

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN



***“MEJORAMIENTO DE SUELOS PARA FUNDACIÓN
SUPERFICIAL DE PEQUEÑAS ESTRUCTURAS COMUNIDAD
COLONIA LINARES – BERMEJO”***

Postulante: ORLANDO COLQUE ESPINOZA

Tutor: ING. RONALD FERNÁNDEZ APARICIO

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



***“MEJORAMIENTO DE SUELOS PARA FUNDACIÓN
SUPERFICIAL DE PEQUEÑAS ESTRUCTURAS COMUNIDAD
COLONIA LINARES – BERMEJO”***

Por:

ORLANDO COLQUE ESPINOZA

Tesis de Grado, presentada a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Abril de 2013

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

Ing. Msc. Ronald Fernández Aparicio.
PROFESOR GUÍA

Ing. Luis Alberto Yurquina Flores.
DECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

MSc. Lic. Marlene Hoyos M.
VICEDECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Richard Rivera

Ing. Weimar Mejía

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

A mi hija Mariana, a mi esposa Soledad, a mis padres Mario y Lidia, a mis hermanos y a todos mis amigos y compañeros, por el esfuerzo y su considerable ayuda por guiarme en el camino de la superación y ser la constante motivación en la conclusión del presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por haberme dado la dicha de alcanzar una profesión, sin su voluntad y su bendición nada es realidad.

A mi Profesor Guía: Ing. Ronald Fernández Aparicio, por el apoyo desinteresado durante la realización y revisión de este trabajo.

A mis Padres: Por darme la vida, su apoyo y guiado en el camino de la superación.

A mis hermanos: Wilfredo, Margot, Rubén, Jenny, Pamela ya que con mucha esperanza y sacrificio me acompañaron en el camino de la vida.

A mi Esposa: Por su amor y las palabras de apoyo, fortaleciendo la esperanza de alcanzar nuestras metas.

A cada uno de mis amigos/as y personas que me brindaron su ayuda aportando con un granito de arena para la realización de este trabajo.

PENSAMIENTO:

Se alcanza el éxito convirtiendo cada paso
en una meta y cada meta en un paso.

C. C. Cortéz

ÍNDICE GENERAL

ANTECEDENTES GENERALES

1. NOMBRE DE PROYECTO.....	1
2. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	1
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	2
3.1. Situación Actual.....	2
3.2. Información Fotográfica.....	2
4. OBJETIVOS.....	3
4.1. Objetivos Generales.....	3
4.2. Objetivos Específicos.....	3
5. ALCANCE.....	4
6. JUSTIFICACIÓN.....	5

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.2. FUNDACIONES.....	7
1.2.1 Tipos de Fundaciones.....	7
1.2.2. Fundaciones Superficiales.....	8
1.2.3. Fundaciones Profundas.....	9
1.3. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE FUNDACIONES SUPERFICIALES	10
1.3.1. Diseño Geométrico.....	10
1.3.2. Diseño Estructural.....	10
1.4 ZAPATAS.....	11
1.4.1. Clasificación de Zapatas.....	11

1.4.1.1. Por su Geometría.....	11
1.4.1.2. Por su morfología.....	11
1.4.1.3. Por su forma de trabajar.....	11
1.4.1.4. Por la ubicación del pilar.....	11
1.4.1.5. Por su Relación Estructural.....	12
1.5 DISEÑO DE ZAPATAS AISLADAS.....	12
1.5.1. Diseño Geométrico.....	12
1.5.1.1. Distribución de tensiones del terreno.....	12
1.5.1.1.1. Comprobación al Vuelco.....	14
1.5.1.1.2. Comprobación al Deslizamiento.....	15
1.5.2. Diseño Estructural (Espesor y Armadura).....	15
1.5.2.1 Diseño a Flexión.....	17
1.5.2.2 Diseño a Corte.....	18
1.5.2.3 Diseño a Punzonamiento.....	21
1.5.3. Comprobaciones a la Adherencia y Anclaje.....	22
1.5.3.1. Condiciones de Adherencia.....	22
1.5.3.2. Condiciones de Anclaje.....	23
1.6. LOSA DE CIMENTACIÓN.....	24
1.6.1. Tipos de Losas de Cimentación.....	24
1.6.2. Diseño Estructural – Método Rígido Convencional.....	25
1.7. SUELO.....	29
1.7.1. Introducción.....	29
1.7.2. Clasificación de suelos.....	30
1.7.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	30
1.7.2.2. Clasificación A.A.S.H.T.O.....	37
1.8 MECÁNICA DE SUELOS.....	41
1.8.1. Granulometría.....	42
1.8.1.1. Tamizado.....	42
1.8.2. Capacidad de Carga.....	45
1.8.2.1. Consolidación del suelo.....	45
1.8.2.2. Capacidad Carga del suelo en fundaciones superficiales.....	45

