

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



**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE
ESTABILIZADA CON “CAL-PUZOLANA”**

Por:

MANSILLA ONOFRE ÁNGELA JOANNA

DICIEMBRE 2012

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo especialmente a mi hijo ÁNGEL DANIEL, a mis padres JAVIER Y MERCEDES a mis hermanos LIMBANIA, LARISSA, ALEJANDRO, JAVIER, GARY, a mi futuro esposo JOSÉ ALBERTO FERNÁNDEZ, que en momentos de flaqueza me impulsaron a seguir adelante y a ser una mujer de bien para la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por el don
De la vida.

A mi compadre y
amigo Carlos Subia
por los consejos
dados en cada
momento que los
precisé.

Al personal de
SOCOBE El
Puente, por su
apoyo.

Al personal de
laboratorio de
Suelos y
Hormigones de la
U.A.J.M.S. por sus
consejos y
constante apoyo.

A todas las
personas que de
alguna forma me
ayudaron a llevar
adelante el presente
Estudio, a mi amiga
Lucy Pereyra por
sus palabras de
aliento que siempre
me dio, y en
especial a mi futuro
esposo JOSÉ
ALBERTO
FERNÁNDEZ.

PENSAMIENTO

Más vale ser paciente que valiente. Más vale vencerse uno mismo que conquistar ciudades.

Como el camino es terreno y está sembrado de espinas, motivo por el cual nuestro Dios ha dado al hombre 3 dones:

La sonrisa, los sueños y la esperanza.

ÍNDICE

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

Página

Introducción

Introducción	1
Justificación.....	2
Situación problemática	2
Determinación del problema	2
Descripción del problema	3
Planteamiento	3
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Alcance	4
Metodología	6

Página

Capítulo I Estado del Conocimiento

1.1. Subrasantes.....	7
1.1.1. Introducción.....	7

1.1.2. Condiciones generales para la formación de la subrasantes.....	7
1.1.3. Construcción de las subrasante	15
1.1.4. Los suelos como material de construcción de subrasantes.....	19
1.1.4.1. Subrasantes sobre suelos blandos	20
1.1.5. Control de calidad.....	20
1.2. Suelos arcillosos	23
1.2.1. Características.....	23
1.2.2. Tipos de arcillas	25
1.2.3. Efecto de las arcillas en obras civiles.....	26
1.3. Materiales y reacciones Puzolánicas.....	28
1.3.1. Materiales Puzolánicos.....	28
1.3.1.1. Origen e historia del término puzolana	28
1.3.2. Definiciones de puzolana	29
1.3.3. Tipos de Puzolanas	30
1.3.3.1. Tipos de Puzolanas Naturales	31
1.3.3.2. Tipos de Puzolanas Artificiales	32
1.3.4. Clasificación de puzolana en base a sus características	37
1.3.4.1. Origen.....	37
1.3.4.2. Composición química.....	38
1.3.5. Propiedades de la Puzolana	39
1.3.6. Usos del material puzolánico.....	39
1.3.7. La reacción puzolánica.....	41
1.4. Estabilización	41
1.4.1. Tipos de estabilización	44
1.4.2. Estabilización con cal.....	45

1.4.2.1. Introducción.....	45
1.4.2.2. Proceso de acción de la cal en un suelo	46
1.4.3. Puzolana como aditivo para su uso en la estabilización	48
1.4.4. Estabilización de suelo con la adición de puzolana-Cal	48

Página

Capítulo II Experimentación

2.1. Exploración y Muestreo	50
2.1.1. Ubicación de la zona.....	50
2.1.2. Realización del Muestreo	50
2.2. Preparación y ensayos del material.....	52
2.2.1. Ensayo del material a estabilizar	52
2.2.1.1. Análisis Granulométrico.....	52
2.2.1.2. Límites de Atterberg	53
2.2.1.3. Compactación	53
2.2.1.4. Ensayo de Valor Soporte California (CBR)	54
2.2.2. Clasificación	55
2.3. Puzolana empleada como estabilizante.....	56
2.3.1. Ensayos de laboratorio de la Puzolana.....	56
2.3.1.1. Análisis químico	56
2.3.1.2. Granulometría.....	57
2.3.1.3. Límites de Atterberg	58
2.3.1.4. Clasificación	58
2.3.1.5. Reconocimiento visual	60
2.3.2. Ensayos de Laboratorio Suelo-Puzolana.....	60

2.3.2.1. Límites de Atterberg	60
2.3.2.2. Compactación	61
2.3.2.3. Ensayo de Valor Soporte California (C. B. R.)	61
2.4. Ensayos de laboratorio del Suelo-Cal	62
2.4.1. Límites de Atterberg	62
2.4.2. Compactación	63
2.4.3. Ensayo de Valor Soporte California (C. B. R.)	64

