

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE ING. CIVIL



**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECANICO SUELO ARCILLA-
EMULSION ASFALTICA.”**

Por:

HERNÁN ALBERTO CORDERO MORALES

Julio de 2014

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIAS:

A Dios y a mi familia, por su amor,
porque creyeron en mí y me apoyaron
esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS:

A mi padre, a mi madre, a mis hermanos y toda mi familia que me apoyaron incondicionalmente.

El autor agradece en forma especial a Ing. Jhonny Mario Orgáz Fernández, por su valiosa asesoría y orientación durante su desarrollo.

A mi grupo de amigos denominados los ¡No Tobes! que siempre están ahí cuando uno los necesita.

PENSAMIENTO:

“La perseverancia es muy importante para el éxito. Y que si uno no se cansa de llamar a la puerta con el vigor y la paciencia necesarios, alguien le abrirá al final”

LONGFELLOW

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3. HIPÓTESIS.....	3
4. CAMPOS DE ACCIÓN.....	3
5. JUSTIFICACIÓN.....	3
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
7. ALCANCE.....	6
8. DISEÑO METODOLÓGICO.....	7
8.1 POBLACIÓN.....	7
8.2 MUESTRA.....	7
8.3 MUESTREO.....	7
8.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES.....	8
9. MEDIOS.....	8
10.MAPA CONCEPTUAL DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	9

CAPÍTULO II
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELO ARCILLA-EMULSIONES
ASFÁLTICAS

2.1 INTRODUCCIÓN.....	11
2.2 ARCILLAS.....	13
2.2.1 ORIGEN DE LAS ARCILLAS SILICATADAS.	16
2.2.2. CARACTERISTICAS DE LAS ARCILLAS CON ÓXIDOS HIDRATADOS DE HIERRO “Fe” Y ALUMINIO “Al”.....	19
2.2.3 ESTRUCTURA DE LOS MINERALES SILICATADOS DE LA ARCILLA.....	19
2.2.4 GRUPO DE LA ARCILLA KAOLINITA.	21
2.2.5 GRUPO DE LA ARCILLA MONTMORILLONITA	22
2.2.6 GRUPO DE LA ILLITA.....	23
2.2.7. ORIGEN DE LAS CARGAS NEGATIVAS DE LOS COLOIDES (MINERALES ARCILLOSOS).....	24
2.2.8 INTERCAMBIO CATIONICO.....	26
2.2.9 INTERCAMBIO DE ANIONES.....	28
2.2.10 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IÓNICO.....	29
2.2.11 FACTORES QUE REGULAN EL PODER DE INTERCAMBIO DE CATIONES.....	31
2.2.12 COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS EN PRESENCIA DE AGUA.....	32
2.2.13 FLOCULACIÓN Y DISPERSIÓN.....	35

2.2.14 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LA ARCILLA.....	36
2.2.15 IDENTIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS EXPANSIVAS.....	39
2.3. LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	40
2.3.1. TIPOS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	42
2.3.2. EMULSIONES CATIONICAS.....	42
2.3.3. ELABORACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	45
2.3.4 EQUIPO DE EMULSIFICACIÓN.....	45
2.3.5 PROCESO DE EMULSIFICACIÓN.....	46
2.3.6. PROPIEDADES BÁSICAS DE LAS EMULSIONES.....	48
2.3.7. ESTABILIDAD EN EL ALMACENAMIENTO.....	48
2.3.8. ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN ANTE LOS AGREGADOS PÉTREOS.....	50
2.3.9. ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES.....	51
2.3.10. LOS EMULSIFICANTES.....	52
2.3.11. ROTURA DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	54
2.3.12. CURADO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	56
2.3.13. FACTORES QUE AFECTAN LA ROTURA Y EL CURADO.....	57
2.3.14. ALMACENAMIENTO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	58
2.3.15. MANIPULACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	60
2.3.16. VENTAJAS DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	62
2.3.17. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	63
2.4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	64

2.4.1. TIPOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	65
2.4.2 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON MATERIAL BITUMINOSO.....	66
2.4.3. PRINCIPIOS DE LA ESTABILIZACIÓN BITUMINOSA.....	69
2.4.4. PROPIEDADES DEL SUELO QUE SE MEJORAN CON LAS TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN.....	71
2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	75
2.5.1. POBLACIÓN.....	76
2.5.2. MUESTRA.....	77
2.5.3. MUESTREO.....	78
2.5.4. VARIABLES Y ATRIBUTOS.....	78
2.5.5. FORMAS DE OBSERVAR A LA POBLACIÓN.....	79
2.5.6. DATOS ESTADÍSTICOS.....	81
2.5.7. MEDIDAS DE DISPERSIÓN.....	85

CAPÍTULO III

LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN SUELO-EMULSIÓN

3.1. UBICACIÓN DE MATERIALES.....	89
3.2.1 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO.....	91
3.2.1.1. ANÁLISIS DE LA HUMEDAD DEL SUELO.....	91
3.2.1.2. PESO ESPECÍFICO DEL SUELO ARCILLOSO.....	93
3.2.1.3. ANÁLISIS DE LA GRANULOMETRÍA.....	95
3.2.1.4. LÍMITES DE ATTERBERG.....	99
3.2.1.5 CLASIFICACIÓN DEL SUELO.....	103
3.2.1.6. COMPACTACIÓN.....	105