1.8.2.3. Capacidad de Carga Última.....	46
1.8.2.4. Teoría de Capacidad de Carga de Terzaghi.....	47
1.8.2.5. Capacidad de Carga Neta.....	48
1.8.2.6. Capacidad de Carga Admisible y Factor de Seguridad.....	48
1.8.3. Determinación de la capacidad de carga en “situ”.....	49
1.8.3.1. Ensayo SPT.....	49
1.8.3.2. Presiómetro de Menard (MPM).....	50
1.8.4. Ensayos y Pruebas de Laboratorio.....	51
1.8.4.1. Análisis Granulométrico.....	51
1.8.4.2. Límites de Atterberg.....	51
1.8.4.3. Contenido de Humedad.....	52
1.8.4.4. Peso específico.....	53
1.8.4.5. Clasificación de suelos.....	53
1.9 MEJORAMIENTO DE SUELO.....	53
1.9.1. Principios Generales de Compactación.....	55
1.9.2. Compactación de Suelos.....	56
1.9.3. Estructura de un Suelo.....	57
1.9.4. El Diagrama Densidad-Humedad.....	57
1.9.5. Factores que Afectan al Proceso de Compactado.....	58
1.9.5.1. Humedad de Compactación.....	58
1.9.5.2. Energía de Compactación.....	59
1.9.5.3. Tipo de suelo.....	61
1.9.6. Ensayo de Proctor en Laboratorio.....	62
1.9.6.1. Proctor Normal.....	63
1.9.6.2. Proctor Modificado.....	65
1.9.7. Medida de la Humedad.....	66
1.9.8. Medida de la Densidad <i>in Situ</i>	67
1.9.8.1. Descripción del ensayo.....	67
1.10. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL SUELO.....	68
1.10.1. Esfuerzo debido a una carga concentrada.....	68
1.10.2 Esfuerzo Debajo de un Área Rectangular.....	69

1.10.3 Análisis de Capacidad de Carga en Suelos Estratificados.....	71
1.10.3.1 Suelo más Fuerte Sobre Suelo más Débil.....	72
1.10.4. Asentamientos.....	74
1.11. Filosofía de Diseño.....	75

CAPÍTULO - II
INFORMACIÓN Y ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1. INTRODUCCIÓN.....	76
2.2. ESTUDIO GEOLÓGICO.....	77
2.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	78
2.3.1. Calicatas.....	78
2.3.2. Ensayos de penetración.....	79
2.3.3. Ensayos dentro de la Mecánica de Suelos.....	79
2.4. INFORMACIÓN RECOLECTADA DEL SITIO PARA PROYECTO DE GRADO.....	80
2.4.1. Estudio de Suelo <i>in Situ</i>	82
2.4.2. Suelo Natural.....	82
2.4.2.1. Ensayo S.P.T. (ensayo de carga directa).....	82
2.4.2.2. Granulometría.....	82
2.4.3. Material Seleccionado para el Mejoramiento de Suelo.....	83
2.4.3.1. Granulometría.....	83
2.4.3.2. Humedad Óptima y Densidad Máxima.....	83
2.4.4. Datos de la Edificación.....	84
2.4.4.1. Zona de emplazamiento.....	84
2.5. ANÁLISIS DE CARGA.....	87
2.5.1. Cargas Permanentes.....	87
2.5.2. Carga viva o sobrecarga.....	88

