

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE LAS
SUBRASANTES DE TIPO FINO (LIMOS Y ARCILLAS)
MEDIANTE ESTABILIZADORES QUIMÍCOS (ION FOSFATO,
ION CALCIO Y EL ION SÍLICE)**

POR:

JUAN PABLO RUÍZ BALDIVIEZO

GESTION 2014

TARIJA – BOLIVIA

Las gracias quiero dar,

en primer lugar, a Dios por la vida y la salud,

por haberme iluminado con su Espíritu en el desarrollo de este trabajo.

Y agradecimientos muy especiales a mis padres: Rubén Ruiz y Rosario Baldivieso,

por su apoyo incondicional para mi formación profesional. Y a personas que de una y

Otra forma me dieron su apoyo desinteresado:

Brígida Fernández,

Lic. Julia Acosta

Ing. Vilma Cardoso

Encarg. Del Lab. (SEDECA) Ángel T.

¡Dios los bendiga!

ÍNDICE

Advertencia
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

CAPÍTULO I INTRODUCCION

	Página
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Variables.....	4
1.7. Alcance.....	4

CAPÍTULO II SUBRASANTES

2.1. Generalidades.....	7
2.2. Condiciones para la formación de subrasantes.....	9
2.3. Problemas en las subrasantes.....	10
2.4. Caracterización de suelos finos de la subrasante.....	11

2.5.	Factores que influyen en el comportamiento de la subrasante.....	13
2.5.1.	Tipo de suelo y sus propiedades	13
2.5.2.	Humedad y densidad.....	13
2.6.	Mejoramiento de subrasantes de suelos finos.....	13
2.6.1.	Descripción.	14
2.6.2.	Mejoramiento involucrando el suelo existente.....	14
2.7.	Estabilización de los suelos finos	18
2.7.1.	Procesos de tratamiento de suelos finos.....	18
2.7.2.	Sustitución por otro suelo	20
2.7.3.	Mezcla con otros suelos	21
2.7.4.	Re compactación de los suelos.....	22
2.7.5.	Control de las condiciones de humedad.....	23
2.7.6.	Mezcla con conglomerantes.....	24
2.7.7.	Mezcla con otros productos estabilizadores.....	25
2.8.	Ensayos de resistencia y deformabilidad	25

CAPÍTULO III

AGENTES QUIMÍCOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELO FINOS

3.1.	Introducción.....	32
3.2.	Agentes químicos con ion fosfato.....	32
3.2.1.	Fosfato diamónico.....	32
3.2.1.1	Obtención del agente.....	32

3.2.1.2	Características y composición química del agente.....	33
3.3.	Agentes químicos con ion fosfato.....	34
3.3.1.	Triple 16.....	34
3.3.1.1	Obtención del agente.....	35
3.3.1.2	Características y composición química del agente.....	36
3.4.	Agentes químicos con ion calcio e ion silice.....	36
3.4.1.	Polvo de Silo.....	36
3.3.1.3	Óbtención del agente.....	36
3.3.1.4	Características y composición del agente.....	36
3.5.	Mecanismos de interacción entre el suelo y los agentes.....	37
3.5.1.	Mecanismos de interacción limo-agente químico.....	37
3.5.2.	Mecanismos de interacción arcilla-agente químico.	38
3.6.	Ensayos y mezclas a realizar entre el suelo fino y el agente químico.	39
3.6.1.	Prueba de protor.....	39
3.6.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr)	39
3.7.	Análisis científico.....	40

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA

4	Aplicación práctica	43
4.1.	Caracterización de los materiales finos (limo) a estabilizar.	43
4.2.	Caracterización de los materiales finos (arcilla) a estabilizar.....	46
4.3.	Ion silicio y calcio (polvo de silo) empleada como estabilizante	49
4.3.1.	Ensayos de laboratorio suelo fino (arcilla)-polvo de silo para porcentajes de agente químico de 6% - 4% y 2%	49
4.3.1.1.	Prueba de proctor	49