3.2.1.7. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR).....	109
3.2.1.8 COMPRESIÓN SIMPLE.....	119
3.2.2. FICHA TÉCNICA DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	126
3.2.3. ELABORACIÓN DE ESPÉCIMENES BRIQUETAS SUELO ARCILLA - EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	127

CAPÍTULO IV

INVESTIGACION SUELO-EMULSIÓN

4.1 DISEÑO DE INGENIERÍA.....	129
4.1.1 MEZCLAS DE SUELO-EMULSIÓN.....	131
4.2. PRUEBAS DE SUELO EMULSIÓN.....	131
4.2.1COMPACTACIÓN T-180 A DIFERENTES % DE EMULSIÓN.....	131
4.2.1.1. SUELO 1 A DIFERENTES % DE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	131
4.2.1.2. SUELO 2 A DIFERENTES % DE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	136
4.2.1.3. SUELO 3 A DIFERENTES % DE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	141
4.2.2 CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) A DIFERENTES % DE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	146
4.2.2.1. SUELO 1 EL PORTILLO AL 3 % DE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	146
4.2.2.2 CBR: SUELO 1 EL PORTILLO AL 5 % DE EMULSIÓN.....	149
4.2.2.3CBR: SUELO 1 EL PORTILLO AL 7 % DE EMULSIÓN.....	152
4.2.2.4CBR: SUELO 1 EL PORTILLO AL 9 % DE EMULSIÓN.....	155
4.2.2.5CBR: SUELO 1 EL PORTILLO AL 12% DE EMULSIÓN.....	158
4.2.2.6CBR: SUELO 2 FINAL COLÓN AL 3 % DE EMULSIÓN.....	161
4.2.2.7CBR: SUELO 2 FINAL COLÓN AL 5 % DE EMULSIÓN.....	164

4.2.2.8	CBR: SUELO 2 FINAL COLÓN AL 7 % DE EMULSIÓN.....	167
4.2.2.9	CBR: SUELO 2 FINAL COLÓN AL 9 % DE EMULSIÓN.....	170
4.2.2.10	CBR: SUELO 2 FINAL COLÓN AL 12 % DE EMULSIÓN.....	173
4.2.2.11	CBR: SUELO 3 TORRECILLAS AL 3 % DE EMULSIÓN	176
4.2.2.12	CBR: SUELO 3 TORRECILLAS AL 5 % DE EMULSIÓN.....	179
4.2.2.13	CBR: SUELO 3 TORRECILLAS AL 7 % DE EMULSIÓN.....	182
4.2.2.14	CBR: SUELO 3 TORRECILLAS AL 9 % DE EMULSIÓN.....	185
4.2.2.15	CBR: SUELO 3 TORRECILLAS AL 12 % DE EMULSIÓN.....	188
4.2.3.	COMPRESIÓN SIMPLE A DIFERENTES PORCENTAJES DE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	191
4.2.3.1	SUELO 1 AL 3 % DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	191
4.2.3.2	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 1 AL 5 % DE LA EMULSIÓN.....	193
4.2.3.3	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 1 AL 7 % DE LA EMULSIÓN.....	195
4.2.3.4	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 1 AL 9 % DE LA EMULSIÓN.....	197
4.2.3.5.	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 1 AL 12 % DE LA EMULSIÓN.....	199
4.2.3.6.	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 2 AL 3 % DE LA EMULSIÓN.....	201
4.2.3.7	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 2 AL 5 % DE LA EMULSIÓN.....	203
4.2.3.8.	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 2 AL 7 % DE LA EMULSIÓN.....	205
4.2.3.9.	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 2 AL 9 % DE LA EMULSIÓN.....	207
4.2.3.10.	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 2 AL 12 % DE LA EMULSIÓN.....	209
4.2.3.11.	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 3 AL 3 % DE LA EMULSIÓN.....	211
4.2.3.12.	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 3 AL 5 % DE LA EMULSIÓN.....	213
4.2.3.13.	COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 3 AL 7 % DE LA EMULSIÓN.....	215

