

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES



“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL INTERNADO DE COPACABANA”
(Municipio de Yunchará - Provincia Avilés - Departamento de Tarija)

TOMO I
(TEXTO Y ANEXOS)

Por:

ALBARO VICENTE COLQUE

SEMESTRE I - 2021
TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL INTERNADO DE COPACABANA”
(Municipio de Yunchará – Provincia Avilés – Departamento de Tarija)

TOMO I
(TEXTO Y ANEXOS)

PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II

CIV – 502

Por:

ALBARO VICENTE COLQUE

SEMESTRE I - 2021
TARIJA-BOLIVIA

Vº Bº

.....
M. Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozávez
**DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
**VICEDECANA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Ing. Fernando Ernesto Mur Lagraba

.....
Ing. Michael Willy Echalar Flores

.....
Ing. Ricardo Morales Retamozo

El docente y tribunal evaluador del proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleados en la elaboración del presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor

DEDICATORIA:

Dedico el presente trabajo a mi madre “Francisca Colque Quispe”, a mi padre “Simón Vicente Mejia”, hermanos y demás familia por haberme brindado su cariño y apoyo incondicional para que yo pueda alcanzar una formación superior.

AGRADECIMIENTO:

A dios por haberme dado la bendición de la vida.

A mis padres por haberme brindado ese apoyo incondicional durante toda mi carrera universitaria.

A mis hermanos y amigos, por estar siempre conmigo dándome ánimos en los momentos más difíciles.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, por haberme transmitido sus conocimientos y por haber contribuido en mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 El problema	1
1.2.1 Planteamiento.....	2
1.2.2 Formulación.....	2
1.2.3 Sistematización.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 General.....	3
1.3.2 Específicos.....	3
1.4 Justificación	4
1.4.1 Técnica.....	4
1.4.2 Social-económica.....	5
1.4.3 Ambiental.....	5
1.5 Alcance del diseño estructural	5
1.5.1 Resultados a alcanzar.....	5
1.5.2 Restricciones del diseño estructural.....	6
1.5.3 Aporte académico.....	6
1.5.4 Alcance del aporte académico.....	6
1.6 Ubicación	7
1.7 Servicios básicos	8
1.7.1 Servicios de agua potable.....	8
1.7.2 Servicio de alcantarillado.....	8
1.7.3 Servicios de electricidad.....	8
1.7.4 Servicios de Comunicación.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Introducción	10
2.2 Levantamiento topográfico	10

2.3	Estudio de suelos	10
2.3.1	Distribución granulométrica	11
2.3.2	Límites de Atterberg.....	12
2.3.3	Sistema de clasificación de suelos	13
2.3.3.1	Clasificación de suelos método aashto	14
2.3.3.2	Clasificación de suelos método SUCS	14
2.3.4	Esfuerzos permisibles en la masa del suelo (capacidad admisible del suelo) ...	15
2.4	Diseño arquitectónico	16
2.5	Ingeniería estructural	16
2.5.1	Estructura de sustentación de la cubierta.....	17
2.5.1.1	Cerchas	17
2.5.1.2	Diseño con factores de carga y resistencia (LFRD)	18
2.5.1.3	Factores de carga y combinaciones de cargas.....	18
2.5.1.4	Factores de resistencia	19
2.5.1.5	Diseño de elementos sometidos a tracción	19
2.5.1.6	Diseño de miembros en compresión	20
2.5.1.7	Miembros sometidos a flexión (correas)	22
2.5.1.7.1	Flexión asimétrica	22
2.5.1.8	Diseño de correas	23
2.5.1.9	Placa de apoyo de la cercha	24
2.5.2	Estructura de sustentación de la edificación	26
2.5.2.1	Paquete estructural CYPE CAD 2016.....	26
2.5.2.2	Método de diseño para el hormigón armado	27
2.5.2.2.1	El diseño por estado límite.....	27
2.5.2.2.2	Hipótesis de carga para la estructura de hormigón armado	28
2.5.2.2.3	Coefficiente de poisson	29
2.5.2.2.4	Coefficiente de dilatación térmica.....	29
2.5.2.2.5	Resistencias de cálculo	29
2.5.2.2.6	Diagrama de cálculo tensión – deformación.....	30
2.5.2.2.7	Diagrama parábola-rectángulo del hormigón	30
2.5.2.2.8	Diagrama tensión-deformación del acero	31

