

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DPTO. DE ESTRUCTURAS Y CIENCIA DE LOS MATERIALES



TOMO I

**DISEÑO ESTRUCTURAL “CONSTRUCCIÓN ESTACIÓN
POLICIAL INTEGRAL COMUNIDAD DE SAN ANDRÉS EN LA
PROVINCIA CERCADO DEL DPTO. DE TARIJA”**

Por:

ALFREDO FLORES CORTEZ

SEMESTRE II-2022

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Este trabajo está dedicado con todo mi amor a mi querida familia, por ayudarme a cumplir mis metas con su constante apoyo y confianza.

RESUMEN DE PROYECTO

CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Problema.....	2
1.2.1. Planteamiento.....	2
1.2.2. Formulación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. Académica.....	3
1.4.2. Técnica.....	4
1.4.3. Socioeconómico.....	4
1.5. Localización.....	4
1.6. Alcance.....	5
1.6.1. Resultados a lograr.....	5
1.7. Aporte académico.....	5
1.8. Restricciones.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Levantamiento topográfico.....	7
2.2. Estudio de suelos.....	7

2.2.1.	Límites de Atterberg	7
2.2.2.	Clasificación de suelos método U.S.C.S.....	8
2.2.3.	Ensayo de Penetración Normal (S.P.T.)	9
2.2.3.1.	Corrección del número de golpes N_{spt}	10
2.2.4.	Angulo de fricción interna	14
2.2.5.	Capacidad ultima por la Teoría de Terzaghi.....	14
2.2.5.1.	Mecanismo de fallas en cimentaciones superficiales.....	16
2.2.5.2.	Determinación de la capacidad admisible.....	19
2.3.	Diseño arquitectónico	19
2.4.	Sustentación de la edificación.....	19
2.5.	Diseño estructural	20
2.5.1.	Estructura de sustentación	20
2.5.1.1.	Hormigones.....	20
2.5.1.1.1.	Clasificación del hormigón según su resistencia	20
2.5.1.1.2.	Resistencia de cálculo	20
2.5.1.1.3.	Diagrama parábola-rectángulo	21
2.5.1.1.4.	Módulo de deformación longitudinal.....	21
2.5.1.1.5.	Coefficiente de Poisson	22
2.5.1.1.6.	Coefficiente de dilatación térmica.....	22
2.5.1.2.	Aceros	22
2.5.1.2.1.	Resistencia característica	22
2.5.1.2.2.	Resistencia de cálculo	22
2.5.1.2.3.	Diagramas tensión-deformación	23

2.5.1.2.4.	Módulo de deformación longitudinal.....	23
2.5.1.2.5.	Coefficiente de dilatación térmica.....	23
2.5.1.3.	Estados límites últimos	23
2.5.1.3.1.	Hipótesis de carga más desfavorable	24
2.5.1.4.	Hipótesis básicas.....	25
2.5.1.5.	Dominios de deformación.....	25
2.5.1.6.	Disposición de armaduras	25
2.5.1.6.1.	Distancia entre barras	25
2.5.1.6.2.	Distancia a los parámetros	26
2.5.1.6.3.	Anclaje de las armaduras	26
2.5.1.6.4.	Empalmes por traslapo.....	27
2.5.1.6.5.	Doblado de las armaduras	28
2.5.2.	Acciones sobre las estructuras	28
2.5.3.	Junta de dilatación	29
2.5.4.	Diseño de losa.....	30
2.5.4.1.	Losa alivianada con viguetas pretensadas	30
2.5.4.2.	Forjados de uno o varios tramos calculados como isostáticos.....	31
2.5.5.	Diseño de vigas	31
2.5.5.1.	Cálculo a flexión simple	31
2.5.5.2.	Cálculo de la armadura transversal	32
2.5.5.3.	Cálculo de la armadura por torsión.....	34
2.5.6.	Diseño de columnas	35
2.5.6.1.	Excentricidad mínima de cálculo.....	35