CAPÍTULO - III
INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. CÁLCULO DE LA CARGA QUE TRASMITE LA EDIFICACIÓN AL SUELO	89
3.1.1. Programa de Computación para Diseño Estructural CYPECAD.....	89
3.1.2. Descripción General del Programa CYPECAD.....	90
3.1.3. Calculo Estructural con el Paquete Estructural CYPECAD.....	90
3.1.4. Introducción de Datos.....	90
3.1.5. Introducción de Plantas o Grupos.....	93
3.1.6. Introducción de Elementos Estructurales (Columnas, vigas y losas)....	94
3.1.7. Introducción de las Cargas e Hipótesis de Carga.....	97
3.1.8. Cálculo y Dimensionamiento.....	98
3.1.9. Resultados y Planos.....	98
3.1.10. Esquema Estructural.....	99
3.2. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN.....	101
3.2.1 Calculo Manual de Zapatas Aisladas de Pilar Central.....	101
3.2.1.1. Diseño a Corte.....	102
3.2.1.2. Diseño a Punzonamiento.....	103
3.2.1.3. Diseño a Flexión.....	104
3.2.1.4. Condición de Adherencia.....	105
3.2.1.5. Condición de Anclaje.....	105
3.2.2 Calculo Manual de Losa de Cimentación con Suelo Natural.....	107
3.2.2.1. Dimensiones de la losa de fundación y propiedades geométricas....	108
3.2.2.2. Calculo del espesor de la losa.....	110
3.2.2.3. Calculo de Armadura Vertical de la Losa.....	112
3.2.2.4. Calculo de la Armadura Horizontal de la Losa.....	126
3.3. Capacidad Portante del Suelo Mejorado.....	134
3.4. Cálculo de Cimentación de Zapatas Aisladas con Suelo Mejorado.....	135

3.4.1. Diseño a Corte.....	136
3.4.2. Diseño a Punzonamiento.....	137
3.4.3. Diseño a Flexión.....	139
3.4.4. Condición de Adherencia.....	140
3.4.5. Condición de Anclaje.....	140
3.5. Cálculo Manual de Losa de Cimentación con Suelo Mejorado.....	142
3.5.1. Dimensiones de la losa de fundación y propiedades geométricas.....	143
3.5.2. Calculo del espesor de la losa.....	145
3.5.3. Calculo de Armadura Vertical de la Losa.....	147
3.5.4. Calculo de la Armadura Horizontal de la Losa.....	159
3.6. Cálculo de la Capa (espesor) Suelo Mejorado.....	168
3.7. Calculo del Bulbo de Presiones.....	169
3.8. Calculo de las deformaciones (asentamientos).....	170
3.9. Comparación técnico-económica.....	171

CAPÍTULO - IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.....	172
4.2. RECOMENDACIONES.....	176

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Fundación Superficial.....	8
Figura 2: Fundación Profunda.....	9
Figura 3: Distribución de tensiones.....	12
Figura 4: Zapatas Aisladas de acuerdo a su Rigidez.....	16
Figura 5: Calculo a Flexión en Zapatas Aisladas.....	17
Figura 6: Calculo a Corte en Zapatas Aisladas Flexible.....	18
Figura 7: Calculo a Corte en zapatas rígida (caso I).....	19
Figura 8: Calculo a Corte en zapatas rígida (caso II).....	20
Figura 9: Calculo a Punzonamiento en zapatas aisladas).....	21
Figura 10: Longitud de Anclaje.....	23
Figura 11: Tipos de Losa de Cimentación.....	24
Figura 12: Diseño Losa de Cimentación.....	25
Figura 13: Cargas de columnas modificadas.....	27
Figura 14: Calculo de la profundidad efectiva.....	28
Figura 15: Naturaleza de la falla en suelo por capacidad de carga.....	47
Figura 16: Falla por capacidad de carga.....	48
Figura 16a: Ensayo SPT.....	60
Figura 16b: Ensayo MPM.....	60
Figura 17: Limites de Atterberg.....	52
Figura 18: Curvas de compactación Proctor estándar y modificada.....	59
Figura 19: Equipo de compactación automática.....	60
Figura 20: Maquinaria pesada de compactación.....	60
Figura 21: Ensayo Método de la Arena.....	67
Figura 22: Esfuerzo vertical en un punto A.....	68
Figura 23: Esfuerzo vertical en un punto A de una superficie rectangular.....	69
Figura 24: Método 2:1 para encontrar el incremento de esfuerzo debajo de una cimentación.....	70
Figura 25: Suelo mejorado por medio de la compactación.....	71
Figura 26: Capacidad de Carga de una cimentación de Suelo Estratificado.....	72