2.5.2.2.9	Módulo de deformación longitudinal	31
2.5.2.2.10	Módulo de elasticidad del acero	32
2.5.2.3	Elementos estructurales	32
2.5.2.3.1	Vigas de hormigón armado	32
2.5.2.3.1.1	Cálculo a flexión simple para secciones rectangulares.....	33
2.5.2.3.1.2	Cálculo a flexión simple para secciones en T	37
2.5.2.3.2	Columnas de hormigón armado	41
2.5.2.3.2.1	Coefficientes de pandeo (k).....	41
2.5.2.3.2.2	Esbeltez geométrica y mecánica.....	42
2.5.2.3.2.3	Flexión esviada.....	42
2.5.2.3.2.4	Ábacos adimensionales en roseta	43
2.5.2.3.2.5	Método general de cálculo	45
2.5.2.3.3	Cimentación de hormigón armado	46
2.5.2.3.3.1	Zapatas aisladas	47
2.5.2.3.3.2	Dimensionamiento de zapatas aisladas con carga centrada.....	48
2.5.2.3.3.3	Determinación de las armaduras de tracción	48
2.5.2.3.3.4	Zapata combinada.....	49
2.5.2.3.4	Losas con viguetas prefabricadas de hormigón pretensadas.....	52
2.5.2.3.4.1	Viguetas pretensadas de hormigón.....	53
2.5.2.3.4.2	Complemento	53
2.5.2.3.5	Escalera de hormigón armado	54
2.5.2.3.6	Rampa de hormigón armado	57
2.6	Estrategia para la ejecución del proyecto	58
2.6.1	Especificaciones técnicas.....	58
2.6.2	Cóputos métricos.....	58
2.6.3	Precios unitarios	58
2.6.4	Presupuesto	59
2.6.5	Planeamiento y cronograma.....	59
CAPÍTULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO		61
3.1	Introducción	61

3.2	Análisis del levantamiento topográfico	61
3.3	Análisis del estudio de suelos	62
3.4	Análisis del diseño arquitectónico	63
3.5	Análisis, cálculo y diseño estructural	64
3.5.1	Cálculo de la estructura metálica de la cubierta.....	64
3.5.1.1	Verificación de correas.....	66
3.5.1.2	Diseño de la cercha.....	70
3.5.1.2.1	Comprobaciones manuales de los elementos de la cercha metálica	71
3.5.1.3	Diseño de la placa de apoyo.....	76
3.5.1.4	Diseño de uniones soldadas	80
3.5.2	Modelado de la estructura en software CYPE CAD 2016	81
3.5.3	Cargas actuantes en la estructura	82
3.5.4	Cálculo y verificación de elementos estructurales de hormigón armado	86
3.5.4.1	Vigas de hormigón armado.....	86
3.5.4.1.1	Cálculo de armadura longitudinal positiva	86
3.5.4.1.2	Cálculo de armadura longitudinal negativa	89
3.5.4.1.3	Cálculo de estribos	90
3.5.4.2	Diseño de columnas.....	94
3.5.4.2.1	Determinación de la armadura total (a_s).....	101
3.5.4.2.2	Determinación de la armadura mínima ($a_{s\ min}$).....	102
3.5.4.2.3	Verificación de cuantía geométrica mínima	102
3.5.4.2.4	Cálculo de la armadura transversal de la columna	102
3.5.4.3	Cálculo y verificación de zapata aislada céntrica y combinada.....	104
3.5.4.3.1	Zapata aislada céntrica.....	104
3.5.4.3.1.1	Predimensionamiento de la zapata	105
3.5.4.3.1.2	Determinación y verificación de esfuerzos.....	108
3.5.4.3.1.3	Determinación de la armadura (lado A)	109
3.5.4.3.1.4	Determinación de la armadura (lado B).....	111
3.5.4.3.1.5	Disposición final de armadura.....	113
3.5.4.3.2	Cálculo y verificación de zapata combinada.....	114