2.5.6.2. Disposición relativa de armadura.....	35
2.5.6.3. Pandeo de piezas comprimidas	37
2.5.6.4. Longitud de pandeo, Esbeltez geométrica y Esbeltez mecánica.....	37
2.5.6.5. Excentricidades	39
2.5.6.6. Esfuerzos sobre las columnas	40
2.5.7. Escaleras	41
2.5.8. Diseño de zapatas.....	41
2.6. Estrategia para la ejecución del proyecto.....	47
2.6.1. Especificaciones técnicas.....	47
2.6.2. Cómputos métricos	47
2.6.3. Precios unitarios.....	47
2.6.4. Presupuesto de la obra	48
2.6.5. Cronograma de obra.....	48
CAPÍTULO III	49
3. INGENIERÍA DEL PROYECTO	49
3.1. Levantamiento Topográfico.....	49
3.2. Estudio de suelo	49
3.2.1. Límites de Atterberg	50
3.2.2. Clasificación de suelos.....	51
3.2.3. Ensayo de Penetración Normal (S.P.T.)	53
3.2.3.1. Corrección del número de golpes N_{spt}	53
3.2.4. Angulo de fricción interna	54
3.2.5. Capacidad ultima por la Teoría de Terzaghi.....	54

3.3.	Diseño arquitectónico	55
3.4.	Sustentación de la edificación.....	58
3.5.	Diseño estructural	59
3.5.1.	Estructura de sustentación	59
3.5.2.	Acciones sobre las estructuras	59
3.5.3.	Junta de dilatación	63
3.5.4.	Losa alivianada	63
3.5.5.	Diseño de viga de H°A°	70
3.5.6.	Diseño de columna.....	82
3.5.7.	Diseño de escalera	89
3.5.8.	Diseño de cimentación.....	97
3.5.9.	Estrategia para la ejecución del proyecto.....	108
3.5.9.1.	Especificaciones técnicas.....	108
3.5.9.2.	Cómputos métricos	108
3.5.9.3.	Precios unitarios.....	108
3.5.9.4.	Presupuesto de la obra	108
3.5.9.5.	Cronograma de obra.....	111
CAPÍTULO IV		114
4. APORTE ACADÉMICO-DISEÑO DE TANQUE DE H°A°.....		114
4.1.	Alcance del aporte	114
4.2.	Marco conceptual.....	114
4.3.	Ecuación diferencial de gobierno.....	114
4.4.	Matriz de rigidez del elemento	119

4.5.	Elemento rectangular de 12 g.d.l.	121
4.5.1.	Función de desplazamientos	121
4.5.2.	Matriz de rigidez	123
4.5.3.	Vector de fuerzas nodales equivalente.....	123
4.5.4.	Respuesta del elemento.....	125
4.6.	Deposito rectangular	126
4.6.1.	Dimensiones del tanque	126
4.6.2.	Cargas a considerar	127
4.6.3.	Resistencias características y resistencias de cálculo	127
4.6.4.	Diseño de losa (tapa).....	127
4.6.5.	Diseño del muro.....	134
4.6.6.	Diseño de losa de fondo.....	137
4.6.7.	Diseño de viga para tanque elevado.....	139
4.6.8.	Diseño de columna para el tanque elevado.....	141
4.6.9.	Análisis de precio para tanque rectangular	143
4.7.	Tanque cilíndrico	148
4.7.1.	Dimensiones del tanque	148
4.7.2.	Cargas a considerar	149
4.7.3.	Diseño de losa (tapa).....	149
4.7.4.	Diseño del muro.....	151
4.7.5.	Diseño de losa de fondo.....	155
4.7.7.	Diseño de columna para el tanque elevado.....	159
4.7.8.	Análisis de precio para tanque cilíndrico.....	161

CAPÍTULO V	166
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
5.1. Conclusiones	166
5.2. Recomendaciones	168

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS.

ANEXO A. Tablas generales de cálculo.

ANEXO B. Análisis de cargas.

ANEXO C. Estudio de suelo.

ANEXO D. Especificaciones técnicas.

ANEXO E. Cómputos métricos.

