

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



**TOMO I**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MÓDULO NIVEL SECUNDARIO, DEL  
NÚCLEO EDUCATIVO HUMANÍSTICO- TÉCNICO EN SANTA ANA LA  
NUEVA”**

**POR:**

**CUEVAS ARECO DARIO FERNANDO**

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE II 2023**  
**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 MÓDULO NIVEL SECUNDARIO, DEL  
NÚCLEO EDUCATIVO HUMANÍSTICO- TÉCNICO EN SANTA ANA LA  
NUEVA”**

**POR:**

**CUEVAS ARECO DARIO FERNANDO**

**SEMESTRE II 2023**  
**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

*A mi padre Giovanni Cuevas, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y el sacrificio demostrado día a día, para que pueda llegar hasta esta etapa.*

*A mi madre Roxana Areco, por ser fuente de inspiración y sacrificio, por confiar siempre en mi persona y acompañarme en este momento de mi vida.*

*A mi hijo Aaron por darle un impulso de amor a mi vida*

*A mi hermano Alejandro por estar siempre a mi lado.*

*A Jessica Duran por su apoyo de principio a fin en esta etapa.*

*A mis seres queridos que partieron, que siempre fueron un pilar fundamental en mi vida*

*A mi familia por siempre apoyarme y brindarme su cariño*

*A mis amigos por ser pilar fundamental en mi formación académica.*

*Y por sobre todo se lo dedico a Dios por bendecirme todos los días.*

## ÍNDICE

1. Antecedentes .....	1
1.1. El problema .....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del Problema .....	2
1.1.3. Sistematización del Problema .....	2
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. General .....	2
1.2.2. Específicos .....	3
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. Académica.....	4
1.3.2. Técnica .....	4
1.3.3. Social.....	4
1.4. Alcance del proyecto.....	4
1.4.1 Aporte académico.....	4
1.5. Restricciones del proyecto .....	5
1.6. Localización del proyecto. ....	5
2. Marco Teórico.....	6
2.1. Levantamiento Topográfico .....	6
2.1.1. Curvas de Nivel.....	6
2.1.2. Consideraciones para Tener Presente en la Representación del Relieve ....	6
2.2 Estudio De Suelos .....	7
2.2.1 Prueba de Penetración Estándar (S.P.T) .....	8

2.2.1.1. Fundamentos teóricos.....	8
2.2.1.2. Equipo .....	8
2.2.1.3. Procedimiento. ....	9
2.3. Diseño Arquitectónico .....	11
Metodología empleada en un Diseño Arquitectónico.....	12
2.4. Idealización Estructural.....	12
2.5. Estructura Metálica de cubierta.....	13
2.5.1. Cargas de viento.....	14
2.5.2. Combinaciones de Carga.....	14
2.5.3. Análisis de miembros de acero. ....	15
2.5.4. Diseño de miembros a Flexión.....	15
2.5.5. Diseño de miembros a tensión. ....	16
2.5.5.1 Área neta efectiva.....	18
2.5.6. Diseño de miembros a compresión. ....	19
2.5.6.1. Parámetro de esbeltez.....	20
2.5.7. Diseño de uniones soldadas .....	21
2.5.8. Diseño de uniones atornilladas.....	21
2.6. Hormigón Armado .....	22
2.6.1. Materiales.....	22
2.6.1.1. Cemento .....	22
2.6.1.2. Áridos.....	22
2.6.1.2.1. Tamaño máximo del agregado grueso.....	22
2.6.1.2. Agua .....	23
2.6.2. Propiedades del Hormigón.....	23
2.6.2.1. Resistencia.....	23
2.7. Diseño estructural.....	25