3.5.4.3.2.1	Determinación de la excentricidad	114
3.5.4.3.2.2	Condiciones que debe cumplir para que la zapata sea rígida.....	116
3.5.4.3.2.3	Determinación de esfuerzos	116
3.5.4.3.2.4	Diagrama de esfuerzos.....	117
3.5.4.3.2.5	Determinación de la armadura longitudinal.....	117
3.5.4.3.2.6	Armadura transversal en el lado b.....	118
3.5.4.4	Verificación de la vigueta pretensada.....	120
3.5.4.5	Verificación de escaleras de hormigón armado	136
3.5.4.5.1	Cargas actuantes en el vano de la escalera de hormigón armado	137
3.5.4.5.2	Determinación de esfuerzos	138
3.5.4.5.3	Determinación de la armadura longitudinal positiva.....	141
3.5.4.5.4	Cálculo de la armadura longitudinal negativa.....	143
3.5.4.5.5	Cálculo de la armadura inferior de reparto	144
3.5.4.5.6	Cálculo de la armadura superior de reparto	145
3.5.4.5.7	Resumen general de los resultados.....	146
3.5.4.6	Cálculo y verificación de rampa de hormigón armado	147
3.5.4.6.1	Determinación de la armadura longitudinal positiva en dirección “Y”	148
3.5.4.6.2	Cálculo de la armadura negativa en dirección “Y”	150
3.5.4.6.3	Determinación de armadura de corte en vigas de sección T (estribos)	151
3.5.4.6.4	Armadura longitudinal en dirección X	153
3.5.4.7	Provisión de un tanque elevado de almacenamiento de agua	154
3.6	Desarrollo de la estrategia para la ejecución del proyecto	155
3.6.1	Especificaciones técnicas.....	156
3.6.2	Cóputos métricos.....	156
3.6.3	Precios unitarios	157
3.6.3.1	Beneficios sociales	157
3.6.3.1.1	Incidencia de la inactividad	157
3.6.3.1.2	Incidencia de los beneficios	157
3.6.3.1.3	Incidencia de los subsidios.....	158
3.6.3.1.4	Aportes a entidades.....	159
3.6.3.1.5	Seguridad e higiene	159

3.6.3.1.6	Resumen de incidencias	160
3.6.3.2	Maquinaria, equipo y herramientas	160
3.6.3.3	Gastos Generales e Imprevistos	160
3.6.3.4	Utilidad	161
3.6.3.5	Impuestos	161
3.6.3.5.1	Impuesto al Valor Agregado (IVA).....	161
3.6.3.5.2	Impuesto a las Transacciones (IT).....	162
3.6.3.6	Parámetros adoptados para análisis de precios unitarios	162
3.6.4	Presupuesto general.....	163
3.6.5	Cronograma de ejecución	163
CAPÍTULO IV APORTE ACADÉMICO (ANÁLISIS DE VIGAS SUJETAS A ESFUERZOS DE TORSIÓN)		164
4.1	Introducción	164
4.2	Comportamiento de las piezas de hormigón armado sometidas a torsión pura	167
4.2.1	Estado I: Elástico.....	167
4.2.2	Estado II: De fisuración.....	171
4.2.3	Estado III: De Perrotura	172
4.3	Analogía de la celosía tridimensional	172
4.3.1	Torsor absorbido por las armaduras transversales	177
4.3.2	Torsor absorbido por las bielas de compresión.....	179
4.3.3	Torsor absorbido por las armaduras longitudinales	180
4.3.4	Comprobaciones que hay que realizar.....	181
4.3.4.1	Obtención de Tu1	181
4.3.4.2	Obtención de Tu2	182
4.3.4.3	Obtención de Tu3	182
4.3.5	Disposición de armaduras.....	182
4.3.5.1	Armadura longitudinal.....	183
4.3.5.2	Armadura transversal.....	184
4.4	Análisis y diseño de una viga sometida a torsión	185

