

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



“COMPARACIÓN DE LA MEZCLA DE SUELOS CON CEMENTO PARA
MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCARIAS APLICADO AL TRAMO JUNACAS-
SANTA ROSA DE POLLA”

Por: ACOSTA LÓPEZ CAMILA

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

Semestre I - 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Se la dedico a mi familia en especial a mi madre por su apoyo incondicional en todos mis años de estudios, guiándome y apoyándome y sobre todo siendo un ejemplo enorme en mi vida, enseñándome que cada noche de desvelo no se compara con la satisfacción de lograr mis objetivos y en cada paso que di a lo largo de mi vida. A mi hermanito por darme ánimos todo el tiempo.

A mis dos gatos que me acompañaron en cada desvelo que pasaba a lo largo de la carrera (Pancho (+) y Nicolás (+)) que si bien no pudieron estar en esta última etapa de mi vida lograron formar parte del proceso y acompañarme.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.2.1 Situación problemática	2
1.2.2 Problema.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos de la investigación.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis	5
1.6 Definición de variables independientes y dependientes	5
1.6.1 Variable independiente	5
1.6.2 Variable dependiente	6
1.7 Diseño metodológico.....	6
1.7.1 Unidad	6
1.7.2 Población	6
1.7.3 Muestra	7
1.7.4 Muestreo	7
1.8 Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.8.1 Selección de métodos y técnicas.....	8

1.8.2 Técnicas empleadas	8
1.9 Proceso de aplicación	9
1.10 Alcance	10

CAPITULO II

COMPARACIÓN DE LA MEZCLA DE SUELOS CON CEMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS Terciarias

	Página
2.1 Definición de suelo	11
2.2 Depósitos de suelo natural	12
2.3 Tamaño de partícula del suelo	12
2.4 Curva de distribución granulométrica	13
2.5 Consistencia del suelo	14
2.5.1 Limite liquido (LL).....	15
2.5.2 Limite plástico (LP).....	15
2.6 Compactación de suelos	16
2.6.1 Principio de compactación.....	17
2.6.2 Prueba Proctor modificada	18
2.7 Clasificación de suelo según AASHTO	20
2.8 CBR (California Bearing Ratio).....	22
2.8.1 Limitaciones del ensayo	24
2.9 Clasificación de carreteras.....	26
2.9.1 Primarias.....	26
2.9.2 Secundarias.....	26

2.9.3 Terciarias	26
2.10 Pavimento	26
2.11 Subrasante.....	27
2.12 Definición de cemento.....	29
2.13 Propiedades del cemento	30
2.13.1 Finura	30
2.13.2 Peso específico del cemento.....	31
2.14 Tipos de cemento Portland	31
2.15 Características del cemento Fancesa según su tipo	33
2.15.1 Cemento Fancesa IP-30 lider	34
2.15.2 Cemento Fancesa IP-30 superior.....	35
2.15.3 Cemento Fancesa IP-40.....	36
2.16 Estabilización de suelos.....	37
2.17 Estabilización física.....	37
2.18 Estabilización mecánica.....	38
2.19 Estabilización físico-química.....	38
2.20 Estabilización química.....	39
2.21 Estabilización de suelo-cemento en la actualidad	40
2.22 Estabilización con cemento	41
2.22.1 Clasificación del suelo-cemento.....	43
2.22.2 Contenido de cemento.....	44
2.22.3 Tipos de suelos para estabilizar con cemento	44
2.22.4 Especificaciones mínimas	45

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO EN EL TRAMO DE JUNACAS- SANTA ROSA DE POLLA

	Página
3.1 Ubicación.....	46
3.2 Características del lugar de la investigación.....	47
3.2.1 Extracción de la muestra de suelos.....	48
3.3 Caracterización de suelos	52
3.3.1 Granulometría de suelos	52
3.3.2 Límites de Atterberg.....	59
3.3.3 Clasificación de suelos	61
3.4 Caracterización del cemento.....	62
3.4.1 Finura del cemento	62
3.4.2 Peso específico del cemento	63
3.5 Ensayos de prueba y resultados.....	63
3.5.1 Compactación de suelo natural.....	63
3.5.2 CBR con suelo natural.....	66
3.5.3 Compactación de suelo con cemento.....	67
3.6 CBR de las mezclas de suelos con cemento	68

CAPITULO IV
ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

	Página
4.1 Análisis de resultados de clasificación de suelo	71
4.1.1 Análisis granulométrico.....	71
4.1.2 Límites de consistencia.....	72
4.1.3 Clasificación de suelo según norma AASHTO	72
4.2 Compactación de suelos (AASHTO T-99).....	73
4.2.1 CBR (AASHTO T-193).....	76
4.2.2 Análisis de precios unitarios.....	79
4.3 Comparación de resultados.....	81

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones.....	85
5.2 Recomendaciones	85

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I GRANULOMETRÍA DEL SUELO

ANEXO II LÍMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO

ANEXO III CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO

ANEXO IV COMPACTACIÓN DE SUELOS NATURAL

ANEXO V COMPACTACIÓN CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CEMENTO

ANEXO VI CBR DE SUELO NATURAL

ANEXO VII CBR CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CEMENTO

ANEXO VIII CBR CON PORCENTAJE OPTIMO DEL CEMENTO DEL 2%

ANEXO IX PRECIOS UNITARIOS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CEMENTO

