UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

"ANÁLISIS, DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA RÍO SECO"

(PROVINCIA E. MÉNDEZ - SAN LORENZO – DEPARTAMENTO DE TARIJA)

POR:

WILFREDO GONZALES OVANDO

SEMESTRE I-2026

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

"ANÁLISIS, DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA RÍO SECO"
(PROVINCIA E. MÉNDEZ - SAN LORENZO – DEPARTAMENTO DE TARIJA)

POR:

WILFREDO GONZALES OVANDO

Proyecto de grado presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I-2026

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de seguir elevando mis conocimientos, por la salud y por las oportunidades que pones en mi camino.

A mi padre Leonerdo Gonzales que se encuentra en el cielo.

A mi madre Alejandra Ovando por su apoyo incondicional y ayudarme a cumplir mis metas.

A mis hermanos y familiares todos los que me apoyaron durante mi proceso de formación.

ÍNDICE

CAPÍTULO I 1
I. ANTECEDENTES 1
1.1 El problema 1
1.1.1 Planteamiento 1
1.1.2 Formulación 1
1.1.3 Sistematización 1
1.2 Objetivos 2
1.2.1 Objetivo general 2
1.2.2 Objetivo especifico 2
1.3 Justificación 3
1.3.1 Académica 3
1.3.2 Técnica 3
1.3.3 Social 3
1.4 Alcance del proyecto 4
1.5 Localización 5
1.5.1 Información socioeconómica relativa al proyecto 6
1.5.2 Servicios básicos existentes 6
1.6 Aporte Académico 7
CAPÍTULO II 8
II. MARCO TEÓRICO 8
2.1 Levantamiento topográfico 8
2.1.1 Estación total 8
2.2 Estudio de suelos 8
2.2.1 Clasificación de los suelos 9
2.2.2 Ensayo de SPT (Sondeo de Penetración Estándar) 11

2.2.3 Capacidad admisible del suelo de fundación. 11
2.3 Diseño arquitectónico 12
2.4 Normativas de diseño 12
2.5 Materiales de la edificación 12
2.6 Idealización de las estructuras 13
2.6.1 Sustentación de cubierta 13
2.6.2 Sustentación de la edificación 14
2.6.3 Fundaciones 16
2.7 Diseño estructural 16
2.7.1 Análisis de cargas 17
2.7.2 Estructura de sustentación de cubierta y entre pisos 19
2.7.3 Estructura de sustentación de la edificación 19
2.7.4 Estructura complementaria 33
2.7.5 Fundaciones 34
2.8 Estrategia para la ejecución del proyecto 38
2.8.1 Especificaciones técnicas 38
2.8.2 Cómputos métricos 39
2.8.3 Precios unitarios 39
2.8.4 Presupuesto 40
2.8.5 Planeamiento y cronograma 40
CAPÍTULO III 41
III. INGENIERÍA DEL PROYECTO 41
3.1 Análisis de la topografía 42
3.2 Análisis del estudio de suelos 42
3.2.1 Verificación del estudio de suelos. 43
3.3 Análisis del diseño arquitectónico 45

3.4 Planteamiento estructural 47
3.4.1 Estructura de cubierta y entre pisos 47
3.4.2 Estructura de la edificación 47
3.4.3 Estructuras complementarias 48
3.4.4 fundaciones 48
3.5 Análisis, cálculo y diseño estructural 48
3.5.1 Junta de dilatación 48
3.5.2 Análisis de carga 49
3.5.3 Estructura de sustentación de cubierta y entre piso 58
3.5.4 Estructura de sustentación de la edificación 61
3.5.5 Estructuras complementarias 89
3.5.6 Fundaciones 96
3.5.7 Diseño estructural de la rampa 106
3.6 Desarrollo de la estrategia para la ejecución del proyecto 109
3.6.1 Especificaciones técnicas 109
3.6.2 Cómputos métricos 109
3.6.3 Precios unitarios 109
3.6.4 Presupuesto 109
3.6.5 Planeamiento y cronograma 109
CAPÍTULO IV 113
IV. APORTE ACADÉMICO - DISEÑO LOSA RETICULAR CASETONADA 113
4.1 Marco conceptual del aporte académico 110
4.1.1 Características principales de las losas reticulares. 110
4.1.2 Elementos constructivos. 110
4.2 Losas armadas en dos direcciones 111
4.2.1 Criterios para el dimensionamiento de losas armadas en dos sentidos. 112

4.2.2 Espesor mínimo de losas en dos direcciones con vigas entre apoyos entre todos lados. 114
4.2.3 Consideraciones para el refuerzo de losas en dos direcciones. 115
4.3 Diseño de losa reticular a flexión: 118
4.4 Resistencia al corte de losas en dos direcciones 119
4.4.1 Corte en una dirección 119
4.4.2 Cortante en dos direcciones: 120
4.5 Limitaciones pares el diseño de losas reticulares 121
4.6 Producto – Aporte académico diseño de losas reticular. 122
4.6.1 Predimensionamiento de losas reticulares en dos direcciones. 122
4.6.2 Diseño a flexión armadura positiva de losa reticular dirección X y Y 124
4.6.3 Armadura negativa de losa reticular 125
4.6.4 Diseño a cortante una dirección 129
4.7 Proceso de construcción del tipo de losas reticulares 132
CONCLUSIONES 135
RECOMENDACIONES 137
BIBLIOGRAFÍA 139

ANEXO

Anexo 1. Estudio de suelos.

Anexo 2. Planteamiento estructural.

Anexo 3. Memoria de cálculo y diseño estructural.

Anexo 4. Especificaciones técnicas para la construcción.