4.2.3.14. COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 3 AL 9 % DE LA EMULSIÓN.....	217
4.2.3.15. COMPRESIÓN SIMPLE SUELO 3 AL 12 % DE LA EMULSIÓN.....	219
4.3. BRIQUETAS DE SUELO-EMULSIÓN ASFÁLTICA CON EL PORCENTAJE ÓPTIMO OBTENIDO DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	221
4.3.1 SUELO HIELO-DESHIELO.....	221
4.3.2 SUELO SATURADO-SECADO.....	222
4.3. RESULTADOS.....	224
4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	227
4.4.1 ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 1 (A-6) COMPACTACIÓN.....	227
4.4.2. ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 1 (A-6) “CBR”.....	228
4.4.3. ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 1 (A-6) COMPRESIÓN SIMPLE.....	230
4.4.4. ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 2 (A-7-6) COMPACTACIÓN.....	231
4.4.5. ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 2 (A-7-6) CBR.....	232
4.4.6. ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 2 (A-7-6) COMPRESIÓN SIMPLE.....	234
4.4.7. ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 3 (A-7-5) COMPACTACIÓN.....	235
4.4.8. ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 3 (A-7-5) CBR.....	236
4.4.9. ANÁLISIS GRÁFICAS SUELO 3 (A-7-5) COMPRESIÓN SIMPLE.....	238
4.5. COMPARACION DE GRAFICAS DE LOS 3 ARCILLAS JUNTAS.....	239
4.6. ANÁLISIS ESTADISTICO LAS BRIQUETAS SUELO ARCILLA % ÓPTIMO EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	243
4.6.1. SUELO HIELO-DESHIELO.....	243
4.6.1. SUELO SATURADO-SECADO.....	244
4.7. ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO	

ESTABILIZACION DE SUELOS.....	245
-------------------------------	-----

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	246
5.2. RECOMENDACIONES.....	247

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.....	249
-------------------	-----

ANEXOS

ÍNDICE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
------------------	---------------

CAPÍTULO II

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELO ARCILLA-EMULSIONES ASFÁLTICAS

FIGURA 2.1 Relación Suelo- Partículas- Minerales (Brade, 1962).....	14
FIGURA 2.1 La clasificación de arcillas.....	15
FIGURA 2.3 Condiciones generales para la formación de la Arcilla.....	18
FIGURA 2.4 Tetraedro con un átomo de Si en el centro.....	20
FIGURA 2.5 Octaedro con un átomo de Al en el centro.....	21
FIGURA 2.6 Estructura de la Kaolinita (Arcilla del tipo 1:1).....	21
FIGURA 2.7 Estructura de la Montmotillonita (Arcilla del tipo 2:1).....	22
FIGURA 2.8 Estructura de la Illita.....	23
FIGURA 2.9 Propiedades generales de los minerales arcillosos.....	25
FIGURA 2.10 Ionización radicales.....	25
FIGURA 2.11 Intercambio Catiónico.....	27

FIGURA 2.12 Intercambio Aniónico.....	28
FIGURA 2.13 Formación de la doble capa en tomo a un cristal de arcilla sumergida en agua a) Solución Diluida b) Solución Concentrada.....	34
FIGURA 2.14 Contenido aproximado de agua absorbida y superficie.....	35
FIGURA 2.15 Esquema representativo de la estructura de un suelo a) Estructura Floculada b) Estructura dispersa.....	36
FIGURA.2.16Es quema del proceso de destilación.....	40
FIGURA. 2.17 Diagrama esquemático de una emulsión.....	41
FIGURA 2.18 Amina grasa (diamina, amido-amina, imidazolina).....	43
FIGURA.2.19 Esquema Sumersión De Los Radicales En El Glóbulo De Asfalto.....	43
FIGURA.2.20 Planta para producir emulsión asfáltica.....	45
FIGURA. 2.21 Representación Esquemática De Las Emulsiones Aniónica Y Catiónica.....	52
FIGURA. 2.22 Proceso Inicial De Rompimiento De Una Emulsión.....	53
FIGURA 2.23 Estabilización de Suelos.....	65
FIGURA 2.24 Estabilización con asfalto.....	67
Figura2.25 -Tipos de moda.....	85

CAPÍTULO III

LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN SUELO-EMULSION

FIGURA 3.1. Limpieza de lugar para la extracción del suelo 1.....	89
FIGURA 3.2. Extracción del suelo 1.....	89
FIGURA 4.3. Limpieza del lugar para la extracción del suelo 2.....	90
FIGURA 3.4. Extracción del suelo 2.....	90

ÍNDICE TABLAS

CONTENIDO **PÁGINA**

CAPÍTULO II

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELO ARCILLA-EMULSIONES ASFÁLTICAS

TABLA 2.1 Clasificación de las Emulsiones Asfálticas.....	44
TABLA 2.2 Temperaturas de almacenamiento para emulsiones asfálticas.....	59

CAPÍTULO III

LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN SUELO-EMULSIÓN

TABLA 3.1 Contenido de humedad natural suelo 1.....	91
TABLA 3.2 Contenido de humedad natural suelo 2.....	92
TABLA 3.3 Contenido de humedad natural suelo 3.....	92
TABLA 3.4. Peso Específico Relativo Suelo 1.....	93
TABLA 3.5. Peso Específico Relativo Suelo 2.....	94
TABLA 3.6. Granulometría suelo 1.....	96
TABLA 3.7. Granulometría suelo 2.....	97
TABLA 3.8. Granulometría suelo 3.....	98
TABLA 3.9 Determinación Límite Líquido Suelo 1.....	100
TABLA 3.10. Límites de Atterberg Suelo 1.....	100
TABLA 3.11. Determinación Límite Líquido Suelo 2.....	101
TABLA 3.12. Límites de Atterberg suelo 2.....	101
TABLA 3.13. Determinación Límite Líquido Suelo 3.....	102
TABLA 3.14. Límites de Atterberg suelo 3.....	102
TABLA 3.15. Clasificación suelo método SUCS.....	103

