

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



**“ESTABILIZACIÓN DE CAPAS SUBRASANTES FINAS CON EMULSIONES
ASFÁLTICAS”**

Por:

JAIME WILMAR CHAVEZ GARECA

Semestre I - 2022

TARIJA-BOLIVIA

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

**“ESTABILIZACIÓN DE CAPAS SUBRASANTES FINAS CON EMULSIONES
ASFÁLTICAS”**

Por:

JAIME WILMAR CHAVEZ GARECA

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV-502

Semestre I - 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia mi madre Margarita Gareca Vides, mi padre Eduardo Chávez Cari, mis hnos. y a mi esposa e hijo. Ya que fueron la fortaleza para seguir adelante gracias a su apoyo y dedicación.

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Situación problémica.....	2
1.2.1. Problema.....	3
1.2.2. Relevancia y factibilidad del problema.....	3
1.2.3. Delimitación temporal y espacial del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	5
1.6. Operacionalización de las variables.....	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente.....	6
1.7. Identificación del tipo de investigación.....	6
1.8. Unidades de estudio y decisión muestral.....	6
1.8.1. Unidad de estudio.....	6
1.8.2. Población.....	7
1.8.3. Muestra.....	7
1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo.....	7
1.9. Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.9.1. Métodos.....	7

1.9.2. Técnicas.....	8
1.10. Procesamiento de la información.....	8
1.11. Alcance de la investigación	10

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA ESTABILIZACIÓN

	Página
2.1. Suelos arcillosos	11
2.1.1. Arcillas	11
2.1.2. Características de las arcillas.....	12
2.1.3. Clasificación de las arcillas.....	12
2.1.4. Clasificación de los minerales arcillosos	12
2.1.5. Arcillas en la ingeniería civil	13
2.1.6. Incidencia de arcillas en obra viales.....	14
2.2. La subrasante	15
2.2.1. Categoría de la subrasante.....	16
2.2.2. Propiedades de la subrasante.....	18
2.2.3. Propiedades ingenieriles.....	20
2.3. Estabilidad del suelo	20
2.4. Importancia de la estabilización de suelos.....	22
2.5. Estabilización subrasante con emulsión asfáltica	23
2.6. Tipos de estabilización	25
2.6.1. Estabilización química o por medios químicos.....	26
2.7. Sustancia cementantes	27
2.7.1. Emulsión asfáltica	27
2.8. Prueba de hipótesis t.....	30

2.8.1. Prueba t de student para muestras independientes	30
2.8.2. Definición (Error estándar de diferencia entre medias)	31
2.8.3. Definición (Error estándar de diferencia entre medias estimado de muestras)....	31
2.8.4. Definición (Prueba de t).....	32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

	Página
3.1. Ubicación de la zona.....	31
3.2. Muestreo de materiales	33
3.2.1. Muestreo zona de estudio: Zona Entre Ríos.....	33
3.2.2. Muestreo zona de estudio: Barrio Los Chapacos	33
3.2.3. Muestreo zona de estudio: Av. Colon Barrio El Trigal.....	34
3.2.4. Selección de las emulsiones	35
3.3. Caracterización de los materiales a estabilizar	37
3.3.1. Análisis granulométrico (ASTM D 422 AASHTO T88).....	37
3.3.2. Límites de Atterberg (ASTM D4318 AASHTO T90-T89)	40
3.3.3. Contenido de Humedad y Clasificación.....	42
3.3.4. Compactación (AASHTO T-99/ ASTM D698).....	43
3.3.5. Relación de Soporte de California CBR (ASTM D 1883_ AASHTO T-193)..	46
3.4. Análisis del comportamiento del CBR con Emulsión asfáltica.....	51
3.4.1. Compactación (AASHTO T-99/ ASTM D698).....	51
3.4.2. Análisis del comportamiento del CBR con aplicación de % de emulsión óptimo.....	56
3.5. Análisis estadístico de los valores de CBR.....	64
3.6. Analisis de precios unitarios	70

3.6.1. Costos directos	70
3.6.2. Costos indirectos	71

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. Conclusiones.....	75
4.2. Recomendaciones	76