Anexo 5. Cómputos métricos.

Anexo 6. Precios unitarios.

Anexo 7. Presupuesto.

Anexo 8. Estimación de tiempo para cada actividad.

Anexo 9. Cronograma de actividades.

Anexo 10. Plano topográfico.

Anexo 11. Planos arquitectónicos.

Anexo 12. Planos estructurales.

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Sistema de clasificación A.A.S.H.T.O 10
Tabla 2.2 Propiedades del hormigón 12
Tabla 2.3 Propiedades del acero 13
Tabla 2.4 Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas (L) 18
Tabla 2.5 Factores de reducción de resistencia $\emptyset$ 21
Tabla 2.6 Alturas mínimas de vigas no pretensadas 24
Tabla 2.7 Valores de $\beta 1$ para la distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el hormigón 25
Tabla 2.8 Ecuaciones para el cálculo de la resistencia a cortante del hormigón Vc. 28
Tabla 2.9 Armadura mínima para losas en una dirección. 34
Tabla 2.10 Calculo de Vc para cortante en dos direcciones 37
Tabla 3.1 Resumen de estudio de suelos. 42
Tabla 3.2 Variación de $nH, nB, nS\ y\ nR$ 43
Tabla 3.3 Comparación de resultados del estudio de suelos. 45
Tabla 3.4 Carga muerta no estructural de tabiquería y acabados. 52
Tabla 3.5 Sobre carga de uso para cada ambiente (L) 53
Tabla 3.6 Coeficiente de presión externa Cp 55
Tabla 3.7 Verificación de resultados armadura positiva 70
Tabla 3.8 Longitud de empalme de barras y alambres corrugados atracción. 76
Tabla 3.9 Elementos presentes en la columna de análisis. 78
Tabla 3.10 Puntos del diagrama de interacción. 85
Tabla 4.1 Espesores mínimos de losas no pretensadas en dos direcciones con vigas entre apoyos en todos los lados 114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Mapa de la Provincia E. Méndez del departamento de Tarija 5
Figura 1-2 Vista satelital del lugar de emplazamiento del proyecto “Barrio Río Seco” 6
Figura 2-1 Estructura de sustentación de la edificación. 14
Figura 2-2 Variación del factor de reducción de la resistencia ∅ 22
Figura 2-3 Diagrama de deformaciones y equilibrio de fuerzas en vigas. 25
Figura 2-4 Diagrama de iteración de una sección de columna de hormigón armado 31
Figura 2-5 Diagrama de deformaciones y equilibrio de fuerzas columnas. 32
Figura 2-6 Geometría de la zapata aislada..... 35
Figura 2-7 Sección critica al cortante 36
Figura 2-8 Sección critica al punzonamiento 36
Figura 2-9 Longitud de desarrollo de la zapata. 37
Figura 3-1 Planos arquitectónicos U.E. Río Seco 46
Figura 3-2 Vista 3D de la edificación..... 48
Figura 3-3 Acción de viento utilizado en el programa cypecad 56
Figura 3-4 Mapa probabilístico de granizadas. 57
Figura 3-5 Vista en planta de la disposición de las viguetas más solicitadas..... 58
Figura 3-6 Tipos de viguetas para losas alivianadas. 59
Figura 3-7 Envolvente de los momentos de la viga más solicitada..... 62
Figura 3-8 Envolvente de los esfuerzos a corte de la viga más solicitada..... 71
Figura 3-9 Sección transversal y longitudinal de la viga más solicitada..... 75
Figura 3-10 Representación gráfica de los elementos que concurren en la columna..... 78
Figura 3-11 Factor de longitud efectiva. 79
Figura 3-12 Esfuerzos en columnas cypecad. 80
Figura 3-13 Acero en la columna 81
Figura 3-14 Recubrimiento en la columna 82
Figura 3-15 Peraltes efectivos en la columna..... 83
Figura 3-16 Diagrama de iteración de la columna más solicitada..... 86
Figura 3-17 Disposición de armadura de la columna más solicitada. 89
Figura 3-18 Geometría y dimensiones de la escalera. 90
Figura 3-19 Idealización de la escalera. 92

Figura 3-20 Zapata aislada concéntrica sometida a flexión biaxial. 96
Figura 3-21 Esfuerzos admisibles en la zapata. 97
Figura 3-22 Geometría de la rampa generado en el software cypecad. 106
Figura 3-23 Momento máximos positivo y negativo en x para losa maciza. 106
Figura 4-1 Flexión de las franjas centrales de una losa bidireccional 111
Figura 4-2 Secciones efectivas de una viga 112
Figura 4-3 Secciones de losas y vigas a ser consideradas para el cálculo de αf 113
Figura 4-4 Dimensiones mínimas de un ábaco. 115
Figura 4-5 Detalle de anclaje del refuerzo positivo y negativo en borde discontinuo. 116
Figura 4-6 Extensiones mínimas del refuerzo corrugado en losas en dos direcciones sin vigas. 117
Figura 4-7 Sección de la losa reticular 118
Figura 4-8 Ubicación del perímetro crítico para el corte en dos direcciones. 120
Figura 4-9 Limitaciones dimensionales para losas nervadas. 121
Figura 4-10 Sección transversal losa reticular. 122
Figura 4-11 Momento máximo positivo y negativo en dirección “x”. 123
Figura 4-12 Momento máximo positivo y negativo en dirección “y”. 123
Figura 4-13 Disposición de armado en losa reticular 128
Figura 4-14 Máximo cortante en dirección “x” 129
Figura 4-15 Máximo cortante en dirección “y” 129