TABLA 3.16. Granulometría Suelo 1.....	104
TABLA 3.17. Granulometría Suelo 2.....	104
TABLA 3.18. Granulometría Suelo 3.....	104
TABLA 3.19. Clasificación del suelo método AASTHO.....	105
TABLA 3.20. Compactación T-180 Suelo 1.....	106
TABLA 3.21. Compactación T-180 Suelo 2.....	107
TABLA 3.22. Compactación T-180 Suelo 3.....	108
TABLA 3. 23. Valores de Carga Unitaria.....	109
TABLA 3. 24. Determinación Contenido Humedad y Peso Unitario Suelo 1	
Para CBR.....	110
TABLA 3.25. Expansión Suelo 1.....	111
TABLA 3.26. Ensayo C.B.R. Suelo 1.....	111
TABLA 3.27. CBR VS Peso Unitario Suelo 1.....	111
TABLA 3.28. CBR al 100% y 95 % Suelo 1.....	112
TABLA 3. 29. Determinación Contenido Humedad y Peso Unitario Suelo 2	
Para CBR.....	113
TABLA 3.30. Expansión Suelo 2.....	114
TABLA 3.31. Ensayo C.B.R. Suelo 2.....	114
TABLA 3.32. CBR VS Peso Unitario Suelo 2.....	114
TABLA 3.33. CBR al 100% y 95 % Suelo 2.....	115
TABLA 3. 34. Determinación Contenido Humedad y Peso Unitario Suelo 3	
Para CBR.....	116
TABLA 3.35. Expansión Suelo 3.....	117

TABLA 3.36. Ensayo C.B.R. Suelo 3.....	117
TABLA 3.37. CBR VS Peso Unitario Suelo 3.....	117
TABLA 3.38. CBR al 100% y 95 % Suelo 3.....	118
TABLA 3.39. Resistencia a Compresión Simple Suelo 1.....	120
TABLA 3.40. Resistencia a Compresión Simple Suelo 2.....	122
TABLA 3.41. Resistencia a Compresión Simple Suelo 3.....	124
TABLA 3.42. Especificaciones Técnicas Emulsión Asfáltica.....	126

CAPÍTULO IV

INVESTIGACIÓN SUELO-EMULSION

TABLA 4.1. Dosificación para Compactación Arcilla-Emulsión Asfáltica.....	129
TABLA 4.2. Dosificación para CBR Arcilla-Emulsión Asfáltica.....	130
TABLA 4.3. Compactación T-180 Suelo 1 al 3% de Emulsión Asfáltica.....	131
TABLA 4.4. Compactación T-180 Suelo 1 al 5% de Emulsión Asfáltica.....	132
TABLA 4.5. Compactación T-180 Suelo 1 al 7% de Emulsión Asfáltica.....	133
TABLA 4.6. Compactación T-180 Suelo 1 al 9% de Emulsión Asfáltica.....	134
TABLA 4.7. Compactación T-180 Suelo 1 al 12 % de Emulsión Asfáltica.....	135
TABLA 4.8. Compactación T-180 Suelo 2 al 3% de Emulsión Asfáltica.....	136
TABLA 4.9. Compactación T-180 Suelo 2 al 5% de Emulsión Asfáltica.....	137
TABLA 4.10. Compactación T-180 Suelo 2 al 7% de Emulsión Asfáltica.....	138
TABLA 4.11. Compactación T-180 Suelo 2 al 9% de Emulsión.....	139
TABLA 4.12. Compactación T-180 Suelo 2 al 12% de Emulsión Asfáltica.....	140
TABLA 4.13. Compactación T-180 Suelo 3 al 3% de Emulsión.....	141
TABLA 4.14. Compactación T-180 Suelo 3 al 5% de Emulsión Asfáltica.....	142

TABLA 4.15. Compactación T-180 Suelo 3 al 7% de Emulsión Asfáltica.....	143
TABLA 4.16. Compactación T-180 Suelo 3 al 9% de Emulsión Asfáltica.....	144
TABLA 4.17. Compactación T-180 Suelo 3 al 12% de Emulsión.....	145
TABLA 4.18. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 1 al 3% de Emulsión.....	146
TABLA 4.19 Expansión del suelo 1 con el 3% de Emulsión Asfáltica.....	147
TABLA 4.20. CBR. Suelo 1 al 3 % de la emulsión asfáltica.....	147
TABLA 4.21.CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 3 % de Emulsión.....	147
TABLA 4.22. CBR al 100% y 95 % Suelo 1 al 3% de la Emulsión.....	148
TABLA 4.23. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 1 al 5% de Emulsión.....	149
TABLA 4.24. Expansión del suelo 1 con el 5% de Emulsión Asfáltica.....	150
TABLA 4.25. CBR. Suelo 1 al 5 % de la emulsión asfáltica.....	150
TABLA 4.26. CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 5 % de Emulsión.....	150
TABLA 4.27. CBR al 100% y 95 % Suelo 1 al 5% de la Emulsión	151
TABLA 4.28. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 1 al 7% de Emulsión.....	152
TABLA 4.29. Expansión del suelo 1 con el 7% de Emulsión Asfáltica.....	153
TABLA 4.30. CBR. Suelo 1 al 7 % de la emulsión asfáltica.....	153
TABLA 4.31. CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 7 % de Emulsión.....	153
TABLA 4.32. CBR al 100% y 95 % Suelo 1 al 7% de la Emulsión.....	154
TABLA 4.33. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 1 al 9% de Emulsión.....	155