ANEXO F. Precios unitarios.

ANEXO G. Respaldo Institucional.

ANEXO H. Comprobación de esfuerzos.

ANEXO I. Planos arquitectónicos y estructurales.

ÍNDICE DE FIGURAS.

CAPÍTULO I

Figura 1.1: Emplazamiento del proyecto. 4

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Cuchara de Casagrande y gráfico del ensayo. 8

Figura 2.2: Equipo de penetración estándar (SPT). 9

Figura 2.3: Equipos de perforación de mayor uso en la práctica de Ensayos SPT. 11

Figura 2.4: Esquemmatización del efecto de la presión efectiva de confinamiento en una partícula de suelo de masa “m”. 13

Figura 2.5: Mecanismo de falla de un cimiento continuo poco profundo.	14
Figura 2.6: Equilibrio de fuerzas en la teoría de Terzaghi.	16
Figura 2.7: Falla por corte general.	17
Figura 2.8: Falla por punzonamiento.	17
Figura 2.9: Falla por corte local.	18
Figura 2.10: Zonificación depende de la compacidad relativa.	18
Figura 2.11: Idealización de la estructura.	20
Figura 2.12: Diagrama Parábola – Rectángulo.	21
Figura 2.13: Diagrama tensión deformación.	23
Figura 2.14: Longitud de anclaje según su posición.	26
Figura 2.15: Empalme por solapo.	28
Figura 2.16: Cargas actuantes en la estructura.	29
Figura 2.17: Losa alivianada con viguetas pretensadas.	30
Figura 2.18: Momentos estáticos en varios tramos.	31
Figura 2.19: Longitud de pandeo para columnas aisladas.	37
Figura 2.20: Modelo de una estructura aporticada.	38
Figura 2.21: Esfuerzos que actúan en las zapatas.	44
Figura 2.22: Esfuerzo cortante en zapatas aisladas.	45
Figura 2.23: Referencia de Sección perimetral para punzonamiento.	46
 CAPÍTULO III	
Figura 3.1: Levantamiento Topográfico.	49
Figura 3.2: Límite líquido.	50
Figura 3.3: Curva granulométrica.	52

Figura 3.4: Numero de golpes N_{spt} .	53
Figura 3.5: Zapata desplantada en sus suelos arenosos.	55
Figura 3.6: Plano planta baja.	56
Figura 3.7: Plano primera planta.	56
Figura 3.8: Plano vista frontal.	57
Figura 3.9: Plano vista lateral.	57
Figura 3.10: Plano de corte A-A.	58
Figura 3.11: Plano de corte B-B.	58
Figura 3.12: Idealización de la estructura.	59
Figura 3.13: Carga de muro planta baja.	60
Figura 3.14: Carga muerta y de muro primera planta.	61
Figura 3.15: Carga muerta y de muro segunda planta.	61
Figura 3.16: Sobrecarga en primera planta.	62
Figura 3.17: Sobrecarga en segunda planta.	62
Figura 3.18: Vigüeta más solicitada en la losa alivianada.	63
Figura 3.19: Armadura de Distribución de la losa Alivianada.	65
Figura 3.20: Vigüeta Pretensada PRETENSA.	65
Figura 3.21: Sistema de Aplicación de la Vigüeta Pretensada.	66
Figura 3.22: Características Geométricas del Complemento de Plastoformo.	66
Figura 3.23: Disposición de cargas para máximo momento positivo.	66
Figura 3.24: Momento máximo que presenta la vigüeta más solicitada.	67
Figura 3.25: Momentos estáticos en varios tramos.	67
Figura 3.26: Disposición de vigüetas.	68

