento.....	61
3.6 Ensayos de expansión.....	63
3.6.1 Expansión del suelo en estado puro.....	65
3.6.2 Expansión de mezclas suelo-cal.....	66
3.6.3 Expansión de mezclas suelo-cemento.....	67
3.7 Determinación del potencial de expansión.....	68
3.8 Comportamiento suelo-cal.....	68
3.9 Comportamiento suelo-cemento.....	71
3.10 Análisis económico de porcentajes óptimos.....	73
3.10.1 Análisis de costos de estabilización, con cal.....	73
3.10.2 Análisis de costos de estabilización, con cemento.....	76
3.11 Análisis comparativo de resultados.....	79
CAPÍTULO IV	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
Conclusiones.....	84

Recomendaciones.....85

BIBLIOGRAFÍA.....87

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1. Clasificación de suelos expansivo según el IP.....	22
Tabla N° 2. Clasificación de suelos expansivo según el LL.....	23
Tabla N° 3. Sistema de clasificación de suelos expansivos.....	24
Tabla N° 4. Clasificación del potencial expansivo de suelos (ASTDM D4829, 1988).....	24
Tabla N° 5. Proporción de cemento en estabilizaciones.....	45
Tabla N° 6. Dosificaciones realizadas con los agentes estabilizantes.....	46
Tabla N° 7. Ensayos de laboratorio para caracterización de la muestra de suelo puro.....	51
Tabla N° 8. Características iniciales del suelo en estado puro.....	52
Tabla N° 9. Características de la cal.....	52
Tabla N° 10. Características del cemento.....	53
Tabla N° 11. Especificaciones técnicas del cemento.....	53
Tabla N° 12. Resumen de ensayos de investigación.....	54
Tabla N° 13. Límite líquido muestras suelo-cal.....	56
Tabla N° 14. Límite plástico muestras suelo-cal.....	57
Tabla N° 15. Límite líquido muestras suelo-cemento.....	58
Tabla N° 16. Límite plástico muestras suelo-cemento.....	59
Tabla N° 17. Peso específico relativo, muestras suelo-cal.....	60
Tabla N° 18. Peso específico relativo, muestras suelo-cemento.....	61
Tabla N° 19. Contenido de arcilla, muestras suelo-cal.....	62
Tabla N° 20. Contenido de arcilla, muestras suelo-cemento.....	63

Tabla N° 21. Resumen de ensayos necesarios para determinar la expansión.....	63
Tabla N° 22. Resultados del potencial de expansión de las mezclas, mediante el ensayo de expansión unidimensional	68
Tabla N° 23. Variación de la expansión del suelo estabilizado con cal, según la actividad.....	68
Tabla N° 24. Variación de la expansión del suelo estabilizado con cal, según el potencial de expansión en base a ecuación 2.2	69
Tabla N° 25. Variación de la expansión del suelo estabilizado con cal, en base al ensayo de expansión unidimensional	69
Tabla N° 26. Variación de la expansión del suelo estabilizado con cemento, según la actividad.....	71
Tabla N° 27. Variación de la expansión del suelo estabilizado con cemento, según el potencial de expansión en base a ecuación 2.2.....	71
Tabla N° 28. Variación de la expansión del suelo estabilizado con cemento, en base al ensayo de expansión unidimensional	72
Tabla N° 29. Costo de estabilización con 3% de cal, para explanada de 1 km.....	74
Tabla N° 30. Precio unitario. Estabilización con 3% de cal.....	75
Tabla N° 31. Costo de estabilización con 8% de cemento, para explanada de 1 km..	77
Tabla N° 32. Precio unitario. Estabilización con 8% de cemento.....	78
Tabla N° 33. Resumen de resultados obtenidos.....	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Lámina de Silícica (tetraedro) y Lámina Alumínica (octaedro).....	10
Gráfico 2. Estructura laminar de suelos arcillosos.....	11
Gráfico 3. Esquema de fuerzas de doble capa.....	13
Gráfico 4. Carta de plasticidad de Casa Grande.....	14
Gráfico 5. Carta de la Actividad para clasificar la expansión de las arcillas.....	15
Gráfico 6. Representación gráfica del estado de saturación del suelo.....	19
Gráfico 7. Fisuras típicas leves en viviendas por efectos de la expansión.....	21
Gráfico 8. Fisura típica moderada en viviendas por efectos de la expansión.....	22
Gráfico 9. Fisuras típicas severas en viviendas por efectos de la expansión.....	22
Gráfico 10. Clasificación de suelos expansivos según Abduljauwad y Al-Sulaimani (1993).....	23
Gráfico11. Clasificación de suelos expansivos según Abduljauwad y Al-Sulaimani (1993).....	24
Gráfico 12. Detalle esquemático de colocación del espécimen para ensayo de expansión.....	36
Gráfico 13. Ubicación del sitio de estudio. Villa Olímpica, ciudad de Tarija.....	48
Gráfico 14. Toma de muestras.....	50
Gráfico 15. Copa de Casagrande para ensayo de límite líquido.....	55
Gráfico 16. Imágenes del ensayo límite líquido.....	56
Gráfico 17. Ensayo de límite plástico.....	57
Gráfico 18. Ensayo de Peso específico.....	59
Gráfico 19. Ensayo granulométrico-Hidrómetro de arcilla pura y mezclas.....	62

Gráfico 20. Ensayo granulométrico-Hidrómetro. Mezcla suelo-cal y arcilla pura secado al horno.....	62
Gráfico 21. Ensayo de expansión unidimensional en consolidómetro.....	64
Gráfico 22. Colocación de muestras para ensayo de expansión unidimensional.....	64
Gráfico 23. Muestra prismática para ensayo de expansión unidimensional.....	65
Gráfico 24. Muestra recuperada al final del ensayo de expansión unidimensional....	66
Gráfico 25. Representación gráfica del comportamiento del suelo estabilizado con cal, de tabla 24.....	69
Gráfico 26. Representación gráfica del comportamiento del suelo estabilizado con cal, de tabla 25.....	70
Gráfico 27. Representación gráfica de la variación de las características plásticas del suelo estabilizado con cal.....	70
Gráfico 28. Representación gráfica del comportamiento del suelo estabilizado con cemento, de tabla 27.....	71
Gráfico 29. Representación gráfica del comportamiento del suelo estabilizado con cemento, de Tabla 28.....	72
Gráfico 30. Representación gráfica de la variación de las características plásticas del suelo estabilizado con cemento.....	72
Gráfico 31. Comparación del “ IP ” del suelo estabilizado con cal y cemento.....	80
Gráfico 32. Comparación de la expansión “ S ” del suelo estabilizado con cal y cemento. Obtenida mediante ecuación empírica.....	81
Gráfico 33. Comparación de la expansión “ A ” del suelo estabilizado con cal y cemento. Obtenida mediante el ensayo de expansión unidimensional.....	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I: Guías de laboratorio

Anexo II: Memoria de laboratorios

Anexo III: Varios