TABLA 4.34. Expansión del suelo 1 con el 9% de Emulsión Asfáltica.....	156
TABLA 4.35. CBR. Suelo 1 al 9 % de la Emulsión asfáltica.....	156
TABLA 4.36. CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 9 % de Emulsión.....	156
TABLA 4.37. CBR al 100% y 95 % Suelo 1 al 9% de la Emulsión	157
TABLA 4.38. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 1 al 12% de Emulsión.....	158
TABLA 4.39. Expansión del suelo 1 con el 12% de Emulsión Asfáltica.....	159
TABLA 4.40. CBR. Suelo 1 al 12 % de la Emulsión asfáltica.....	159
TABLA 4.41. CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 12 % de Emulsión.....	159
TABLA 4.42. CBR al 100% y 95 % Suelo 1 al 12% de la Emulsión.....	160
TABLA 4.43. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 2 al 3% de Emulsión.....	161
TABLA 4.44. Expansión del suelo 2 con el 3% de Emulsión Asfáltica.....	162
TABLA 4.45. CBR. Suelo 2 al 3 % de la Emulsión asfáltica.....	162
TABLA 4.46. CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 3 % de Emulsión.....	162
TABLA 4.47. CBR al 100% y 95 % Suelo 2 al 3% de la Emulsión.....	163
TABLA 4.48. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 2 al 5% de Emulsión.....	164
TABLA 4.49. Expansión del suelo 2 con el 5% de Emulsión Asfáltica.....	165
TABLA 4.50. CBR. Suelo 2 al 5 % de la Emulsión asfáltica.....	165
TABLA 4.51. CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 5 % de Emulsión.....	165
TABLA 4.52. CBR al 100% y 95 % Suelo 2 al 5% de la Emulsión.....	166
TABLA 4.53. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 2 al 7%	

de Emulsión.....	167
TABLA 4.54. Expansión del suelo 2 con el 7% de Emulsión Asfáltica.....	168
TABLA 4.55. CBR. Suelo 2 al 7 % de la Emulsión asfáltica.....	168
TABLA 4.56. CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 7 % de Emulsión.....	168
TABLA 4.57. CBR al 100% y 95 % Suelo 2 al 7% de la Emulsión.....	169
TABLA 4.58. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 2 al 9%	
de Emulsión.....	170
TABLA 4.59. Expansión del suelo 2 con el 9% de Emulsión Asfáltica.....	171
TABLA 4.60. CBR. Suelo 2 al 9 % de la Emulsión asfáltica.....	171
TABLA 4.61. CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 9 % de Emulsión.....	171
TABLA 4.62. CBR al 100% y 95 % Suelo 2 al 9% de la Emulsión.....	172
TABLA 4.63. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 2 al 12%	
de Emulsión.....	173
TABLA 4.64. Expansión del suelo 2 con el 12% de Emulsión Asfáltica.....	174
TABLA 4.65. CBR. Suelo 2 al 12 % de la Emulsión asfáltica.....	174
TABLA 4.66. CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 12 % de Emulsión.....	174
TABLA 4.67. CBR al 100% y 95 % Suelo 2 al 12% de la Emulsión.....	175
TABLA 4.68. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 3 al 3%	
de Emulsión.....	176
TABLA 4.69. Expansión del suelo 3 con el 3% de Emulsión Asfáltica.....	177
TABLA 4.70. CBR. Suelo 3 al 3 % de la Emulsión asfáltica.....	177
TABLA 4.71. CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 3 % de Emulsión.....	177
TABLA 4.72. CBR al 100% y 95 % Suelo 3 al 3% de la Emulsión.....	178