Figura 3.27: Disposición de viguetas enlazadas a los apoyos.....	69
Figura 3.28: Viga más solicitada.....	70
Figura 3.29: Alternancia de cargas para máximos momentos positivos y negativos..	70
Figura 3.30: Momento flector de Cálculo.	71
Figura 3.31: Dimensiones de la viga.....	72
Figura 3.32:Canto útil de la sección.....	73
Figura 3.33: Verificación de la Armadura Transversal: Lado izquierdo.	74
Figura 3.34: Zona de armado mínimo en la viga analizada.	77
Figura 3.35: Fibra neutra sección homogeneizada.....	78
Figura 3.36: Fibra neutra de la sección fisurada.	79
Figura 3.37: Disposición de armadura.	81
Figura 3.38: Columna más solicitada (C35).	82
Figura 3.39: Esfuerzos de diseño en la columna analizada.....	83
Figura 3.40: Monograma para estructuras intraslacionales.....	84
Figura 3.41: Abaco para flexión esviada.....	86
Figura 3.42: Reducción de brazo mecánico.	87
Figura 3.43: Disposición de armadura en la columna.....	88
Figura 3.44: Geometría de escalera.....	89
Figura 3.45: Consideración de cargas para la escalera.	90
Figura 3.46: Momentos flectores máximos positivo en la escalera (KN·m).	91
Figura 3.47: Canto útil de la sección escalera.	91
Figura 3.48: Momento torsor en viga de apoyo.	93
Figura 3.49: Disposición de armado en la viga de apoyo de escalera.....	94

Figura 3.50: Parámetros efectivos de la sección analizada.	94
Figura 3.51: Disposición de armadura en escalera.....	96
Figura 3.52: Momentos actuantes en la zapata.	97
Figura 3.53: Geometría de la zapata.	98
Figura 3.54: Esfuerzos que presenta la zapata.	99
Figura 3.55: Diseño a flexión referidas a la sección S1-S1.	100
Figura 3.56: Canto útil de la sección zapata.	101
Figura 3.57: Comprobación del cortante referidas a la sección S2-S2.	104
Figura 3.58: Comprobación a punzonamiento en la zapata.	106
Figura 3.59: Armaduras a disponer.	107

CAPÍTULO IV

Figura 4.1: Placa rectangular de dimensiones $dx dy$	115
Figura 4.2. Solicitaciones sobre un elemento diferencial de placa de espesor t	115
Figura 4.3: Desplazamientos que se consideran en la sección analizada.....	117
Figura 4.4: Grados de libertad del elemento placa.....	121
Figura 4.5. Carga que actua sobre un elemento rectangular uniformemente distribuida	124
Figura 4.6: Tanque de agua (Rectangular).....	126
Figura 4.7: Cargas actuantes en el tanque.	127
Figura 4.8: Discretización de los elementos finitos para la losa de tapa.....	128
Figura 4.9: Momentos flectores en la tapa del tanque.	132
Figura 4.10: Canto útil de la sección tapa.	132
Figura 4.11: Disposición de armadura longitudinal y transversal inferior.....	133

Figura 4.12: Momento vertical y horizontal a la mitad y lleno sin acción del viento.	134
Figura 4.13: Canto útil de la sección muro.	135
Figura 4.14: Disposición de armadura vertical y horizontal.	137
Figura 4.15: Momento en losa, tanque lleno sin viento ($M_x = 11,77 \text{ KN}\cdot\text{m}$).	137
Figura 4.16: Canto útil de la sección losa.	138
Figura 4.17: Disposición de armadura longitudinal y transversal superior.	139
Figura 4.18: Momento ($M_d = 43,18 \text{ KN}\cdot\text{m}$) - Cortante ($Q_d = 75,32 \text{ KN}$).	139
Figura 4.19: Disposición de armado en la viga de apoyo para tanque elevado.	141
Figura 4.20: Tanque de agua (cilíndrico).	148
Figura 4.21: Cargas actuantes en el tanque.	149
Figura 4.22: Momento tanque lleno sin viento ($M_x = 0,75 \text{ KN}\cdot\text{m}$).	149
Figura 4.23: Canto útil de la sección tapa.	150
Figura 4.24: Disposición de armadura longitudinal y transversal inferior.	151
Figura 4.25: Momento vertical del muro, tanque lleno sin viento ($M_v = 11,12 \text{ KN}\cdot\text{m}$).	152
Figura 4.26: Canto útil de la sección muro.	152
Figura 4.27: Tracción en el muro, tanque lleno sin viento ($N\phi = 75,05 \text{ KN}$).	153
Figura 4.28: Cortante del muro, tanque lleno sin viento ($Q = 52,71 \text{ KN}$).	154
Figura 4.29: Disposición de armadura vertical y horizontal.	155
Figura 4.30: Momento losa de fondo, tanque lleno sin viento ($M_d = 12,47 \text{ KN}\cdot\text{m}$).	155
Figura 4.31: Canto útil de la sección losa.	156
Figura 4.32: Disposición de armadura longitudinal y transversal superior.	157
Figura 4.33: Momento ($M_d = 33,66 \text{ KN}\cdot\text{m}$) - Cortante ($Q_d = 46,50 \text{ KN}$).	157

