

UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES



TOMO I

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO CENTRAL DE COSAALT LTDA.
(PROVINCIA CERCADO DEPARTAMENTO DE TARIJA)”**

Por:

RODRIGUEZ ESTRADA GUSTAVO

SEMESTRE I – 2024

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.

INDICE DE CONTENIDO

1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. El problema.....	1
1.1.1. Planteamiento	1
1.1.2. Formulación.....	2
1.1.3. Sistematización.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. General.....	3
1.2.2. Específicos.....	4
1.3. Justificación	4
1.3.1. Académica	4
1.3.2. Técnica.....	5
1.3.3. Social	5
1.4. Alcance del proyecto	5
1.4.1. Restricciones.....	6
1.4.2. Aporte académico	6
1.5. Localización.....	6
1.5.1. Información socioeconómica relativa al proyecto.....	8
1.5.2. Servicios básicos existentes.....	8
2. MARCO TEORICO.....	9
2.1. Levantamiento Topográfico.....	9
2.2. Estudio de Suelos.....	9
2.2.1. Granulometría del suelo.....	10
2.2.2. Límites de Atterberg.....	11
2.2.2.1. Límite líquido.....	12
2.2.2.2. Límite plástico.....	12
2.2.2.3. Límite de contracción.....	12
2.2.2.4. Índice de plasticidad.....	12
2.2.3. Clasificación de suelos	12
2.2.3.1. Sistema de clasificación AASHTO	13
2.2.3.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.....	15
2.2.4. Ensayo SPT	16

2.2.5.	Capacidad portante mediante métodos teóricos	17
2.2.5.1.	Método de Terzaghi	18
2.3.	Diseño Arquitectónico	20
2.4.	Idealización de la estructura	21
2.4.1.	Sustentación de cubierta	21
2.4.2.	Sustentación de la edificación	22
2.4.3.	Sustentación de estructuras complementarias	22
2.4.3.1.	Escaleras de hormigón armado	22
2.4.4.	Fundaciones	23
2.5.	Diseño estructural	23
2.5.1.	Análisis de cargas	24
2.5.1.1.	Cargas muertas	24
2.5.1.2.	Cargas vivas	25
2.5.1.3.	Cargas ambientales.....	25
2.5.1.4.	Resistencia requerida para la combinación de cargas	26
2.5.2.	Diseño de estructura de sustentación de cubierta	27
2.5.2.1.	Diseño de losas reticulares	27
2.5.2.2.	Ábacos en losas reticulares	38
2.5.3.	Diseño de estructura de sustentación de la edificación	42
2.5.3.1.	Diseño de vigas	42
2.5.3.2.	Diseño de columnas	46
2.5.4.	Diseño de estructuras complementarias	52
2.5.4.1.	Diseño de rampa.....	52
2.5.4.2.	Diseño de escaleras	54
2.5.5.	Diseño de fundaciones.....	57
2.5.5.1.	Diseño de zapatas	57
2.6.	Estrategia para la ejecución del proyecto.....	60
2.6.1.	Especificaciones técnicas	60
2.6.2.	Cómputos métricos	60
2.6.3.	Precios unitarios	61
2.6.4.	Presupuesto	61
2.6.5.	Planeamiento y cronograma	62

