

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



**TOMO I: TEXTO Y ANEXOS 1 AL 11**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA  
SAN JORGE - NIVEL PRIMARIO”**

**(Ciudad de Tarija)**

Por:

**HOYOS ESTRADA JUDITH**

**MARZO - 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**

**TOMO I: TEXTO Y ANEXOS 1 AL 11**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA**  
**SAN JORGE – NIVEL PRIMARIO”**

**(Ciudad de Tarija)**

Por:

**HOYOS ESTRADA JUDITH**

**EN LA ASIGNATURA CIV-502 GRUPO: 1**

**SEMESTRE I - 2021**

**Tarija – Bolivia**

**VºBº**

-----  
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. Carola Sánchez López

-----  
Ing. Liliana Carola Miranda Encinas

-----  
Ing. Armando Almendras Saravia

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 de la autora.

### **Dedicatoria:**

A mis padres:(Edmundo y Amelia), ya que son mi pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello de una manera desinteresada y llena de amor.

A mis hermanos ( Gamaliel, Ariel, J. José y E. Richard) que han sido mi ejemplo de lucha para alcanzar mis metas.

A todas las personas que hicieron posible este trabajo.

### **Agradecimiento:**

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.

Agradezco mucho por la ayuda a mis docentes, también a mis compañeros y amistades, en especial a:

Ing. Jesús Arias, MSc. Ing. Fernando Mur y MSc. Ing. J. Carlos loza que me apoyaron en este logro y a la universidad en general por todos los conocimientos que me ha concedido.

**Pensamiento:**

Fíate de Jehová de todo tu corazón, y no te apoyes en tu propia prudencia.

Reconócelo en todos tus caminos, y el enderezará tus veredas.

Proverbios 3:5-6

# ÍNDICE

Ética de Autoría.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimiento.....	III
Pensamiento.....	IV
Resumen Ejecutivo.....	V

## CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

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.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.3.1 Académica.....	4
1.3.2 Técnica.....	4
1.3.3 Social.....	4
1.3.4 Ambiental.....	4
1.4 Alcance del Proyecto.....	5
1.5 Aporte Académico.....	5
1.6 Localización del Proyecto.....	6
1.6.1 Servicios Básicos Existentes.....	7

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Levantamiento Topográfico.....	8
2.2 Estudio de Suelos.....	9
2.3. Diseño Arquitectónico.....	10
2.4. Idealización de la Estructura.....	10
2.4.1. Sustentación de la edificación.....	10
2.4.2. Fundaciones.....	10
2.5 Diseño Estructural.....	11



2.5.1. Hormigón armado .....	11
2.5.2. Cubierta de losa.....	21
2.5.3. Pórticos.....	23
2.5.3.1 Estructura de Sustentación Vigas.....	23
2.5.3.2. Estructura de sustentación columnas .....	28
2.5.4. Entrepisos.....	35
2.5.4.1. Diseño de losa, “Losa Casetonada de H°A°” .....	35
2.5.5. Fundaciones .....	37
2.5.5.1. Zapata Aisladas .....	37
2.5.6. Obras Complementarias .....	46
2.5.6.1. Escaleras.....	46
2.5.6.2. Rampa .....	50
2.5.6.3. Diseño de Juntas de Dilatación .....	57
2.6. Planificación y Presupuesto de Obra.....	58
2.6.1. Especificaciones Técnicas.....	58
2.6.2. Cómputos Métricos .....	58
2.6.3. Precios Unitarios .....	59
2.6.4. Presupuesto del Proyecto .....	59
2.6.5. Cronograma de Ejecución del Proyecto.....	59

### **CAPÍTULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO**

3.1. Levantamiento Topográfico .....	60
3.2. Estudio de Suelos .....	61
3.2.1. Descripción de las Muestras .....	61
3.2.2. Ensayo de Penetración Dinámica.....	61
3.2.3. Propiedades Físico-Mecánicas .....	62
3.2.4. Cálculos.....	63
3.3. Diseño Arquitectónico .....	70
3.4. Idealización de la Estructura .....	71
3.4.1. Sustentación de la edificación.....	71
3.4.2. Fundaciones .....	71
3.4.3. Obras Complementarias .....	72
3.5. Diseño Estructural .....	72
3.5.1. Análisis de Cargas.....	72