Figura 4.34: Disposición de armado en la viga de apoyo para tanque elevado. 159

ÍNDICE DE TABLAS.

CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Ensayo de límites de consistencia.....	50
Tabla 3.2: Resultados obtenidos.	51
Tabla 3.3: Ensayo granulométrico.	51
Tabla 3.4: Clasificación del suelo.	52
Tabla 3.5: Suelo clasificado.	53
Tabla 3.6: Corrección por energía según el tipo de martillo.....	53
Tabla 3.7: Corrección por longitud de barra.	54
Tabla 3.8: Capacidad admisible.	55
Tabla 3.9: Especificaciones Técnicas Viguetas Pretensadas PRETENSA.	65
Tabla 3.10: Sistema de Aplicación de la Vigüeta Pretensada.	66
Tabla 3.11: Momentos flectores admisible soportados por las viguetas.....	68
Tabla 3.12: Diseño a cortante lado derecho columna C24.....	75
Tabla 3.13: Máxima abertura característica aceptable de fisura.	77
Tabla 3.14: Variación de cálculo manual vs cálculo de programa.	81
Tabla 3.15: Geometría de los elementos que concurren a la columna.....	84
Tabla 3.16: Esfuerzos generados en la escalera analizada KN·m.....	90
Tabla 3.17: Cálculo de la armadura en la escalera para momento negativo.	92
Tabla 3.18: Variación de cálculo manual vs cálculo de programa.	96
Tabla 3.19: Variación de cálculo manual vs cálculo de programa.	107
Tabla 3.20: Presupuesto general de la obra.....	109

Tabla 3.21: Tiempo de duración de actividades a realizar..... 111

Tabla 3.22: Cronograma de actividades a realizar. 113

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1: Dimensiones del tanque rectangular. 126

Tabla 4.2: Esfuerzos en el muro del tanque. 134

Tabla 4.3: Cálculo de la armadura a disponer en el muro..... 136

Tabla 4.4: Diseño a flexión. 139

Tabla 4.5: Diseño a cortante..... 140

Tabla 4.6: Diseño de columna que sostiene el tanque elevado. 141

Tabla 4.7: Precio unitario para muro de tanque rectangular. 143

Tabla 4.8: Precio unitario para losa de tanque rectangular. 144

Tabla 4.9: Precio unitario para impermeabilizante de tanque rectangular..... 145

Tabla 4.10: Precio unitario para viga de hormigón..... 146

Tabla 4.11: Presupuesto para tanque rectangular..... 147

Tabla 4.12: Dimensiones del tanque cilíndrico..... 148

Tabla 4.13: Esfuerzos en el muro del tanque. 151

Tabla 4.14: Diseño a flexión. 157

Tabla 4.15: Diseño a cortante. 158

Tabla 4.16: Diseño de columna que sostiene el tanque elevado. 159

Tabla 4.17: Precio unitario para muro tanque cilíndrico..... 161

Tabla 4.18: Precio unitario para losa tanque cilíndrico..... 162

Tabla 4.19: Precio unitario para impermeabilizante de tanque rectangular..... 163

Tabla 4.20: Precio unitario para viga de hormigón..... 164

Tabla 4.21: Presupuesto para tanque cilíndrico. 165