

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



TECNOLOGÍA Y COSTOS PARA CONSTRUCCIÓN DE
CANALES DE RIEGO PREFABRICADOS DE
FERROCEMENTO

Por:

FRANZ JIMMY BALDIVIEZO JUSTINIANO

Tesis de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para obtener el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL

Octubre de 2010
TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

Me gustaría dedicar esta Tesis a toda mi familia.

Para mis padres Francisco y M^a Elvira, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para mi mujer Carla, por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es,... porque la quiero. Es la persona que más directamente ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente ella me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí.

Para mi hija, Gloria. Ella es lo mejor que me ha pasado, y ha venido a este mundo para darme el último empujón para terminar el trabajo. Es sin duda mi referencia para el presente y para el futuro.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

MIS AGRADECIMIENTOS

Son tantas personas a las cuales debo parte de este triunfo, de lograr alcanzar mi culminación académica, la cual es el anhelo de todos los que así lo deseamos.

Definitivamente, Dios, mi Señor, mi Guía; sabes lo esencial que has sido en mi posición firme de alcanzar esta meta, esta alegría, que si pudiera hacerla material, la hiciera para entregártela, pero a través de esta meta, podré siempre de tu mano alcanzar otras que espero sean para tu Gloria.

Mis hermanos, mis padres, por darme la estabilidad emocional, económica, sentimental; para poder llegar hasta este logro, que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin ustedes. GRACIAS por darme la posibilidad de que de mi boca salga esa palabra...FAMILIA. Madre, serás siempre mi inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que todo se aprende y que todo esfuerzo es al final recompensa. Tu esfuerzo, se convirtió en tu triunfo y el mío, Papá gracias por tu apoyo LOS AMO.

A mi porción de cielo que bajó hasta acá para hacerme el hombre más feliz y realizado del mundo, gracias porque nunca pensé que de tan pequeño cuerpecito emanara tanta fuerza y entusiasmo para sacar adelante a alguien. TE ADORO HIJA. A la mujer, que dispuso su cuerpo para entregarme este angelito a los nueve meses, también este triunfo es tuyo, gracias Gordita.

A todos mis amigos pasados y presentes; pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona y presentes por estar siempre conmigo apoyándome en todo las circunstancias posibles, también son parte de esta alegría, LOS RECUERDO.

Al Ing. Hugo Vladislavic, un agradecimiento especial, ya que el fue mas que un maestro en mi vida laboral, fue un amigo incondicional.

A mis suegros, por su apoyo y comprenderme como un hijo.

A los docentes que tuve como maestros, por inculcar su conocimiento en mí persona.

Y a todos aquellos, que han quedado en los recintos más escondidos de mi memoria, pero que fueron participes en cincelar, GRACIAS.

Agradece al tiempo que, mucho más sabio que tú, no apresure tus horas de dolor ni se demore en tus momentos de dicha, sino que te los mida con la misma igualdad, con la misma ecuanimidad generosa.

Vicente Gaos

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria

Agradecimiento

Pensamiento

Resumen ejecutivo

	Página
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- JUSTIFICACIÓN	3
3.- OBJETIVOS	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
BENEFICIOS ADICIONALES	7
4.- ALCANCE DEL PROYECTO	8
4.1. DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	9
4.2.- PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	9
5.- RESULTADOS ESPERADOS	10
CAPÍTULO I	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1.- EMPUJES DEL TERRENO	11
1.1.2.- Empuje activo.....	13
1.1.2.1.- Teoría de Coulomb	13
1.1.3.- Características de los diferentes tipos de suelos	18
Suelos arcillosos.....	18
Suelos limosos	19
Suelos arenosos	19
Suelos gredosos.....	20
1. 2.- DISEÑO DEL FERROCEMENTO	20
a) Consideraciones generales	20
b) Dosificaciones de los morteros	20
Densidad media.....	21