3.	INGENIERIA DEL PROYECTO.....	63
3.1.	Análisis de la topografía	63
3.2.	Análisis del estudio de suelos	64
3.2.1.	Capacidad portante mediante el método teórico de Terzaghi.....	65
3.2.2.	Comparación de resultados teóricos y prácticos de la capacidad admisible del suelo	66
3.2.3.	Recomendación de profundidad de estudio de suelos	67
3.3.	Análisis del diseño arquitectónico	70
3.4.	Planteamiento estructural.....	70
3.4.1.	Estructura de la edificación	70
3.4.2.	Estructuras complementarias.....	71
3.4.3.	Estructura de las fundaciones	71
3.4.4.	Resumen planteamiento.....	72
3.5.	Análisis, calculo y diseño estructural	73
3.5.1.	Análisis de cargas	73
3.5.1.1.	Cargas muertas o acciones permanentes	73
3.5.1.2.	Carga viva	79
3.5.1.3.	Carga de viento.....	81
3.5.1.4.	Carga de granizo.....	86
3.5.2.	Características técnicas.....	87
3.5.2.1.	Características del suelo	87
3.5.2.2.	Coefficientes de ponderación y/o factores de seguridad	87
3.5.2.3.	Propiedades de los materiales	87
3.5.2.4.	Sistema de unidades	88
3.5.2.5.	Sistema de ejes globales.....	88
3.5.3.	Estructura de sustentación de cubierta y entrepisos	89
3.5.3.1.	Diseño de losa reticular	89
3.5.3.2.	Diseño de ábaco	103
3.5.4.	Estructura de sustentación de la edificación.....	115
3.5.4.1.	Diseño de viga.....	115
3.5.4.2.	Diseño de columnas	133
3.5.5.	Estructuras complementarias.....	151
3.5.5.1.	Diseño de rampa.....	151

3.5.5.2.	Diseño de escalera.....	169
3.5.6.	Fundaciones.....	182
3.5.6.1.	Diseño de zapatas.....	182
3.6.	Desarrollo de la estrategia para la ejecución del proyecto.....	196
3.6.1.	Especificaciones técnicas.....	196
3.6.2.	Cómputos métricos.....	196
3.6.3.	Precios unitarios.....	196
3.6.4.	Presupuesto.....	196
3.6.5.	Planeamiento y cronograma.....	196
4.	APORTE ACADEMICO.....	197
4.1.	Marco conceptual.....	197
4.2.	Alcance del aporte académico.....	197
4.3.	Objetivos.....	197
4.3.1.	Objetivo general del aporte académico.....	197
4.3.2.	Objetivos específicos del aporte académico.....	197
4.4.	Marco teórico del aporte académico.....	197
4.4.1.	Muros de contención y su funcionamiento.....	197
4.4.2.	Estabilidad.....	199
4.4.3.	Estabilidad al volcamiento y deslizamiento.....	200
4.4.4.	Presiones de contacto.....	202
4.5.	Verificación de la resistencia a corte y flexión de los elementos que componen el muro.....	203
4.6.	Memoria de cálculo del aporte académico.....	204
4.6.1.	Datos definidos para el proyecto.....	204
4.6.2.	Análisis de cargas.....	205
4.6.2.1.	Cargas verticales.....	205
4.6.2.2.	Cargas horizontales.....	209
4.6.3.	Verificación de estabilidad al vuelco.....	211
4.6.4.	Verificación de estabilidad al deslizamiento.....	211
4.6.5.	Verificación de la capacidad portante del suelo.....	212
4.6.6.	Diseño de la pantalla a flexión.....	213
4.6.7.	Verificación al corte.....	216
4.7.	Manual del usuario de planilla de calculo.....	219

4.8. Conclusiones y recomendaciones del aporte académico	222
4.8.1. Conclusiones del aporte académico.....	222
4.8.2. Recomendaciones del aporte académico	222
CONCLUSIONES.....	223
BIBLIOGRAFIA	225