3.5.2. Cubierta de Losa .....	88
3.5.3. Pórticos .....	90
3.5.3.1. Vigas .....	90
3.5.3.2. Columnas .....	109
3.5.4. Entrepisos .....	118
3.5.4.1. Losa Reticular .....	118
3.5.5. Fundación .....	119
3.5.5.1. Zapata Aislada.....	119
3.5.6. Obras Complementarias .....	133
3.5.6.1. Escaleras.....	133
3.5.6.2. Rampa .....	146
3.5.6.3. Diseño de Juntas de Dilatación .....	152
3.6 Planificación y Presupuesto de Obra.....	155
3.6.1. Especificaciones Técnicas .....	155
3.6.2. Computos Métricos .....	155
3.6.3. Precios Unitarios .....	155
3.6.4. Presupuesto General .....	155
3.6.5. Cronograma de Ejecución del Proyecto .....	155

## **CAPÍTULO IV**

### **APORTE ACADÉMICO (DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOSA RETICULAR)**

4.1. Generalidades.....	156
4.2. Marco Teórico.....	156
4.2.1. Diseño a flexión .....	171
4.2.2. Diseño acortante.....	176
4.2.3. Verificación de flechas de forjados reticulares .....	177
4.2.4. Armadura de reparto por temperatura y retracción de fraguado .....	177
4.2.5. Ábacos.....	178
4.2.6. Punzonamiento.....	179
4.3. Alcance del proyecto:.....	181
4.4 Aporte Académico- Diseño de losa reticular .....	181
4.5 Diseño de Losa Reticular (Casetón de Aligeramiento Perdido) .....	182
4.5.1 Diseño a flexión .....	184
4.5.1.1. Diseño a flexión armadura positiva.....	184

4.5.1.2. Diseño a flexión armadura negativa.....	192
4.5.2. Diseño a cortante en la sección crítica .....	197
4.5.3. Armadura de reparto por retracción de fraguado y cambios de temperatura .....	199
4.5.4. Comprobación de flechas de forjados reticulares .....	201
4.5.5. Ábacos .....	202
4.5.5.1. Diseño a flexión de armadura negativa.....	204
4.6 Diseño de Losa Reticular (Casetón de Aligeramiento Recuperable) .....	211
4.6.1 Diseño a flexión .....	213
4.6.1.1. Diseño a flexión armadura positiva.....	213
4.7 Comparación Técnico-Económico de Losas Reticulares .....	224
4.7.1 Comparación del proceso constructivo de las losas reticulares .....	224
4.7.1.1. Losa reticular con casetón de aligeramiento perdido.....	224
4.7.1.2. Losa reticular con casetón de aligeramiento recuperable .....	225
4.7.2 Resistencia de las Losas Reticulares .....	226
4.7.2.1.Comparación de losas reticulares con casetón de aligeramiento perdido.... ..	226
4.7.2.2.Comparación de losas reticulares con casetón de aligeramiento perdido frente a losas reticulares con casetón de aligeramiento recuperable.....	227
4.7.3 Comparación Económica .....	228
4.7.3.1. Losas reticulares con casetón de aligeramiento perdido.....	228
4.7.3.2. Losa reticulares con casetón de aligeramiento recuperable.....	229
4.7.4 Tiempo de Ejecución .....	230
4.7.4.1. Losas reticulares con casetón de aligeramiento perdido.....	230
4.7.4.2. Losa reticulares con casetón de aligeramiento recuperable.....	230
4.7.4.3. Comparación de losas reticulares con casetón de aligeramiento perdido frente a losas reticulares con casetón de aligeramiento recuperable .....	230
4.7.5 Ventajas y Desventajas de Losas Reticulares con Casetón Perdido frente a Losas Reticulares con Casetón Recuperable .....	231
CONCLUSIONES.....	232
RECOMENDACIONES.....	233
BIBLIOGRAFÍA.....	234
ANEXOS.....	235