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. 1. Valores de CBR según el tipo de suelo	2
Tabla 1. 2. Cuadro de Operacionalización	6
Tabla 2.1. Límites de tamaño de suelos separados	13
Tabla 2.2. Especificaciones de la prueba Proctor (Norma ASTM Prueba 1577)	19
Tabla 2.3. Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras	21
Tabla 2.4. Valores de CBR según el tipo de suelo	23
Tabla 2.5. Categorías de subrasante	28
Tabla 2.6. CBR de subrasante	29
Tabla 2.7. Clasificación y composición de los cementos	33
Tabla 2.8. Tipos de estabilización	37
Tabla 2.9. Cantidades de cemento requeridas	44
Tabla 3.1. Coordenadas de puntos de muestreo	50
Tabla 3.2. Granulometría del suelo P1	55
Tabla 3.3. Resultados de granulometría	56
Tabla 3.4. Límite Líquido	59
Tabla 3.5. Limite Plástico	60
Tabla 3.6. Resultados de límites de Atterberg	60
Tabla 3.7. Tabla resumen de límites de consistencia	60
Tabla 3.8. Finura del cemento	62
Tabla 3.9. Resultados de compactación del suelo natural	65
Tabla 3.10. Resultados de puntos de compactación	65

Tabla 3.11.	CBR de suelo natural	66
Tabla 3.12.	Compactación de suelo cemento diferentes porcentajes de cemento	67
Tabla 3.13.	CBR de suelo con diferentes porcentajes de cemento	69
Tabla 4.1.	Resumen de granulometría y clasificación de suelo	71
Tabla 4.2.	CBR de suelo natural	76
Tabla 4.3.	CBR con distintos porcentajes de cemento	78
Tabla 4.4.	Precios unitarios de cemento con 2% de cemento	80
Tabla 4.5.	Precios unitarios del cemento tanto en bolivianos como en dólares	81
Tabla 4.6.	Tabla resumen de mezclas de suelo-cemento al 2%	82

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2. 1. Suelo	11
Figura 2. 2. Desintegración mecánica y química del suelo	12
Figura 2. 3. Curva de Distribución Granulométrica	14
Figura 2. 4. Ensayo de limite liquido	15
Figura 2. 5. Elaboración de Limite Plástico	16
Figura 2. 6. Equipo de compactación en carreteras	16
Figura 2. 7. Principios de compactación	18
Figura 2. 8. Martillos utilizados en las pruebas Proctor estándar y modificada	20
Figura 2. 9. Moldes de ensayos de CBR	24
Figura 2. 10. CBR sumergido en el agua y sobrecargas que se utilizan	24
Figura 2. 11. Obtención de valores de carga y deformación en la prensa CBR	25
Figura 2. 12. Tipos de pavimento	27
Figura 2. 13. Bolsas de cemento Fancesa	29
Figura 2. 14. Tamizado de cemento por tamiz N°. 200	30
Figura 2. 15. Determinación del peso específico del cemento	31
Figura 2. 16. Cemento IP-30 líder	34
Figura 2. 17. Cemento IP-30 superior	35
Figura 2. 18. Cemento IP-40 superior	36
Figura 2. 19. Estabilización física	37
Figura 2. 20. Estabilización mecánica	38
Figura 2. 21. Estabilización mecánica	39
Figura 2. 22. Estabilización con cemento (estabilización química)	41
Figura 2. 23. Cemento extendido sobre la vía para la estabilización de suelo-cemento	42

Figura 3.1.	Mapa Político del Estado Plurinacional de Bolivia	46
Figura 3.2.	Mapa Político del Departamento de Tarija	46
Figura 3.3.	Mapa de Provincia Cercado Tarija Junacas-Santa Rosa de Polla	47
Figura 3.4.	Características de la zona de investigación	48
Figura 3.5.	Puntos de extracción de muestra	49
Figura 3.6.	Medición de la carretera cada 50 metros con wincha métrica	50
Figura 3.7.	Obtención de muestras de suelo en los diferentes puntos	51
Figura 3.8.	Subsanando los lugares de muestreo	51
Figura 3.9.	Cuartheador mecánico, suelo cuarteado de los distintos puntos	52
Figura 3.10.	Saturación del suelo, fino (platos) y grueso(bandejas)	52
Figura 3.11.	Lavado suelo granular tamiz N°. 10, material fino tamiz N°. 200	53
Figura 3.12.	Secado el material para posterior granulometría	53
Figura 3.13.	Tamizado para realizar granulometría material granular	54
Figura 3.14.	Tamizado para realizar granulometría material fino	54
Figura 3.15.	Finura del cemento	62
Figura 3.16.	Proceso peso específico del cemento	63
Figura 3.17.	Proceso de compactación	64
Figura 3.18.	Medición y obtención de muestra de compactación	64
Figura 3.19.	Mezclas de suelo-cemento para la compactación.	68
Figura 3.20.	Procedimiento de ensayo CBR	69
Figura 3.21.	Saturación y lecturación de CBR	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Grafico 1.1. Procedimiento de aplicación.	9
Grafico 3.1 Curvas granulométricas de suelos	55
Grafico 4.1. Curvas de compactación de suelo natural	73
Grafico 4.2. Curvas de compactación de suelo-cemento con diferentes % de cemento	74
Grafico 4.3. Variación de la humedad y densidad con el cemento	75
Grafico 4.4. Curvas de CBR del suelo natural carga-penetración	77
Grafico 4.5. Curva CBR-Peso unitario	77
Grafico 4.6. Variación de la resistencia de CBR de acuerdo a diferentes % de cemento	78
Grafico 4.7. Resumen de las resistencias del CBR al 2% de cemento	84