ANEXOS

A-1 Levantamiento topográfico	
A-2 Estudio de suelos	
A-3 Especificaciones técnicas para la construcción	
A.-4 Cómputos métricos	
A-5 Precios unitarios	
A-6 Presupuesto general de obra	
A-7 Cronograma	
A-8 Planos arquitectónicos	
A-9 Planos estructurales	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa político de Bolivia.....	6
Figura 1.2: Mapa político de Tarija.....	7
Figura 1.3: Ubicación del lugar de emplazamiento del proyecto	7
Figura 2.1: Límites de Atterberg	11
Figura 2.2: Falla general en el suelo.....	17
Figura 2.3: Falla de corte por punzonamiento en el suelo.....	18
Figura 2.4: Falla por corte local en el suelo	18
Figura 2.5: Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua rugosa	19
Figura 2.6: Limitaciones dimensionales para losas reticulares.	28
Figura 2.7: Ejemplo de sección de losa reticular.....	30
Figura 2.8: Diagrama de esfuerzo deformación para momento positivo	31
Figura 2.9: Diagrama esfuerzo deformación para momento negativo	31
Figura 2.10: Ancho efectivo del ala en vigas T múltiples.....	33
Figura 2.11: Superficie de falla definida que genera el cortante por punzonamiento	39
Figura 2.12: Sección crítica para columna interior	40
Figura 2.13: Factores de longitud efectiva K según Jackson y Moreland.....	48
Figura 2.14: Diagrama de interacción de columna.....	50
Figura 2.15: Escalera de dos tramos.....	55
Figura 2.16: Punzonamiento o cortante bidireccional en zapata.....	58
Figura 2.17: Punzonamiento o cortante bidireccional en zapata.....	59
Figura 2.18: Sección crítica para el cálculo del momento en zapata.....	59
Figura 3.1: Emplazamiento del edificio en el plano de levantamiento topográfico	63
Figura 3.2: Vista en planta del emplazamiento del edificio en el terreno	64
Figura 3.3: Ensayo de suelos realizado por la empresa consultora ADA SRL	65
Figura 3.4: Distribución de presiones verticales en el suelo bajo una zapata cuadrada, en función de la presión de contacto q	69
Figura 3.5: Esquema estructural Edificio central de Cosaalt.....	72
Figura 3.6: Niveles de fundación de cada planta del Edificio central de Cosaalt	72
Figura 3.7: Datos del ladrillo.....	73
Figura 3.8: Datos de losa reticular.....	77
Figura 3.9: Casetón no recuperable	78

Figura 3.10: Ficha técnica del acero AH-500.....	88
Figura 3.11: Vista en planta de la losa reticular a verificar.....	89
Figura 3.12: Momento máximo inferior en dirección X de losa reticular.....	94
Figura 3.13: Momento máximo inferior en dirección Y de losa reticular.....	96
Figura 3.14: Cortante máximo en dirección Y de losa reticular.....	99
Figura 3.15: Detallamiento de armadura longitudinal y transversal de la losa reticular....	102
Figura 3.16: Vista en planta de ábaco a verificar.....	103
Figura 3.17: Momento máximo superior en dirección X de ábaco.....	105
Figura 3.18: Momento máximo superior en dirección Y de ábaco.....	107
Figura 3.19: Cortante máximo en dirección mayor de ábaco.....	110
Figura 3.20: sección crítica del ábaco.....	111
Figura 3.21: Ubicación de la viga más solicitada V-526.....	115
Figura 3.22: Vista en planta de la viga V-526.....	115
Figura 3.23: Información de la viga V-526.....	115
Figura 3.24: Diagrama de momentos máximos de la viga V-526.....	117
Figura 3.25: Esfuerzos cortantes en la viga 526.....	127
Figura 3.26: Detallamiento de armadura longitudinal de la viga 526.....	130
Figura 3.27: Disposición de armadura transversal en la viga 526.....	131
Figura 3.28: Ubicación de la columna C16.....	133
Figura 3.29: Esquema de la columna C16.....	133
Figura 3.30: Vista frontal de elementos concurrentes a la columna C16.....	134
Figura 3.31: Nomograma para cálculo de pórticos intraslacionales.....	136
Figura 3.32: Diagramas de la pieza para tracción pura.....	139
Figura 3.33: Diagramas de la pieza para compresión pura.....	140
Figura 3.34: Diagramas de la pieza para falla balanceada.....	140
Figura 3.35: Diagrama de interacción de columna C16.....	145
Figura 3.36: Valores de cortantes en la columna C16.....	146
Figura 3.37: Representación gráfica de la columna C16.....	150
Figura 3.38: Vista de la rampa a verificar.....	151
Figura 3.39: Vista en planta de la rampa a verificar.....	151
Figura 3.40: Momento máximo superior en dirección X de rampa.....	155
Figura 3.41: Momento máximo inferior en dirección X de rampa.....	157