TABLA 4.73. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 3 al 5 % de Emulsión.....	179
TABLA 4.74. Expansión del suelo 3 con el 5 % de Emulsión Asfáltica.....	180
TABLA 4.75. CBR. Suelo 3 al 5 % de la Emulsión asfáltica.....	180
TABLA 4.76. CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 5 % de Emulsión.....	180
TABLA 4.77. CBR al 100% y 95 % Suelo 3 al 5 % de la Emulsión.....	181
TABLA 4.78. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 3 al 7 % de Emulsión.....	182
TABLA 4.79. Expansión del suelo 3 con el 7 % de Emulsión Asfáltica.....	183
TABLA 4.80. CBR. Suelo 3 al 7 % de la Emulsión asfáltica.....	183
TABLA 4.81. CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 7 % de Emulsión.....	183
TABLA 4.82. CBR al 100% y 95 % Suelo 3 al 7 % de la Emulsión.....	184
TABLA 4.83. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 3 al 9 % de Emulsión.....	185
TABLA 4.84. Expansión del suelo 3 con el 9 % de Emulsión Asfáltica.....	186
TABLA 4.85. CBR. Suelo 3 al 9 % de la Emulsión asfáltica.....	186
TABLA 4.86. CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 9 % de Emulsión.....	186
TABLA 4.87. CBR al 100% y 95 % Suelo 3 al 9 % de la Emulsión.....	187
TABLA 4.88. Contenido de Humedad y Peso Unitario Suelo 3 al 12 % de Emulsión.....	188
TABLA 4.89. Expansión del suelo 3 con el 12 % de Emulsión Asfáltica.....	189
TABLA 4.90. CBR. Suelo 3 al 12 % de la Emulsión asfáltica.....	189
TABLA 4.91. CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 12 % de Emulsión.....	189

TABLA 4.92. CBR al 100% y 95 % Suelo 3 al 12 % de la Emulsión.....	190
TABLA 4.93. Resistencia a Compresión Simple Suelo 1 al 3 % de Emulsión.....	191
TABLA 4.94. Resistencia a Compresión Simple Suelo 1 al 5 % de Emulsión.....	193
TABLA 4.95. Resistencia a Compresión Simple Suelo 1 al 7 % de Emulsión.....	195
TABLA 4.96. Resistencia a Compresión Simple Suelo 1 al 9 % de Emulsión.....	197
TABLA 4.97. Resistencia a Compresión Simple Suelo 1 al 12 % de Emulsión.....	199
TABLA 4.98. Resistencia a Compresión Simple Suelo 2 al 3 % de Emulsión.....	201
TABLA 4.99. Resistencia a Compresión Simple Suelo 2 al 5 % de Emulsión.....	203
TABLA 4.100. Resistencia a Compresión Simple Suelo 2 al 7 % de Emulsión.....	205
TABLA 4.101. Resistencia a Compresión Simple Suelo 2 al 9 % de Emulsión.....	207
TABLA 4.102. Resistencia a Compresión Simple Suelo 2 al 12 % de Emulsión....	209
TABLA 4.103. Resistencia a Compresión Simple Suelo 3 al 3 % de Emulsión.....	211
TABLA 4.104. Resistencia a Compresión Simple Suelo 3 al 5 % de Emulsión.....	213
TABLA 4.105. Resistencia a Compresión Simple Suelo 3 al 7 % de Emulsión.....	215
TABLA 4.106. Resistencia a Compresión Simple Suelo 3 al 9 % de Emulsión.....	217
TABLA 4.107. Resistencia a Compresión Simple Suelo 3 al 12 % de Emulsión....	219
TABLA 4.108. Dimensiones de las briquetas suelo-emulsión asfáltica	
Primer método.....	221
TABLA 4.109. Ciclos del % de Desgaste de las briquetas suelo-emulsión asfáltica	
Hielo-deshielo.....	221
TABLA 4.110. Dimensiones de las briquetas suelo-emulsión asfáltica	
Segundo Método.....	222
TABLA 4.111. Ciclos del % de Desgaste de las briquetas suelo-emulsión asfáltica	

Saturado-secado.....	223
TABLA 4.112. Cuadro de Resultados Suelo 1.....	224
TABLA 4.113. Cuadro de Resultados Suelo 2.....	225
TABLA 4.114. Cuadro de Resultados Suelo 3.....	226
TABLA 4.115 Análisis estadístico hielo-deshielo.....	243
TABLA 4.116. Análisis estadístico suelo saturado-secado.....	244
TABLA 4.117. Comparación de análisis de costos.....	245

ÍNDICE GRÁFICAS

CONTENIDO	PÁGINA
------------------	---------------

CAPÍTULO III

LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN SUELO-EMULSION

GRÁFICA 3.1 Curva Granulométrica Suelo 1.....	96
GRÁFICA 3.2. Curva Granulométrica Suelo 2.....	97
GRÁFICA 3.3. Curva Granulométrica Suelo 3.....	98
GRÁFICA 3.4 Determinación Límite Liquido Suelo 1.....	100
GRÁFICA 3.5. Determinación Límite Liquido Suelo 2.....	101
GRÁFICA 3.6. Determinación Límite Liquido Suelo 3.....	102
GRÁFICA 3.5. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima suelo 1.....	106
GRÁFICA 3.6. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima suelo 2.....	107
GRÁFICA 3.7. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima suelo 3.....	108
GRÁFICA 3.8. Curva Carga VS Penetración Suelo 1.....	112
GRÁFICA 3.9. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 1.....	112
GRÁFICA 3.10. Curva Carga VS Penetración Suelo 2.....	115