4.3.1.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	50
4.3.2.	Ensayos de laboratorio suelo fino (limo)-polvo de silo para porcentajes de agente químico de 6% - 4% y 2%	51
4.3.2.1.	Prueba de proctor	51
4.3.2.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	52
4.4.	Ion fosfato (fosfato di amónico) empleado como estabilizante	53
4.4.1.	Ensayos de laboratorio suelo fino (arcilla)- fosfato di amónico para porcentajes de agente químico de 6% - 4% y 2%	53
4.4.1.1.	Prueba de proctor	53
4.4.1.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	54
4.4.2.	Ensayos de laboratorio suelo fino (limo)- fosfato di amónico para porcentajes de agente químico de 6% - 4% y 2%	55
4.4.2.1.	Prueba de proctor	55
4.4.2.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	56
4.5.	Ion fosfato (triple 16) empleado como estabilizante.....	57
4.5.1.	Ensayos de laboratorio suelo fino (arcilla) - triple 16 para porcentajes de agente químico de 6% - 4% y 2%	57
4.5.1.1.	Prueba de proctor	57
4.5.1.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	57
4.5.2.	Ensayos de laboratorio suelo fino (limo)-triple 16 para porcentajes de agente químico de 6% - 4% y 2%	59
4.5.2.1.	Prueba de proctor	59
4.5.2.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	59
4.6.	Ion silicio, calcio y fosfato (polvo de silo y fosfato di amónico) empleados como estabilizantes.....	61
4.6.1.	Ensayos de laboratorio suelo fino (arcilla)-polvo de silo y fosfato di amónico para porcentajes de agente químico de 6% - 4% y 2%.....	61
4.6.1.1.	Prueba de proctor	61
4.6.1.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	62

4.6.2.	Ensayos de laboratorio suelo fino (limo)-polvo de silo y fosfato di amónico para porcentajes de agente químico de 6% - 4% y 2%	63
4.6.2.1.	Prueba de proctor	63
4.6.2.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	64
4.7.	Ion silicio, calcio y fosfato (polvo de silo y triple 16) empleados como estabilizantes.....	66
4.7.1.	Ensayos de laboratorio suelo fino (arcilla)-polvo de silo y triple 16 para porcentajes de agente químico de 6% -4% y 2%	66
4.7.1.1.	Prueba de proctor	66
4.7.1.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	66
4.7.2.	Ensayos de laboratorio suelo fino (limo)-polvo de silo y triple16 para porcentajes de agente químico de 6% -4% y 2%	68
4.7.2.1.	Prueba de proctor	68
4.7.2.2.	Prueba de relación de soporte del suelo (cbr).....	68
4.8.	Influencia de los porcentajes 6%-4% y 2% en las combinaciones suelo-agente químico.....	70
4.9.	Influencia del costo en porcentajes de 6% de cbr agente químico-suelo.....	76
4.10.	Resumen de resultados	78
4.10.1.	Características de los materiales para la estabilizar	78
4.10.2.	Suelo – polvo de silo.....	78
4.10.3.	Suelo – fosfato di amónico.....	79
4.10.4.	Suelo – triple 16.....	80
4.10.5.	Suelo – polvo de silo-fosfato di amónico.....	81
4.10.6.	Suelo - polvo de silo-triple 16.....	81
4.11.	Análisis estadístico (prueba de relación de soporte del suelo cbr).....	82
4.12.	Reporte fotográfico.....	83

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	89
5.2.	Recomendaciones.....	96

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ANEXO 1. Caracterización de los suelos fino

1.1 Caracterización de la Arcilla

1.2 Caracterización del Limo

ANEXO 2. Ensayos de las mezclas realizadas SUELO-AGENTE QUIMICO

2.1. Ensayo de laboratorio de proctor ARCILLA-AGENTES QUIMICOS

2.2. Ensayos de laboratorio prueba de relación de soporte CBR ARCILLA-AGENTE QUIICO

2.3. Ensayo de laboratorio de proctor LIMO-AGENTES QUIMICOS

2.4 Ensayos de laboratorio prueba de relación de soporte CBR LIMO- AGENTE QUIICO

ANEXO 3. Gráficas y comparativas de los resultados obtenidos a utilizar.

ANEXO 4. Precios unitarios (costo vs Agente químico) para obtener 6% de CBR

4.1 Precios unitarios (Agente químico-Arcilla)

4.2 Precios unitarios (Agente químico-Limo)

4.3 Precios unitarios (Subrasante sin estabilizar)