Figura 3.42: Momento máximo inferior en dirección Y de rampa.....	160
Figura 3.43: Momento máximo inferior en dirección Y para rampa.....	162
Figura 3.44: Cortante máximo en dirección Y de rampa	165
Figura 3.45: Vista de escalera subsuelo-planta baja.....	169
Figura 3.46: Diagrama de distribución de cargas en la escalera	171
Figura 3.47: Diagrama de cortantes máximos presentados en la escalera.....	171
Figura 3.48: Diagrama de momentos máximos presentados en la escalera	171
Figura 3.49: Vista en planta de la zapata correspondiente a la columna C16	182
Figura 3.50: Distribución de esfuerzos en la zapata.....	185
Figura 3.51: Localización de esfuerzo critico por punzonamiento en la zapata.....	185
Figura 3.52: Localización del esfuerzo critico por corte en la zapata	188
Figura 3.53: Diseño a flexión en dirección X de la zapata.....	189
Figura 3.54: Diseño a flexión en dirección Y de la zapata.....	191
Figura 3.55: Distribución de la armadura de la zapata en ambas direcciones.....	194
Figura 4.1: Partes de un muro de contención	198
Figura 4.2: Fuerzas que actúan en el muro dentro y fuera del plano.....	199
Figura 4.3: Muro de contención sometido a volcamiento	201
Figura 4.4: Muro de contención sometido a deslizamiento.....	202
Figura 4.5: Vista en 3D de muro M14.....	204
Figura 4.6: Dimensiones del muro de contención	205
Figura 4.7: Gráfico de ayuda para determinar el peso propio del muro	205
Figura 4.8: Gráfico de ayuda para determinar el peso del relleno en el trasdós.....	206
Figura 4.9: Sobrecarga viva vertical del muro	208
Figura 4.10: Empuje horizontal del suelo.....	209
Figura 4.11: Empuje por sobrecarga viva.....	210
Figura 4.12: Representación gráfica de la armadura del muro de contención M14.....	218

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Tamaño de mallas estándar en Estados Unidos.....	11
Tabla 2.2: Limites de tamaño de suelos separados.....	13
Tabla 2.3: Sistema AASTHO de clasificación de suelos	14
Tabla 2.4: Continuación Sistema AASTHO de clasificación de suelos.....	14
Tabla 2.5: Sistema de clasificación de suelos SUCS	15
Tabla 2.6: Sistema de clasificación de suelos SUCS (Continuación)	16
Tabla 2.7: Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi	20
Tabla 2.8: Combinaciones de carga.....	26
Tabla 2.9: Espesores mínimos de losas sin vigas interiores	29
Tabla 2.10: Recubrimiento geométrico para elementos de hormigón construidos en sitio no pretensados	32
Tabla 2.11: Valores de β_1 para la distribución rectangular equivalente de tensiones.....	33
Tabla 2.12: Limites dimensionales del ancho sobresaliente del ala para vigas T múltiples	33
Tabla 2.13: Asmin para losas de dos direcciones no pretensadas	35
Tabla 2.14: Factor de modificación λ	36
Tabla 2.15: $A_{v,min}$ requerido.....	37
Tabla 2.16: Límites de espaciamiento entre estribos.....	38
Tabla 2.17: Calculo de V_c para cortante en dos direcciones.....	41
Tabla 2.18: V_c máximo para elementos en dos direcciones con armadura a cortante	42
Tabla 2.19: Altura mínima de vigas no pretensadas.....	43
Tabla 2.20: Deflexión máxima admisible calculada	43
Tabla 2.21: Casos donde no se requiere A_{vmin}	46
Tabla 2.22: Espaciamiento para la armadura de cortante.....	46
Tabla 2.23: Resistencia axial máxima	51
Tabla 2.24: Espesor mínimo de losas en dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados	53
Tabla 2.25: Espesor mínimo de losas en una dirección.....	56
Tabla 2.26: Cuantías mínimas de armadura corrugada de retracción y temperatura	56
Tabla 3.1: Comparación de resultados de la capacidad admisible del suelo	66
Tabla 3.2: Profundidad de perforación de estudio de suelos según braja das	67
Tabla 3.3: Sobrecargas de uso para la planta subsuelo.....	79
Tabla 3.4: Sobrecargas de uso para la planta baja.....	79