2.7.1. Cargas.....	25
2.7.2. Módulo de Elasticidad.....	26
2.7.2.1. Módulo de elasticidad del hormigón.....	26
2.7.2.2. Módulo de elasticidad de las armaduras no pretensadas.....	27
2.7.3. Luz de Cálculo .....	27
2.7.3.1. Elementos simplemente apoyados .....	27
2.7.3.2. Elementos aporricados .....	27
2.7.3.3. Vigas continuas e integrales.....	27
2.7.3.4. Losas .....	27
2.7.4. Factor de reducción de resistencia $\phi$ .....	28
2.7.5. Estructura de sustentación de la edificación .....	29
2.7.5.1. Diseño de losas.....	29
2.7.5.1.1. Losas con casetón perdido.....	29
2.7.5.2. Diseño de vigas .....	32
2.7.5.2.1. Diseño a flexión.....	32
2.7.5.2.2. Diagrama rectangular de tensiones.....	33
2.7.5.2.3. Armadura mínima en elementos sometidos a flexión .....	34
2.7.5.2.4. Espaciamiento de la armadura de tracción .....	34
2.7.5.2.5. Diseño a cortante .....	35
2.7.5.3. Diseño de columnas .....	37
2.7.5.3.1. Dimensionamiento de columnas.....	38
2.7.5.3.2. Límites para las armaduras de elementos comprimidos.....	38
2.7.5.3.3. Espaciamiento entre barras del refuerzo a tracción .....	38
2.7.5.3.4. Diseño a corte .....	39
2.7.5.3.5. Efectos de la esbeltez en elementos comprimidos .....	40
2.7.5.3.6. Determinación de los factores k con nomogramas.....	42
2.7.5.3.7. Diagrama de interacción para columnas de hormigón .....	43
2.7.6. Estructuras complementarias .....	45
2.7.6.1. Losa maciza (Rampa).....	45

2.7.6.2. Escaleras.....	46
2.7.6.2.1. Proceso de cálculo .....	46
2.7.7. Fundaciones.....	49
2.7.7.1. Presiones permisibles del suelo.....	50
2.7.7.2. Zapata cuadrada o rectangular aislada .....	50
2.8. Estrategia para la ejecución del proyecto.....	54
2.8.1. Especificaciones técnicas .....	54
2.8.2. Precios unitarios .....	54
2.8.3. Cómputos métricos.....	55
2.8.4. Presupuesto .....	55
2.8.5. Planteamiento y cronograma de obra.....	56
3. Ingeniería del proyecto.....	57
3.1. Análisis de levantamiento topográfico.....	57
3.2. Análisis del estudio de suelos .....	58
3.3. Análisis del diseño arquitectónico .....	59
3.4 Planteamiento estructural .....	59
3.4.1. Estructura de cubierta.....	60
3.4.2 Estructura de sustentación.....	61
3.4.3 Estructuras complementarias .....	61
3.5. Análisis, cálculo y diseño estructural.....	61
3.5.1. Estructura de sustentación de cubierta .....	62
3.5.1.1 Diseño geométrico de la estructura .....	62
3.5.1.2 Análisis y determinación de cargas.....	62
3.5.1.3 Distribución de cargas en la estructura de la cubierta.....	65
3.5.1.4. Diseño de los elementos.....	67

3.5.1.4.1. Diseño de Correa .....	67
3.5.1.4.2. Diseño de elemento sometido a compresión. ....	77
3.5.1.4.3. Diseño de elemento sometido a tracción. ....	83
3.5.1.4.4. Diseño de Uniones y Placa de Apoyo .....	87
3.5.2. Diseño de Junta de Dilatación.....	91
3.5.3. Tanque de Agua .....	94
3.5.4. Diseño de los Elementos Estructurales de Sustentación de la Edificación .....	95
3.5.4.1 Cargas consideradas sobre las estructuras.....	95
<b>3.5.4.2</b> Diseño Estructural de losa casetonada en dos direcciones con casetón perdido.....	100
3.5.4.3 Diseño Estructural de viga .....	118
3.5.4.4 Diseño Estructural de columna .....	133
3.5.4.5 Diseño Estructural de estructuras complementarias .....	151
3.5.4.5.1. Diseño Estructural de losa maciza (rampa) .....	151
3.5.4.5.2. Diseño Estructural de escalera.....	158
3.5.4.6 Diseño Estructural de zapatas aisladas.....	169
4. Aporte Académico .....	183
4.1 Generalidades.....	183
4.2 Marco Teórico.....	183
4.2.1 Forjado reticular.....	183
4.2.1.1. Ventajas y desventajas de un forjado reticular frente a otro tipo de forjados.....	184
4.2.2. Tipos de forjados reticulares. ....	184
4.2.2.1. Forjados reticulares con casetones de aligeramiento perdido .....	185
4.2.2.1. Forjados reticulares con casetones de aligeramiento recuperable.....	186
4.2.3. Geometría de los nervios.....	187
4.4. Diseño de losa reticular .....	189