	Página
Relación arena cemento	21
Relación agua cemento	21
Consistencia	22
c) Resistencia.....	25
d) Arenas	25
e) Cemento.....	27
f) Curado.....	28
g) Malla hexagonal	29
h) Juntas de dilatación	30
i) Otros.....	30
Impermeabilizantes	30
Tela de malla tejida.....	31
Tela de malla soldada.....	32
1. 3.- UNIONES	32
a) Materiales	32
b) Gradiente térmico.....	34
c) Propiedades mecánicas.....	35
1.4.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL CANAL.....	38
Elementos básicos en el diseño de canales.....	39
Diseño de secciones hidráulicas	43
1. 5.- HIDRÁULICA DE CANALES	46
a. Rugosidad	47
b. Modelación Hidráulica	48
b. Determinación de los tirantes	51
CAPÍTULO II	
CONSIDERACIONES GENERALES Y MÉTODOS	
2. 1.- CONSIDERACIONES GENERALES	54
a) Recomendaciones para la proyección de elementos de ferrocemento	56
b) Recomendaciones generales para el cálculo	59

	Página
CONDICIONES BÁSICAS PARA EL CÁLCULO.....	60
CRITERIOS DE DISEÑO	61
MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZANDO LAS FORMULACIONES DE LA RESISTENCIA DE MATERIALES	64
TRACCIÓN DIRECTA.....	65
COMPRESIÓN DIRECTA	65
FLEXIÓN EN SECCIONES RECTANGULARES	65
CÁLCULO POR EL MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITES.....	68
TRACCIÓN DIRECTA.....	68
COMPRESIÓN DIRECTA	68
FLEXIÓN EN SECCIONES RECTANGULARES	69
2.2.- CONTROL DE CALIDAD	70
Calidad del refuerzo	71
Superficie específica.....	72
Volumen de refuerzo	73
2.3.- METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA	75
a) Armado del acero del esqueleto	76
b) Colocación de las mallas hexagonales	77
c) Vaciado del mortero	78
d) Vibrado del mortero	80
e) Curado	80
2.4.- TRANSPORTE A OBRA.....	80
2.5.- COLOCACIÓN Y TENDIDO	81
2.6.- COMPACTACIÓN DEL SUELO LATERAL	82
2.6.1. Naturaleza del Suelo y la Compactación.....	82
2.6.1.1. Forma de las Partículas	83
2.6.1.2. Textura de las Partículas del Suelo	83
2.6.1.3. Orientación de las Partículas.....	83
2.6.1.4. Granulometría del Suelo	83

	Página
2.6.1.5. Actividad Superficial de las Partículas del Suelo	84
2.6.2. Características de un Suelo Granular	84
2.6.3. Características de un Suelo Arcilloso.....	85
Secuencia del Ensayo de Compactación	86
2.7.- EXPRESIONES MATEMÁTICAS	89
CAPÍTULO III	
RESULTADOS	
3.1.- RESULTADOS OBTENIDOS	93
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1.- CONCLUSIONES	106
4.2.- RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA.....	113
ANEXOS	

Índice de figuras

	Página
Figura 1 Tipos de muro	11
Figura 2 Tipos de empuje.....	12
Figura 3 Teoría de Coulomb	13
Figura 4 Empuje activo	16
Figura 5 Empuje de sobrecarga.....	17
Figura 6 Empuje de carga puntual	18
Figura 7 Curva granulométrica	27
Figura 8 Gradiente térmico	35
Figura 9 Diagrama esfuerzo - deformación	38
Figura 10 Elementos de una curva	41
Figura 11 Tipos de refuerzo	57
Figura 12 Longitud de apoyo y solape.....	59
Figura 13 Deformación del acero.....	61
Figura 14 Armadura del esqueleto	77
Figura 15 Refuerzo de malla hexagonal.....	78
Figura 16 Vaciado del mortero paso 1	79
Figura 17 Vaciado del mortero paso 2	79
Figura 18 Canal de ferrocemento.....	82
Figura 19 Característica de un suelo granular.....	84
Figura 20 Característica de un suelo arcilloso	85
Figura 21 Actividad superficial de las arcillas.....	86
Figura 22 Curva humedad óptima densidad máxima.....	88
Figura 23 Bote de ferrocemento de Lambort	97

