

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



“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL USO DE ADITIVOS EN LAS ACCIONES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS EXPANSIVOS”

Por:

EDSON FAVIO ECHENIQUE FIGUEROA

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

Semestre I - 2019

Tarija – Bolivia

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE “CIENCIAS Y TECNOLOGÍA”

CARRERA DE “INGENIERÍA CIVIL”

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL USO DE ADITIVOS EN LAS ACCIONES
FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS EXPANSIVOS”**

Por:

EDSON FAVIO ECHENIQUE FIGUEROA

PROYECTO DE GRADO II – CIV 502

Semestre I - 2019

Tarija – Bolivia

DEDICATORIA:

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a dios por brindarme el regalo de la vida y permitirme alcanzar mis metas siendo mi fortaleza en los momentos difíciles. A mis padres; Edgar Echenique Castillo y Elva Figueroa por su sacrificio, amor, apoyo, confianza y ser ejemplo de perseverancia en mi vida.

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a dios por cuidarme y protegerme siempre, darme la salud, sabiduría y entendimiento para alcanzar este logro, a mis padres por su apoyo moral e incondicional, y darme la oportunidad de educación desde mi infancia; a mis hermanos por su ayuda.

**CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN**

1.1.	ANTECEDENTES	14
1.2.	Situación problemática	15
1.2.1.	Problema de investigación	16
1.2.2.	Relevancia y factibilidad del problema	16
1.2.3.	Delimitación temporal y espacial del problema	17
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4.	OBJETIVOS.....	18
1.4.1.	Objetivo general.....	18
1.4.2.	Objetivos específicos	18
1.5.	HIPÓTESIS	18
1.6.1.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	19
1.6.1.	Variable independiente	19
1.6.2.	Variable dependiente	19
1.7.	Identificación del tipo de investigación.....	19
1.8.	UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL	19
1.8.1.	Unidad de estudio	19
1.8.2.	Población	20
1.8.3.	Muestra	20
1.8.4.	Selección de las técnicas de muestreo	20
1.10.	Métodos y técnicas empleadas.....	21
1.9.1.	Métodos	21
1.9.2.	Técnicas	21
1.10.	Procesamiento de la información.....	21
1.11.	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.12.	Productos esperados en correspondencia con el procedimiento de la perspectiva	22
1.12.1.	Resultados esperados	22

1.13.	Marco normativo.....	23
1.14.	Análisis económico.....	24
1.15.	Grado de aplicación	26
1.16.	Justificación del porcentaje de aditivo usado para el proyecto.....	26

CAPÍTULO II

SUELOS EXPANSIVOS Y SUS PROPIEDADES CON USO DE ADITIVOS

2.1.	SUELOS EXPANSIVOS	28
2.1.1.	Estabilidad volumétrica	29
2.1.2.	Resistencia	29
2.1.3.	Permeabilidad	30
2.1.4.	Compresibilidad.....	30
2.1.5.	Durabilidad	31
2.2.	FUNDAMENTOS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	31
2.2.1.	Aditivos usados en suelos expansivos	32
2.2.1.1.	Suelo – Suelo.....	32
2.2.1.2.	Suelo – Aceite sulfonado	33
2.2.1.3.	Suelo – Cemento	33
2.2.1.4.	Suelo – Cal	35
2.2.1.5.	Suelo – Cenizas volantes.....	36
2.3.	PROPIEDADES DE SUELO – CEMENTO	36
2.3.1.	Estabilidad volumétrica	36
2.3.2.	Durabilidad	37
2.3.2.1.	Comportamiento frente a heladas.....	38
2.3.2.2.	Comportamiento frente a agentes agresivos	38
2.3.3.	Permeabilidad	39
2.3.4.	Densidad	40
2.3.5.	Resistencia mecánica	41
2.3.6.	Desgaste	42