4.4.1 Diseño de losa reticular con casetón recuperable. ....	189
4.4.2 Diseño de losa con casetón perdido. ....	200
4.5. Diferencias en el proceso constructivo .....	200
4.5.1 Proceso constructivo de una losa con casetones recuperables. ....	200
4.5.2 Proceso constructivo de una losa con casetones perdidos. ....	203
4.6. Análisis comparativo entre una losa con casetones perdidos y una losa con casetones recuperables .....	206
4.6.1 Análisis Económico. ....	206
4.6.2 Análisis Técnico.....	211
4.6.2.1 Comparación en peso. ....	211
4.6.2.2 Comparación de la resistencia.....	214
4.6.2.3 Comparación de la rigidez .....	214
4.6.2.4 Comparación del tiempo de ejecución .....	215
4.4.2.5 Comparación de limpieza y seguridad .....	216
5. Conclusiones .....	217
6. Recomendaciones.....	220
Bibliografía .....	221

## **ANEXOS**

ANEXO 1. PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

ANEXO 2. ESTUDIO DE SUELOS Y MÓDULO DE BALASTO.

ANEXO 3. CARGA DE VIENTO Y ESFUERZOS EN CERCHAS.

ANEXO 4. PROPIEDADES DE PERFILES PARA CERCHA METÁLICA.

ANEXO 5. VERIFICACIÓN DE ABOLLADURA DE PERFILES METÁLICOS Y VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS EN LOSA.

ANEXO 6. TABLAS DE CARGAS Y ACCIONES EN LA ESTRUCTURA.

ANEXO 7. SECCIONES DE CASETONES RECUPERABLES.

ANEXO 8. PLANOS ESTRUCTURALES.

ANEXO 9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

ANEXO 10. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

ANEXO 11. CÓMPUTOS MÉTRICOS.

ANEXO 12. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO.

ANEXO 13. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ubicación del proyecto.....	5
<b>Figura 2.1</b> Variación de $\emptyset$ en función y de la deformación de la armadura traccionada de et.....	28
<b>Figura 2.2</b> Armado de losa capetonada.....	30
<b>Figura 2.3</b> Limitaciones dimensionales para losas nervadas .....	30
<b>Figura 2.4</b> Distribución rectangular equivalente de tensiones en el hormigón .....	33
<b>Figura 2.5</b> Hipótesis para calcular momentos en las columnas debidos a cargas gravitatorias.....	37
<b>Figura 2.6</b> Espaciamiento entre barras del refuerzo a tracción.....	39
<b>Figura 2.7</b> Esquema para la consideración de la esbeltez de columnas según se trate de pórticos desplazables o indesplazables.....	41
<b>Figura 2.8</b> Factores de longitud efectiva.....	42
<b>Figura 2.9</b> Factores de longitud efectiva.....	44
<b>Figura 2.10</b> Distribución de deformaciones correspondientes a los puntos del diagrama de interacción.....	44
<b>Figura 2.11</b> Escalera y sus elementos .....	47
<b>Figura 2.12</b> Hormigón de limpieza y recubrimiento.....	51
<b>Figura 2.13</b> Cortante bidireccional en zapata que soporta columna .....	52
<b>Figura 2.14</b> Sección crítica para el cálculo del momento en zapata que soporta... columna.....	53
<b>Figura 3.1</b> Curvas de nivel del terreno.....	57
<b>Figura 3.2</b> Planteamiento estructural .....	60
<b>Figura 3.3</b> Estructura de cubierta .....	60