4.4.1	Diseño de viga a flexión	186
4.4.2	Diseño de viga a torsión	187
4.4.3	Disposición final de armadura longitudinal en la viga analizada a torsión	188
4.4.4	Diseño de viga a cortante.....	189
4.4.5	Diseño de armadura transversal debido a esfuerzo de torsión.....	189
4.4.6	Disposición de armadura final transversal.....	190
4.4.7	Detalle de armado longitudinal y transversal en viga analizada a torsión.....	190
4.4.8	Disposición de armadura a torsión para distintas longitudes de voladizos ...	191
4.4.8.1	Análisis porcentual del incremento de armadura longitudinal y transversal debido al incremento del esfuerzo torsor	193
4.5	Conclusión del aporte académico	193
	Conclusiones y recomendaciones.....	194
	Bibliografía	
	Anexos	
	Planos	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Definición de los Límites de Atterberg	13
Figura 2.2	Modelo de cercha empleado para el diseño	17
Figura 2.3	Distribución de las cargas sobre el perfil	23
Figura 2.4	Diagrama parábola - rectángulo	30
Figura 2.5	Diagramas de cálculo tensión - deformación del acero	31
Figura 2.6	Anchura eficaz de la cabeza de compresión de una sección en T	37
Figura 2.7	Anchura eficaz del ala en vigas en T exentas	38
Figura 2.8	Coefficientes de pandeo para piezas aisladas	41
Figura 2.9	Análisis de la estructura de cimentación	47
Figura 2.10	Formas típicas de zapatas aisladas	47
Figura 2.11	Armadura de tracción en una pieza aislada	49
Figura 2.12	Formas de zapatas combinadas	50
Figura 2.13	Caso general de cargas en zapatas combinadas	50
Figura 2.14	Secciones para flexión transversal	51
Figura 2.15	Esfuerzo cortante en zapatas combinadas	52
Figura 2.16	Losa alivianada con viguetas pretensadas	52
Figura 2.17	Partes constitutivas de una escaleras de H° A°	56
Figura 3.1	Levantamiento topográfico	61
Figura 3.2	Modelado 3D del diseño arquitectónico del internado	63
Figura 3.3	Flexión asimétrica o esviada	67
Figura 3.4	Propiedades geométricas perfil costanera lado con mayor inercia	68
Figura 3.5	Modelo de cercha usado para la estructura dela cubierta	70
Figura 3.6	Hipótesis de cargas sobre la estructura	70
Figura 3.7	Vista frontal de la estructura	81
Figura 3.8	Vista lateral de la estructura	81
Figura 3.9	Corte transversal del forjado de viguetas	82
Figura 3.10	Envoltentes, Momentos (ton. m)	86
Figura 3.11	Diagrama de cortantes (ton)	90
Figura 3.12	Columna más solicitada de la estructura	94
Figura 3.13	Monograma de factor de pandeo	97

Figura 3.14 Ábaco (roseta) de flexión esviada	101
Figura 3.15 Disposición de armadura en zapata.....	113
Figura 3.16 Vista en planta de disposición de viguetas pretensadas	120
Figura 3.17 Características geométricas de viguetas pretensadas	121
Figura 3.18 Características geométricas de complemento de plastofom.....	123
Figura 3.19 Disposición de plastofom en losas.....	123
Figura 3.20 Vista en planta de la escalera de H° A°	136
Figura 3.21 Características geométricas de la escalera de H° A°	137
Figura 3.22 Consideración de las cargas para el cálculo de la armadura principal en la escalera de H° A°	138
Figura 3.23 Diagrama de momentos en la escalera como losa simplemente apoyada	139
Figura 3.24 Consideración de las cargas para el cálculo de la armadura negativa en la escalera de H° A°	140
Figura 3.25 Diagrama de momentos en la escalera como losa empotrada en sus apoyos	141
Figura 3.26 Disposición de armadura en la escalera de H° A°	146
Figura 4.1 Pieza sometida a torsión: la fuerza F no pasa por el centro de esfuerzos cortantes Ot	164
Figura 4.2 Ejemplos de torsión principal (ménsula GH) y torsión secundaria (viga CD)	165
Figura 4.3 Viga de la estructura del internado sometida a sollicitación de torsión principal.....	166
Figura 4.4 Comportamiento de una pieza sometida a torsión	167
Figura 4.5 Distribución de tensiones tangenciales	169
Figura 4.6 Distribución de tensiones tangenciales en secciones de paredes delgadas	169
Figura 4.7 Tensiones principales de compresión.....	170
Figura 4.8 Relación Torsión - Giro.....	170
Figura 4.9 Estado de fisuración	171
Figura 4.10 Armadura helicoidal.....	171
Figura 4.11 Armadura longitudinal en combinación con cercos cerrados.....	172
Figura 4.12 Analogía de celosía tridimensional	173
Figura 4.13 Biela de compresión.....	174
Figura 4.14 Analogía para la pared frontal	174