GRÁFICA 3.11. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 2.....	115
GRÁFICA 3.12. Curva Carga VS Penetración Suelo 3.....	118
GRÁFICA 3.13. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 3.....	118
GRÁFICA 3.14. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 1.....	121
GRÁFICA 3.15. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 2.....	123
GRÁFICA 3.16. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 3.....	125

CAPÍTULO IV

INVESTIGACIÓN SUELO-EMULSION

GRÁFICA 4.1. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 3 % suelo 1.....	131
GRÁFICA 4.2. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 5 % suelo 1.....	132
GRÁFICA 4.3. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 7 % suelo 1.....	133
GRÁFICA 4.4. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 9 % suelo 1.....	134
GRÁFICA 4.5. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 12 % suelo 1....	135
GRÁFICA 4.6. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 3 % suelo 2.....	136
GRÁFICA 4.7. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 5 % suelo 2.....	137
GRÁFICA 4.8. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 7 % suelo 2.....	138
GRÁFICA 4.9. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 9 % suelo 2.....	139
GRÁFICA 4.10. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 12 % suelo 2...	140
GRÁFICA 4.11. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 3 % suelo 3....	141
GRÁFICA 4.12. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 5 % suelo 3....	142
GRÁFICA 4.13. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 7 % suelo 3....	143
GRÁFICA 4.14. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 9 % suelo 3....	144
GRÁFICA 4.15. Curva Densidad Máxima Vs Humedad Óptima al 12 % suelo 3...	145

GRÁFICA 4.16. Curva Carga VS Penetración Suelo 1 al 3 % Emulsión.....	148
GRÁFICA 4.17. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 3 %	148
GRÁFICA 4.18. Curva Carga VS Penetración Suelo 1 al 5 % Emulsión.....	151
GRÁFICA 4.19. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 5 % de la Emulsión.....	151
GRÁFICA 4.20. Curva Carga VS Penetración Suelo 1 al 7% Emulsión.....	154
GRÁFICA 4.21. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 7 % de la Emulsión.....	154
GRÁFICA 4.22. Curva Carga VS Penetración Suelo 1 al 9% Emulsión.....	157
GRÁFICA 4.23. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 9 % de la Emulsión.....	157
GRÁFICA 4.24. Curva Carga VS Penetración Suelo 1 al 12% Emulsión.....	160
GRÁFICA 4.25. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 1 al 12 % de la Emulsión....	160
GRÁFICA 4.26. Curva Carga VS Penetración Suelo 2 al 3% Emulsión.....	163
GRÁFICA 4.27. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 3 % de la Emulsión.....	163
GRÁFICA 4.28. Curva Carga VS Penetración Suelo 2 al 5% Emulsión.....	166
GRÁFICA 4.29. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 5 % de la Emulsión.....	166
GRÁFICA 4.30. Curva Carga VS Penetración Suelo 2 al 7% Emulsión.....	169
GRÁFICA 4.31. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 7 % de la Emulsión.....	169
GRÁFICA 4.32. Curva Carga VS Penetración Suelo 2 al 9% Emulsión.....	172
GRÁFICA 4.33. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 9 % de la Emulsión.....	172
GRÁFICA 4.34. Curva Carga VS Penetración Suelo 2 al 12% Emulsión.....	175
GRÁFICA 4.35. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 2 al 12 % de la Emulsión....	175
GRÁFICA 4.36. Curva Carga VS Penetración Suelo 3 al 3% Emulsión.....	178
GRÁFICA 4.37. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 3 % de la Emulsión.....	178
GRÁFICA 4.38. Curva Carga VS Penetración Suelo 3 al 5 % Emulsión.....	181

GRÁFICA 4.39. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 5 % de la Emulsión.....	181
GRÁFICA 4.40. Curva Carga VS Penetración Suelo 3 al 7 % Emulsión.....	184
GRÁFICA 4.41. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 7 % de la Emulsión.....	184
GRÁFICA 4.42. Curva Carga VS Penetración Suelo 3 al 9 % Emulsión.....	187
GRÁFICA 4.43. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 9 % de la Emulsión.....	187
GRÁFICA 4.44. Curva Carga VS Penetración Suelo 3 al 12 % Emulsión.....	190
GRÁFICA 4.45. Curva CBR VS Peso Unitario Suelo 3 al 12 % de la Emulsión.....	190
GRÁFICA 4.46. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 1 al 3% Emulsión.....	192
GRÁFICA 4.47. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 1 al 5% Emulsión.....	194
GRÁFICA 4.48. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 1 al 7% Emulsión.....	196
GRÁFICA 4.49. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 1 al 9% Emulsión.....	198
GRÁFICA 4.50. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 1 al 12% Emulsión.....	200
GRÁFICA 4.51. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 2 al 3 % Emulsión.....	202
GRÁFICA 4.52. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 2 al 5 % Emulsión.....	204
GRÁFICA 4.53. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 2 al 7 % Emulsión.....	206
GRÁFICA 4.54. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 2 al 9 % Emulsión.....	208
GRÁFICA 4.55. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 2 al 12 % Emulsión.....	210
GRÁFICA 4.56. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 3 al 3 % Emulsión.....	212
GRÁFICA 4.57. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 3 al 5 % Emulsión.....	214
GRÁFICA 4.58. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 3 al 7 % Emulsión.....	216
GRÁFICA 4.59. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 3 al 9 % Emulsión.....	218
GRÁFICA 4.60. Curva Esfuerzo VS Deformación Suelo 3 al 12 % Emulsión.....	220
GRÁFICA 4.61. Densidad Máx. VS % Emulsión Asfáltica Suelo 1 (A-6).....	227