Índice de tablas

	Página
Tabla 1 Densidades secas y ángulos de rozamiento interno de suelos granulares.....	20
Tabla 2 Morteros de cemento y arena.....	22
Tabla 3 Morteros de cal y arena.....	23
Tabla 4 Morteros de cemento y cal.....	23
Tabla 5 Dosificaciones de mortero	23
Tabla 6 Dosificaciones de mortero	24
Tabla 7 Dosificaciones de mortero	24
Tabla 8 Dosificaciones de mortero	25
Tabla 9 esfuerzo deformación del ferrocemento.....	37
Tabla 10 Radio mínimo en canales abiertos para $Q > 10 \text{ m}^3/\text{s}$	40
Tabla 11 Radio mínimo en canales abiertos para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$	40
Tabla 12 Relación base vs. tirante para, máxima eficiencia	42
Tabla 13 Secciones típicas de canales de riego.....	44
Tabla 14 Velocidades máximas en hormigón en función de su resistencia.....	45
Tabla 15 Borde libre en función del caudal	46
Tabla 16 Borde libre en función de la plantilla del canal	46
Tabla 17 Valores de rugosidad "n" de Manning	48
Tabla 18 tensiones permisibles de tracción en el acero	63
Tabla 19 Valores mínimos de resistencia a la fluencia y módulos efectivos para mallas y barras de acero, utilizadas para construcción de ferrocemento	72
Tabla 20 Características de la malla hexagonal	92

Índice de anexos

- ANEXO 1. DISEÑO DE UN CANAL CON TIRANTE DE 20 CM.
- ANEXO 2. P. U. CANAL DE FERROCEMENTO
- ANEXO 3 P. U. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO
- ANEXO 4. PRESUPUESTO PARA UN SISTEMA DE RIEGO
- ANEXO 5. DISEÑO DE UN CANAL CON TIRANTE DE 30 cm.
- ANEXO 6. P. U. CANAL DE FERROCEMENTO
- ANEXO 7. P. U. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO
- ANEXO 8. PRESUPUESTO PARA UN SISTEMA DE RIEGO
- ANEXO 9. DISEÑO DE UN CANAL CON TIRANTE DE 40 cm.
- ANEXO 10. P. U. CANAL DE FERROCEMENTO
- ANEXO 11. P. U. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO
- ANEXO 12. PRESUPUESTO PARA UN SISTEMA DE RIEGO
- ANEXO 13. DISEÑO DE UN CANAL CON TIRANTE DE 50 cm.
- ANEXO 14. P. U. CANAL DE FERROCEMENTO
- ANEXO 15. P. U. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO
- ANEXO 16. PRESUPUESTO PARA UN SISTEMA DE RIEGO
- ANEXO 17. DISEÑO DE UN CANAL CON TIRANTE DE 60 cm.
- ANEXO 18. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO
- ANEXO 19. P. U. CANAL DE FERROCEMENTO
- ANEXO 20. P. U. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO
- ANEXO 21. PRESUPUESTO PARA UN SISTEMA DE RIEGO
- ANEXO 22. DISEÑO DE UN CANAL CON TIRANTE DE 70 cm.
- ANEXO 23. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO
- ANEXO 24. P. U. CANAL DE FERROCEMENTO
- ANEXO 25. P. U. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO
- ANEXO 26. PRESUPUESTO PARA UN SISTEMA DE RIEGO
- ANEXO 27. DISEÑO DE UN CANAL CON TIRANTE DE 80 cm.
- ANEXO 28. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO

ANEXO 29. P. U. CANAL DE FERROCEMENTO

ANEXO 30. P. U. CANAL DE HORMIGÓN CICLÓPEO

ANEXO 31. PRESUPUESTO PARA UN SISTEMA DE RIEGO

ANEXO 32. DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

ANEXO 33. PLANOS