Figura 4.15 Bielas de compresión	175
Figura 4.16 Representación de celosías planas	175
Figura 4.17 Esfuerzos en los distintos elementos de la celosía tridimensional.....	176
Figura 4.18 Fuerzas F estáticamente equivalentes al torsor T	177
Figura 4.19 Sección quebrada que atraviesa el alma de esta con la dirección de las fisuras	177
Figura 4.20 Tensión que se producen en las bielas	179
Figura 4.21 Tensión en las caras horizontales.....	179
Figura 4.22 Formas de realizar la superposición de armadura longitudinal	183
Figura 4.23 Formas de realizar la superposición de armadura transversal	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Clasificación de suelos por el método AASHTO.....	14
Tabla 2.2	Clasificación de suelos según el sistema SUCS.....	15
Tabla 2.3	Factores de carga según el método LRFD.....	18
Tabla 2.4	Factores de resistencia según el método LRFD.....	19
Tabla 2.5	Coefficientes de minoración de resistencia de los materiales.....	28
Tabla 2.6	Vigas en T exentas.....	39
Tabla 2.7	Vigas en T múltiples.....	39
Tabla 3.1	Especificaciones técnicas viguetas pretensadas CONCRETEC.....	122
Tabla 3.2	Características geométricas del complemento de plastoform.....	122
Tabla 3.3	Incidencia de inactividad.....	157
Tabla 3.4	Incidencia de los beneficios.....	157
Tabla 3.5	Incidencia de los Subsidios.....	158
Tabla 3.6	Incidencia de aportes a entidades.....	159
Tabla 3.7	Incidencia de seguridad e higiene.....	159
Tabla 3.8	Resumen de incidencias.....	160
Tabla 4.1	Valores de α y β	168
Tabla 4.2	Análisis de incremento de armadura por torsión.....	193

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A – 1	Tabla universal de cuantía mecánica para flexión simple.....
Anexo A – 2	Tabla de cuantías geométricas mínimas y diagramas de interacción.....
Anexo A – 3	Estudio de suelos de fundación.....
Anexo A – 4	Determinación del dominio de deformación para vigas.....
Anexo A – 5	Especificaciones técnicas.....
Anexo A – 6	Planilla de cálculos métricos.....
Anexo A – 7	Presupuesto general.....
Anexo A – 8	Análisis de precios unitarios.....
Anexo A – 9	Cronograma de ejecución.....
Anexo A – 10	Verificación de esfuerzos CYPE CAD vs SAP 2000.....
Anexo A – 11	Listado de datos de obra (CYPE CAD).....

ÍNDICE DE PLANOS

Plano N° 1	Diseño arquitectónico
Plano N° 2	Armadura y geometría de zapatas
Plano N° 3	Armadura y geometría de zapatas y columnas
Plano N° 4	Instalación de bajantes pluviales y disposición de tanque elevado
Plano N° 5	Replanteo de vigas
Plano N° 6	Disposición de armaduras para vigas.....
Plano N° 7	Disposición de armaduras para vigas
Plano N° 8	Disposición de armaduras para vigas.....
Plano N° 9	Disposición de armaduras para vigas
Plano N° 10	Disposición de armaduras para rampa
Plano N° 11	Detalle de armado para losas, escaleras y vigas sujetas a esfuerzo de torsión ..
Plano N° 12	Armado y disposición de la estructura metálica de la cubierta