<b>Figura 3.4</b> Diseño geométrico de la estructura metálica .....	62
<b>Figura 3.5</b> Acciones del viento .....	64
<b>Figura 3.6</b> Áreas de aporte .....	65
<b>Figura 3.7</b> Numeración de nodos y cargas sobre cercha .....	66
<b>Figura 3.8</b> Descomposición de fuerzas en correa .....	68
<b>Figura 3.9</b> Disposición de cruces de San Andrés .....	85
<b>Figura 3.10</b> Placa de anclaje .....	91
<b>Figura 3.11</b> Ubicación de juntas de dilatación .....	93
<b>Figura 3.12</b> Detalle de ladrillo cerámico.....	97
<b>Figura 3.13</b> Detalle de barandado de tubo galvanizado .....	99
<b>Figura 3.14</b> Sección transversal de losa casetonada en dos direcciones .....	101
<b>Figura 3.15</b> Ancho efectivo para vigas con losa integrales.....	102
<b>Figura 3.16</b> Ancho de losa casetonada y disposición de $\alpha$ .....	102
<b>Figura 3.17</b> ancho de estudio de losa casetonada.....	105
<b>Figura 3.18</b> Momentos positivos y negativos en x, y en losa casetonada para el ancho de estudio. ....	106
<b>Figura 3.19</b> Desplazamiento de losa casetonada.....	111
<b>Figura 3.20</b> Deducción de la ecuación de momento resistente. ....	112
<b>Figura 3.21</b> Distribución de aceros en losa con casetón perdido. ....	114
<b>Figura 3.22</b> Cortante en losa casetonada en dos direcciones. ....	115
<b>Figura 3.23</b> Distribución de aceros de corte en losa casetonada en dos direcciones con casetón perdido.....	118
<b>Figura 3.24</b> Diagrama de momentos de viga entre columna 76-77 .....	119
<b>Figura 3.25</b> Diagrama de cortante de viga entre columna 76-77 .....	129

<b>Figura 3.26</b>	Detalle transversal de armadura de viga simplemente armada.....	132
<b>Figura 3.27</b>	Detalle longitudinal de armadura de viga simplemente armada.....	133
<b>Figura 3.28</b>	Ubicación de columna 75 .....	133
<b>Figura 3.29</b>	Representación gráfica de los elementos que concurren en la columna 135	
<b>Figura 3.30</b>	Factor de longitud efectiva para columna 75.....	137
<b>Figura 3.31</b>	esfuerzos en columna.....	138
<b>Figura 3.32</b>	Cuantías y distancia de líneas de acero .....	141
<b>Figura 3.33</b>	Diagrama de interacción de columnas .....	148
<b>Figura 3.34</b>	Detalle de armadura de columna .....	151
<b>Figura 3.35</b>	Vistas en planta y corte de rampa.....	151
<b>Figura 3.36</b>	Momentos positivos y negativos en x-y para losa maciza.....	154
<b>Figura 3.37</b>	Distribución de aceros en losa maciza.....	158
<b>Figura 3.38</b>	Geometría de escalera.....	161
<b>Figura 3.39</b>	Cargas en escalera .....	161
<b>Figura 3.40</b>	Diagrama de momentos de escalera como elemento espacial. ....	162
<b>Figura 3.41</b>	Diagrama de axiles en escalera.....	163
<b>Figura 3.42</b>	Detalle de armadura de escalera. ....	169
<b>Figura 3.43</b>	Esfuerzos en el terreno .....	171
<b>Figura 3.44</b>	Cortante por punzonamiento .....	172
<b>Figura 3.45</b>	Sección crítica de zapata.....	173
<b>Figura 3.46</b>	Esfuerzo de corte crítico en zapata.....	175
<b>Figura 3.47</b>	Cara crítica de la columna en x .....	177
<b>Figura 3.48</b>	Cara crítica de la columna en y .....	180