GRÁFICA 4.62. Expansión Suelo VS % Emulsión Asfáltica Suelo 1 (A-6).....	228
GRÁFICA 4.63. Comparación CBR al 100 % y 95 % del Suelo 1 (A-6).....	229
GRÁFICA 4.64. Resistencia a Comp. Simple VS % Emulsión Asfáltica- Suelo 1(A-6).....	230
GRÁFICA 4.65. Densidad Máx. VS % Emulsión Asfáltica Suelo 2 (A-7-6).....	231
GRÁFICA 4.66. Expansión Suelo VS % Emulsión Asfáltica Suelo 2 (A-7-6).....	232
GRÁFICA 4.67. Comparación CBR al 100 % y 95 % del Suelo 2 (A-7-6).....	233
GRÁFICA 4.68. Resistencia a Comp. Simple VS % Emulsión Asfáltica Suelo 2 (A-7-6).....	234
GRÁFICA 4.69. Densidad Máx. VS % Emulsión Asfáltica Suelo 3 (A-7-5).....	235
GRÁFICA 4.70. Expansión Suelo VS % Emulsión Asfáltica Suelo 3 (A-7-5).....	236
GRÁFICA 4.71. Comparación CBR al 100 % y 95 % del Suelo 3 (A-7-5).....	237
GRÁFICA 4.72. Resistencia a Comp. Simple VS % Emulsión Asfáltica Suelo 3 (A-7-5).....	238
GRÁFICA 4.73. Densidad Máx. VS % Emulsión Asfáltica (De los 3 Suelos).....	239
GRÁFICA 4.74. Expansión Suelo VS % Emulsión Asfáltica (De los 3 Suelos)....	240
GRÁFICA 4.75. Comparación CBR al 100 % y 95 % (De los 3 suelos).....	241
GRÁFICA 4.76. Resistencia a Comp. Simple VS % Emulsión Asfáltica (De los 3 suelos).....	242

ÍNDICE ANEXO COSTOS DE ESTABILIZACIÓN

CONTENIDO	PÁGINA
ANEXO 1 Presupuesto general estabilización suelo-suelo mejorado.....	i
ANEXO 2 Análisis precio unitario estabilización suelo-suelo mejorado.....	ii

ANEXO 3 Insumo materiales estabilización suelo-suelo mejorado.....	iii
ANEXO 4 Insumo mano de obra estabilización suelo-suelo mejorado.....	iii
ANEXO 5 Insumo maquinaria y equipo estabilización suelo-suelo mejorado.....	iv
ANEXO 6 Presupuesto general estabilización suelo-emulsión asfáltica.....	v
ANEXO 7 Análisis precio unitario estabilización suelo-emulsión asfáltica.....	vi
ANEXO 8 Insumo materiales estabilización suelo-emulsión asfáltica.....	vii
ANEXO 9 Insumo mano de obra estabilización suelo-emulsión asfáltica.....	vii
ANEXO 10 Insumo maquinaria y equipo estabilización Suelo-Emulsión Asfáltica.....	viii

ÍNDICE ANEXO FOTOGRAFICO

CONTENIDO	PÁGINA
FIGURA 1. Suelo húmedo.....	I
FIGURA 2. Método del alcohol.....	I
FIGURA 3. Lavado de la arcilla.....	II
FIGURA 4. Tamizado manual suelo seco.....	II
FIGURA 5. Suelo mas equipo casa grande limite líquido.....	III
FIGURA 6. Limite plástico.....	III
FIGURA 7. Suelo humedecido para compactación.....	IV
FIGURA 8. Compactación suelo T-180.....	IV
FIGURA 9. Medición de la expansión inicial antes de ser sometido al agua.....	V
FIGURA 10. Medición de la expansión cuarto día.....	V
FIGURA 11. Anillo del equipo cbr.....	VI
FIGURA 12. Suelo 1 molde 12 golpes sometido a la prensa c.b.r.....	VI

FIGURA 13. Mesclado arcilla-emulsión asfáltica.....	VII
FIGURA 14. Compactación arcilla-emulsión.....	VII
FIGURA 15. Mezcla arcilla-emulsión.....	VIII
FIGURA16. Compactación suelo y emulsión asfáltica.....	VIII
FIGURA17. Compactación suelo-emulsión asfáltica para las briquetas.....	IX
FIGURA18. Desmontaje de la briqueta con ayuda del Extractor de muestras.....	IX
FIGURA19. Briquetas realizadas hielo-deshielo.....	X
FIGURA20. Briquetas realizadas saturación.....	X