CAPÍTULO III

INFLUENCIA DEL CEMENTO EN SUELOS EXPANSIVO

3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	43
3.1.1.	Granulometría	43
3.1.2.	Límites de consistencia e índice de plasticidad del suelo	44
3.1.3.	Clasificación de suelo	45
3.2.	Compactación de suelo método estándar	45
3.3.	Rotura de probetas a compresión solo suelo	47
3.4.	Pérdida por adherencia de probetas solo suelo	48
3.5.	ENSAYOS REALIZADOS MEZCLAS SUELO-CEMENTO	49
3.5.1.	Compactación mezclas suelo-cemento	49
3.5.2.	Rotura de probetas suelo-cemento a compresión simple	50
3.5.3.	Pérdida por adherencia de probetas suelo-cemento	51
3.6.	Análisis de resultados	52

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	63
Recomendaciones	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N°1. Resistencia a compresión simple suelos estabilizados con cal.....	24
Figura N°2. Variación de la resistencia a compresión mezcla suelo cemento.....	24
Figura N°3. Resistencia a compresión simple mezcla emulsión asfáltica con suelo...	25
Figura N°4. Resistencia a compresión simple (Mpa).....	53
Figura N°5. Reducción de la resistencia a compresión simple (Mpa).....	55
Figura N°6. Reducción de la pérdida por adherencia (%)	57
Figura N°7. Aumento de la pérdida por adherencia (%)	59
Figura N°8. Variación de la resistencia a compresión simple (Mpa).....	61
Figura N°9. Variación de la adherencia (%).....	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Cantidad de ensayos de laboratorio.....	19
Tabla 2. Tamaño y muestra.....	20
Tabla 3. Comparación de la resistencia a compresión simple (kg/cm ²).....	25
Tabla 4. Precio de referencia de aditivos.....	25
Tabla 5. Contenido típico de cemento para varios tipos de suelos	26
Tabla 6. Porcentaje de cemento a probar inicialmente en diferentes tipos de suelos	27
Tabla 7. Caracterización del suelo.....	45
Tabla 8. Rotura de probetas solo suelo.....	47
Tabla 9. Pérdida por adherencia método de raspado solo suelo.....	48
Tabla 10. Resultados de compactación mezclas de suelo-cemento.....	49
Tabla 11. Resistencia media a compresión simple.....	50
Tabla 12. Pérdida por adherencia método de raspado probetas suelo cemento.....	51
Tabla 13. Resistencia a compresión simple de probetas analizadas (Mpa.).....	52
Tabla 14. Resistencia a compresión simple de probetas analizadas en porcentaje.....	52
Tabla 15. Pérdida por adherencia de probetas analizadas en porcentaje.....	52

ÍNDICE FOTOGRÁFICO

	Página
Foto N°1: Ubicación de la zona de extracción de suelo.....	17
Foto N°2: Tamizado de suelo.....	43
Foto N°3: Aparato Casagrande para el LL.....	44
Foto N°4: Obtención del límite plástico.....	44
Foto N°5: Equipo para compactación T-99.....	46
Foto N°6: Compactación de suelo molde T-99.....	46
Foto N°7: Humedecimiento del suelo.....	46
Foto N°8: Rotura de probeta solo suelo N°1.....	47
Foto N°9: Rotura de probeta solo suelo N°2.....	47
Foto N°10: Desgaste de probetas solo suelo método de raspado.....	48
Foto N°11: Mezcla suelo cemento al 3%.....	49
Foto N°12: Mezcla suelo cemento al 8%.....	49
Foto N°13: Rotura de probeta S-C al 5%.....	50
Foto N°14: Rotura de probeta S-C al 8%.....	50
Foto N°15: Desgaste de probetas S-C al 8% método de raspado.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I Ensayos de granulometría y contenido de humedad suelo puro.

Anexo II Ensayos de límites de consistencia suelo puro.

Anexo III Ensayos de compactación suelo puro.

Anexo IV Ensayos de compactación mezcla suelo-cemento.

Anexo V Ensayos de compresión simple suelo puro.

Anexo VI Ensayos de compresión simple probetas de control mezcla suelo-cemento.

Anexo VII Ensayos de compresión simple para congelamiento deshielo mezcla.

Anexo VIII Ensayos de compresión simple para aguas agresivas mezcla suelo-cemento.

Anexo IX Ensayos de adherencia probetas de control mezcla suelo-cemento.

Anexo X Ensayos de adherencia probetas para congelamiento deshielo mezcla.

Anexo XI Ensayos de adherencia probetas para aguas agresivas mezcla suelo-cemento.