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

ANEXO B: COMPACTACIÓN Y CBR – NATURAL

ANEXO C: COMPACTACIÓN Y CBR – CSS1

ANEXO D: COMPACTACIÓN Y CBR – IMPRIMAX

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Variable independiente	5
Tabla 2. Variable dependiente.....	6
Tabla 3. Definición del tamaño de partículas.....	14
Tabla 4. Categoría de subrasante	17
Tabla 5. Escala granulométrica	18
Tabla 6. Resultados de granulometría de los suelos naturales	40
Tabla 7. Resultados correspondientes a la plasticidad de las muestras sin estabilizar	42
Tabla 8. Resultados correspondientes al contenido de humedad natural.....	42
Tabla 9. Clasificación de los suelos según AASHTO y SUCS.....	42
Tabla 10. Resultados del ensayo de compactación sin estabilizar	44
Tabla 11. Resultados del ensayo de CBR sin estabilizar	48
Tabla 12. Resultados del ensayo de Compactación con emulsiones asfálticas	56
Tabla 13. Resultados de CBR-Emulsión Asfáltica	63
Tabla 14. Resultados Análisis de precios unitarios con CSS-1	72
Tabla 15. Resultados Análisis de precios unitarios con IMPRIMAX	73

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema de planificación de actividades	9
Figura 2. Suelos arcillosos	11
Figura 3. La subrasante	15
Figura 4. Estructura típica de pavimentos.....	17
Figura 5. Clasificación sistema SUCS	19
Figura 6. Límites de consistencia.....	20
Figura 7. Estabilización en planta y estabilización in situ con cemento.....	22
Figura 8. Estabilización en subrasante	23
Figura 9. Emulsión asfáltica.....	27
Figura 10. Mapa de área de extracción de muestras N° 1: Barrio los Chapacos.....	31
Figura 11. Mapa de área de extracción de muestras N° 2: Av. Colon	32
Figura 12. Mapa de área de extracción de muestras N° 3: Entre Ríos	32
Figura 13. Zona de procedencia del material extraído: Muestra (Suelo Limoso Color Rojizo).....	33
Figura 14. Zona de procedencia del material extraído: Muestra (arcilla amarilla).....	34
Figura 15. Zona de procedencia del material extraído: Muestra (arcilla orgánica)	34
Figura 16. Ficha técnica emulsión IMPRIMAX	35
Figura 17. Ficha técnica emulsión CSS1	36
Figura 18. Lavando el suelo por la malla N°200.....	37
Figura 19. Tamizando y pesando lo que quedo retenido en cada malla	38
Figura 20. Realización del ensayo de límites de Atterberg.....	41
Figura 21. Proceso del ensayo de compactación.....	44
Figura 22. Proceso de inmersión y penetración del ensayo de CBR	47
Figura 23. Obtención del % de emulsión optima mediante compactación.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Granulometrías de los suelos a estabilizar	38
Gráfica 2. Granulometrías de los suelos a estabilizar	38
Gráfica 3. Granulometrías de los suelos a estabilizar	39
Gráfica 4. Curva de compactación de la zona N°1.....	45
Gráfica 5. Curva de compactación de la zona N°2.....	45
Gráfica 6. Curva de compactación de la zona N°3.....	46
Gráfica 7. Curva de Carga Vs Penetración de la zona N°1	48
Gráfica 8. Curva CBR-peso unitario de la zona N°1	49
Gráfica 9. Curva de Carga vs Penetración de la zona N°2.....	49
Gráfica 10. Curva CBR-peso unitario de la zona N°2	50
Gráfica 11. Curva de Carga vs Penetración de la zona N°3.....	50
Gráfica 12. Curva CBR-peso unitario de la zona N°3	51
Gráfica 13. Curva Densidad-Emulsión CSS1 de la zona N°1.....	53
Gráfica 14. Curva Densidad-Emulsión CSS1 de la zona N°2.....	53
Gráfica 15. Curva Densidad-Emulsión CSS1 de la zona N°3.....	54
Gráfica 16. Curva Densidad-Emulsión Imprimax de la zona N°1	54
Gráfica 17. Curva Densidad-Emulsión Imprimax de la zona N°2	55
Gráfica 18. Curva Densidad-Emulsión Imprimax de la zona N°3	55
Gráfica 19. Curva de Carga Vs Penetración de la zona N°1	56
Gráfica 20. Curva CBR-peso unitario de la zona N°1	57
Gráfica 21. Curva de Carga Vs Penetración de la zona N°2.....	57
Gráfica 22. Curva CBR-peso unitario de la zona N°2	58
Gráfica 23. Curva de Carga Vs Penetración de la zona N°3.....	58
Gráfica 24. Curva CBR-peso unitario de la zona N°3	59
Gráfica 25. Curva de Carga Vs Penetración (IMPRIMAX) de la zona N°1.....	59
Gráfica 26. Curva CBR-peso unitario de la zona N°1	60
Gráfica 27. Curva de Carga Vs Penetración (IMPRIMAX) de la zona N°2.....	60
Gráfica 28. Curva CBR-peso unitario de la zona N°2	61

Gráfica 29. Curva de Carga Vs Penetración (IMPRIMAX) de la zona N°361

Gráfica 30. Curva CBR-peso unitario de la zona N°362