Figura 27: Coeficiente Ks según Meyerhof y Hanna.....	73
Figura 28: Variación de c_a'/c_1' versus q_2/q_1 basada en la teoría de Meyerhof y Hanna (1978).....	73
Figura 29: Asentamiento elástico de cimentaciones flexibles y rígidas.....	75

MODULO EDUCATIVO

Figura 30: Fachada Principal del Modulo Educativo.....	84
Figura 31: Fachada Lateral del Modulo Educativo.....	84
Figura 32: Vista Planta Baja del Modulo Educativo.....	85
Figura 33: Vista Planta Alta del Modulo Educativo.....	85
Figura 34: Vista en Corte B-B del Modulo Educativo.....	86
Figura 35: Vista en Corte A-A del Modulo Educativo.....	86

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA CYPECAD

Figura 36: Carga Axial en la Zapata.....	89
Figura 37: Inicio del programa CYPECAD.....	91
Figura 38: Ingreso a la opción CYPECAD.....	91
Figura 39: Nombre de la Obra.....	92
Figura 40: Datos generales de la obra.....	92
Figura 41: Introducción de plantas y grupos.....	93
Figura 42: Introducción de altura y cargas de servicio a cada planta.....	93
Figura 43: Editar plantas y grupos.....	94
Figura 44: Introducción de pilares.....	94
Figura 45: Introducción dimensiones de pilares.....	95
Figura 46: Introducción de vigas.....	95
Figura 47: Introducción de losas.....	96
Figura 48: Ubicación de losas.....	96
Figura 49: Introducción de cargas permanentes.....	97
Figura 50: Vista 3D, Esquema estructural.....	97
Figura 51: Impresión de planos.....	98
Figura 52: Esquema Estructural.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulas de Excentricidades y Tensiones.....	13
Tabla 2. Comprobaciones en Zapatas Aisladas.....	16
Tabla 3. Especificaciones para la prueba Proctor Estándar.....	65
Tabla 4. Especificaciones para la prueba Proctor Modificado.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1 (Prefijos y Subfijos del SUCS).....	31
CUADRO N° 2 (Carta de Plasticidad según ASTM).....	33
CUADRO N° 3 (Características y uso de suelos según ASTM).....	34
CUADRO N° 4 (Propiedades de los Suelos Clasificados según la ASTM).....	36
CUADRO N° 5 (Carta de Plasticidad según AASHTO).....	38
CUADRO N° 6 (Características de suelos según AASHTO).....	39
CUADRO N° 7 (Sistema de clasificación de suelos según AASHTO).....	40
CUADRO N° 8 (Serie de Tamices).....	44
CUADRO N° 9 (Curva Granulométrica).....	44
CUADRO N° 10 (Características Grales de Compactación de distintos tipos suelo.....	62
CUADRO N° 11 (Comparación de ensayos Proctor Normal y Modificado).....	64
CUADRO N° 12 (Parámetros Físicos de Estratos de Suelo).....	72
CUADRO N° 13 (Perfil Geológico).....	81

INDICE DE ANEXOS

Anexo I Ensayos y Laboratorios

Anexo II Tablas y Ábacos

Anexo III Análisis de Costos

Anexo IV Planos