Página

Capítulo III Análisis de los resultados

3.1. Histogramas comparativos de cal y puzolana	65
3.2. Histogramas comparativos entre el suelo puro y la puzolana	66
3.3. Ensayos de laboratorio del Suelo con adición Cal-puzolana	68
3.3.1. Límites de Atterberg	69
3.3.2. Compactación	72
3.3.3. Ensayo de Valor Soporte California (C. B. R.)	74
3.4. Resumen de Resultados.....	78

Página

Capítulo IV Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones.....	76
4.2. Recomendaciones	79

Bibliografía	80
---------------------------	----

Anexos	82
---------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1.1. Ubicación de la Subrasante.....	8
1.2. Valores típicos de subrasantes.....	20
1.3. Representación simbólica de las arcillas. La estructura fundamental.....	24
1.4. Diagrama de materiales puzolánicos (Deloye, 1993).....	37
2.1. Clasificación según el Diagrama de materiales Puzolánicas.....	56
2.2. Gráfica de la influencia de la puzolana en la densidad máxima y la humedad óptima.....	58
3.3. Gráficas comparativas de suelo-cal y suelo-puzolana den función al IP.....	65
3.4. Gráficas comparativos de suelo-cal y suelo-puzolana de compactación.....	65
3.5. Gráficas Comparativas de suelo-cal y suelo-puzolana de CBR.....	66
3.6. Gráficas comparativas de suelo y puzolana de IP.....	66
3.7. Gráficas comparativas de suelo y puzolana de compactación.....	67
3.8. Gráficas comparativas de suelo y puzolana de CBR.....	67
3.9. Gráficas comparativas del 3% de IP en diferentes porcentajes.....	70
3.10. Gráficas comparativas del 5% de IP en diferentes porcentajes.....	71
3.11. Gráficas comparación del 7% de IP en diferentes porcentajes.....	71
3.12. Gráfica del comportamiento de la compactación para las mezclas de puzolana y cal al 3%.....	72
3.13. Gráfica del comportamiento de la compactación para las mezclas de puzolana y cal al 5%.....	73
3.14. Gráfica del comportamiento de la compactación para las mezclas de puzolana y cal al 7%.....	74

3.15. Gráfica de la influencia de la puzolana-cal en distintos porcentajes en el CBR al 3%.....	75
3.16. Gráfica de la influencia de la puzolana-cal en distintos porcentajes en el CBR al 5%.....	76
3.17. Gráfica de la influencia de la puzolana-cal en distintos porcentajes en el CBR al 7%.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
1.1. Condiciones a contemplar en una subrasante.....	11
1.2. Límites de tamaños de partículas para fragmentos epiclásticos y piroclásticos.....	12
2.3. Resultados correspondientes a la arcilla.....	49
2.4. Resultados correspondientes a la plasticidad de la muestra.....	53
2.5. Resultados correspondientes al CBR y a la expansión de la muestra del suelo saturada durante 4 días.....	55
2.6. Resultados de la clasificación de suelos de la muestra por los métodos del Lavado.....	55
2.7. Resultados de una muestra de la puzolana en un laboratorio de química....	57
2.8: Resultados de la granulometría por el método del lavado de una muestra de la puzolana.....	58
2.9: Clasificación de suelos correspondientes a la puzolana.....	58
2.10. Límites de tamaños de partículas para fragmentos epiclásticos y piroclásticos.....	60
2.11. Resultados correspondientes a la plasticidad de la muestra.....	61
2.12. Resultados correspondientes al CBR y a la expansión de la muestra del suelo saturada durante 4 días.....	62
2.13. Resultados correspondientes a la plasticidad de la muestra.....	63
2.14. Resultados correspondientes al CBR y a la expansión de la muestra del suelo saturada durante 4 días.....	64
3.15. Resultados correspondientes al LL, LP e IP de los tres tipos de mezclas...69	
3.16. Características de la estabilización del suelo con cal-puzolana.....	79

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo especialmente a mi hijo ÁNGEL DANIEL, a mis padres JAVIER Y MERCEDES a mis hermanos LIMBANIA, LARISSA, ALEJANDRO, JAVIER, GARY, a mi futuro esposo JOSÉ ALBERTO FERNÁNDEZ, que en momentos de flaqueza me impulsaron a seguir adelante y a ser una mujer de bien para la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por el don
De la vida.

A mi compadre y
amigo Carlos Subia
por los consejos
dados en cada
momento que los
precisé.

Al personal de
SOCOBE El
Puente, por su
apoyo.

Al personal de
laboratorio de
Suelos y
Hormigones de la
U.A.J.M.S. por sus
consejos y
constante apoyo.

A todas las
personas que de
alguna forma me
ayudaron a llevar
adelante el presente
Estudio, a mi amiga
Lucy Pereyra por
sus palabras de
aliento que siempre
me dio, y en
especial a mi futuro
esposo JOSÉ
ALBERTO
FERNÁNDEZ.

PENSAMIENTO

Más vale ser paciente que valiente. Más vale vencerse uno mismo que conquistar ciudades.

Como el camino es terreno y está sembrado de espinas, motivo por el cual nuestro Dios ha dado al hombre 3 dones:

La sonrisa, los sueños y la esperanza.