## Índice de Figuras

Figura N° 1.1 Imagen satelital del terreno.....	6
Figura N°1.2 Ubicación con calles.....	6
Figura N° 2.1 Curvas de nivel.....	8
Figura N° 2.2 Idealización de la fundación.....	11
Figura N°2.3 Formas de anclaje.....	14
Figura N° 2.4 Longitud de anclaje en centímetros ( $\varnothing$ en centímetros) .....	15
Figura N° 2.5 Ábaco en roseta para flexión esviada.....	33
Figura N°2.6 Transferencia de carga sección T.....	36
Figura N° 2.7 Solicitaciones presentes en una Zapata aislada.....	37
Figura N° 2.8 Geometría de la Zapata en estudio.....	40
Figura N°2.9 Distribución de tensiones en el terreno.....	41
Figura N° 3.1 Fotografía del lugar de emplazamiento de la obra.....	60
Figura N° 3.2 Fotografía del lugar de emplazamiento de la obra.....	61
Figura N° 3.3 Ensayo N° 1.....	65
Figura N° 3.4 Ensayo N° 2.....	66
Figura N° 3.5 Ensayo N° 3.....	67
Figura N° 3.6 Sondeos.....	68
Figura N° 3.7 Diseño arquitectónico.....	70
Figura N° 3.8 Vista en 3D de la estructura.....	71
Figura N° 3.9 Zapatas.....	71
Figura N° 3.10 Escaleras.....	72
Figura N° 3.11 Tabiquería sobre la losa.....	75

Figura N° 3.12 Vista en planta azotea.....	77
Figura N° 3.13 Características técnicas del muro de ladrillo.....	79
Figura N° 3.14 Especificaciones técnicas ladrillo 6 huecos.....	80
Figura N° 3.15 Peso del revoque del muro.....	81
Figura N° 3.16 Barandado metálico .....	84
Figura N° 3.17 Geometría de la losa reticular.....	88
Figura N° 3.18 Envolvente de diseño de la viga.....	90
Figura N° 3.19 Recubrimiento.....	91
Figura N° 3.20 Longitud de anclaje en centímetros ( $\phi$ en centímetros) .....	98
Figura N° 3.21 Decalamiento de armadura longitudinal.....	100
Figura N° 3.22 Fuerzas cortantes presentes en elementos, sobre la cara del Apoyo y a una distancia igual al canto útil .....	101
Figura N° 3.23 Representación gráfica de los esfuerzos de corte presentes en la viga.....	103
Figura N° 3.24 Representación gráfica de los esfuerzos de corte presentes en la viga.....	104
Figura N° 3.25 Representación gráfica de los esfuerzos de corte presentes en la viga.....	106
Figura N° 3.26 Detalle de la armadura de estribos .....	107
Figura N° 3.27 Columna en estudio .....	110
Figura N° 3.28 Ábaco en roseta para flexión esviada.....	114
Figura N° 3.29 Geometría de la losa reticular .....	118
Figura N° 3.30 Geometría de la Zápata.....	120
Figura N° 3.31 Geometría de la Zapata aislada céntrica.....	122

Figura N° 3.32 Cálculo a flexión de una Zapata flexible .....	123
Figura N° 3.33 Geometría de la Zapata a punzonamiento.....	127
Figura N° 3.34 Esfuerzos en la zapata .....	128
Figura N° 3.35 Comprobación a cortante.....	130
Figura N° 3.36 Disposición de la armadura de la Zapata.....	131
Figura N° 3.37 Vista en planta escalera .....	133
Figura N° 3.38 Características geométricas de la escalera.....	134
Figura N° 3.39 Diagrama de momentos de la escalera, como losa simplemente apoyada.....	137
Figura N° 3.40 Diagrama de momentos positivos.....	138
Figura N° 3.41 Diagrama de momentos negativos.....	141
Figura N° 3.42 Detalle de armaduras.....	144
Figura N° 3.43 Representación gráfica de la losa de rampa.....	146
Figura N° 3.44 Representación diagrama de cuerpo libre de la rampa.....	147
Figura N° 3.45 Detalle de las juntas.....	152
Figura N° 4.1 Forjados reticulares con casetones de aligeramiento perdido.....	157
Figura N° 4.2 Forjados reticulares con casetones de aligeramiento recuperable	158
Figura N° 4.3 Geometría de la losa reticular .....	160
Figura N° 4.4 Tipos de forjados.....	161
Figura N° 4.5 Forjados reticulares .....	161
Figura N° 4.6 Ábacos.....	162
Figura N° 4.7 Diferencias básicas entre nervios de los forjados reticulares de casetones perdidos y recuperables.....	164