Tabla 3.5: Sobrecargas de uso para el primer piso	80
Tabla 3.6: Sobrecargas de uso para el segundo piso	80
Tabla 3.7: Sobrecargas de uso para la cubierta	81
Tabla 3.8: Sobrecargas de uso para la cubierta escaleras	81
Tabla 3.9: Factor de direccionalidad K_d	82
Tabla 3.10: Categorías de ocupación: Parte 1	82
Tabla 3.11: Categorías de ocupación: Parte 2	83
Tabla 3.12: Factor de importancia “I”	83
Tabla 3.13: Coeficientes de exposición K_z y K_h	84
Tabla 3.14: Factor topográfico K_{zt}	84
Tabla 3.15: Coeficientes de presión interna	85
Tabla 3.16: Coeficientes de presión externa.....	85
Tabla 3.17: Límites para f_c	87
Tabla 3.18: Comparación del cálculo de armadura manual y en cypecad V-2023.g respecto a la losa reticular.....	102
Tabla 3.19: Comparación del armado constructivo realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto a la losa reticular	102
Tabla 3.20: Comparación del cálculo de armadura manual y en cypecad V-2023.g respecto al ábaco	114
Tabla 3.21: Comparación del armado constructivo realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto al ábaco	114
Tabla 3.22: Comparación del cálculo de armadura longitudinal manual y en cypecad V-2023.g respecto a la viga 526	130
Tabla 3.23: Comparación del armado constructivo longitudinal realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto a la viga 526	131
Tabla 3.24: Comparación del cálculo de armadura transversal manual y en cypecad V-2023.g respecto a la viga 526	131
Tabla 3.25: Comparación del armado constructivo transversal realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto a la viga 526	132
Tabla 3.26: Características geométricas de las secciones que concurren a la columna	135
Tabla 3.27: Disposición inicial de acero para columna C16	138
Tabla 3.28: Factor de reducción de resistencia.....	143
Tabla 3.29: Fuerzas y momentos obtenidos para el diagrama de interacción	143
Tabla 3.30: Comparación del armado constructivo realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto a la columna C16	150

Tabla 3.31: Comparación del cálculo de armadura manual y en cypecad V-2023.g respecto a la rampa.....	168
Tabla 3.32: Comparación del armado constructivo realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto a la rampa.....	168
Tabla 3.33: Resumen de cargas que actúan sobre la rampa de la escalera.....	170
Tabla 3.34: Resumen de cargas que actúan sobre el descanso de la escalera	170
Tabla 3.35: Comparación del armado constructivo realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto a la escalera subsuelo-planta baja	181
Tabla 3.36: Comparación del cálculo de armadura longitudinal manual y en cypecad V-2023.g respecto a la zapata.....	195
Tabla 3.37: Comparación del armado constructivo longitudinal realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto a la zapata.....	195
Tabla 4.1: Espesor mínimo del muro, h.....	199
Tabla 4.2: Armadura transversal mínima para muros con $V_u \leq 0,5 \phi V_c$	204
Tabla 4.3: Comparación del armado constructivo realizado de forma manual y en cypecad V-2023.g respecto al muro de contención M14	218