<b>Figura 3.49</b> Detalle de armadura de zapata.....	182
<b>Figura 4.1</b> Casetones de aligeramiento perdido .....	186
<b>Figura 4.2</b> Casetones de aligeramiento recuperable.....	187
<b>Figura 4.3</b> Diferencia de nervios entre una losa de casetón perdido y una losa de casetón recuperable. ....	188
<b>Figura 4.4</b> Sección en estudio de losa con casetón recuperable.....	188
<b>Figura 4.5</b> Momentos positivos y negativos en x, y en losa con casetones recuperables para el ancho de estudio. ....	189
<b>Figura 4.6</b> Idealización de la inclinación del casetón recuperable.....	192
<b>Figura 4.7</b> Desplazamiento de losa con casetones recuperables. ....	195
<b>Figura 4.8</b> Distribución de aceros en losa casetonada con casetones recuperables. 197	
<b>Figura 4.9</b> Cortante total de losa con casetones recuperables.....	197
<b>Figura 4.10</b> Distribución de aceros de corte en losa con casetones recuperables.	200
<b>Figura 4.11</b> Encaje de moldes recuperables.....	201
<b>Figura 4.12</b> Vista transversal del armado de casetones recuperables. ....	202
<b>Figura 4.13</b> Superficie de losa reticular recuperable.....	208
<b>Figura 4.14</b> Volumen de losa con casetón perdido. ....	212

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Tamaños mínimos para la soldadura filete.....	21
<b>Tabla 2.2</b> Resistencia de electrodos. ....	21
<b>Tabla 2.3</b> Valor mínimo de $f_c'$ a especificar en el proyecto estructural en función de las condiciones de exposición .....	23
<b>Tabla 2.4</b> Combinaciones de Carga.....	25
<b>Tabla 2.5</b> Reducción del factor de resistencia $\phi$ , para momentos, fuerzas axiales o combinación de momento y fuerza axial. ....	29
<b>Tabla 2.6</b> $A_{smin}$ para losa casetonada y armadura de reparto por temperatura o gradiente térmico.....	31
<b>Tabla 2.7</b> Valores de $\beta_1$ para la distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el hormigón.....	34
<b>Tabla 2.8</b> Método detallado para calcular $V_c$ . ....	39
<b>Tabla 2.9</b> Espesor mínimo de losa en 2 direcciones .....	45
<b>Tabla 3.1</b> Caracterización del suelo .....	58
<b>Tabla 3.2</b> Estados de carga en correa .....	68
<b>Tabla 3.3</b> Análisis de carga para contraventeos .....	85
<b>Tabla 3.4</b> Características de los elementos que concurren en la columna .....	135
<b>Tabla 3.5</b> Puntos del diagrama de interacción.....	146
<b>Tabla 3.6</b> Cargas en escalera .....	160
<b>Tabla 4.1</b> Análisis económico entre losas en obra gruesa.....	207

<b>Tabla 4.2</b> Análisis económico entre losas en obra fina .....	209
<b>Tabla 4.3</b> Análisis económico entre losas en obra fina afectado por el factor de área 210	
<b>Tabla 4.5</b> Diferencia en peso entre losa de casetón perdido y losa de casetón recuperable. ....	213
<b>Tabla 4.6</b> Comparación de resistencia entre losa de casetón perdido y losa de casetón recuperable. ....	214
<b>Tabla 4.7</b> Comparación de rigidez entre losa de casetón perdido y losa de casetón recuperable. ....	214
<b>Tabla 4.8</b> Comparación de tiempo de ejecución entre losa de casetón perdido y losa de casetón recuperable. ....	215