Figura N° 4.8 Geometría de secciones.....	165
Figura N° 4.9 Separación de nervios .....	165
Figura N° 4.10 Orientación de los nervios .....	167
Figura N° 4.11 Tamaño mínimo recomendado para los ábacos.....	168
Figura N° 4.12 Sección transversal de un forjado reticular por el ábaco.....	169
Figura N° 4.13 Espesor mínimo de la capa de compresión para los reticulares recuperables .....	170
Figura N° 4.14 Proceso de encofrado y desencofrado en casetones recuperables.. .....	171
Figura N° 4.15 Recubrimiento mecánico en nervios.....	172
Figura N° 4.16 Diagrama rectangular.....	174
Figura N° 4.17 Dimensiones de la losa reticular .....	176
Figura N° 4.18 Tamaño mínimo recomendado para los ábacos.....	178
Figura N° 4.19 Perímetro crítico en losas.....	180
Figura N° 4.20 Parámetros geométricos de losa reticular.....	184
Figura N° 4.21 Sección analizada de la losa reticular.....	185
Figura N° 4.22 Diagrama rectangular.....	186
Figura N° 4.23 Diagrama rectangular.....	188
Figura N° 4.24 Momentos en dirección X .....	190
Figura N° 4.25 Momentos en dirección Y .....	191
Figura N° 4.26 Diagrama rectangular .....	192
Figura N° 4.27 Momentos en dirección X .....	194

Figura N° 4.28 Momentos en dirección Y .....	195
Figura N° 4.29 Sección de la cortante analizada.....	197
Figura N° 4.30 Sección de la cortante analizada.....	197
Figura N° 4.31 Armadura de reparto.....	200
Figura N° 4.32 Flechas.....	201
Figura N° 4.33 Momentos en dirección X .....	203
Figura N° 4.34 Momentos en dirección Y .....	203
Figura N° 4.35 Diagrama rectangular .....	204
Figura N° 4.36 Momentos en dirección X .....	206
Figura N° 4.37 Momentos en dirección Y .....	209
Figura N° 4.38 Parámetros geométricos de la losa reticular.....	213
Figura N° 4.39 Sección analizada de la losa reticular .....	214
Figura N° 4.40 Diagrama rectangular .....	215
Figura N° 4.41 Momentos en dirección X .....	220
Figura N° 4.42 Momentos en dirección Y .....	221
Figura N° 4.43 Forjados reticulares con casetones de aligeramiento perdidos...	224
Figura N° 4.44 Forjados reticulares con casetones de aligeramiento recuperable... .....	225
Figura N° 4.45 Forjados reticulares con casetones de aligeramiento perdidos ..	226
Figura N° 4.46 Forjados reticulares con casetones de aligeramiento perdidos y casetones de aligeramiento recuperables.....	227
Figura N° 4.47 Precios unitarios de losas reticulares con casetón perdido...	228
Figura N° 4.48 Precios unitarios de losas reticulares con casetón recuperable.	229



## **ANEXOS**

Anexo 1 Ubicación del Terreno.

Anexo 2 Estudio de Suelos.

Anexo 3 Especificaciones Técnicas.

Anexo 4 Cómputos Métricos.

Anexo 5 Presupuesto General.

Anexo 6 Análisis de Precios Unitario.

Anexo 7 Precios Unitarios Elementales.

Anexo 8 Resumen General.

Anexo 9 Desglose de Insumos por Item.

Anexo 10 Cronograma de Ejecución.

Anexo 11 Memoria de Cálculo del Programa.

Anexo 12 Planos de Diseño Estructural.