

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL



TOMO I

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR”

(Ciudad de Tarija)

POR:

JHON KEVIN DAVID ORIHUELA HUANCA

SEMESTRE I – 2025

TARIJA – BOLIVIA

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

TOMO I
“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR”
(Ciudad de Tarija)

POR:

JHON KEVIN DAVID ORIHUELA HUANCA

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para adoptar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

SEMESTRE I – 2025
TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A Dios,

Por apoyarme en los momentos más difíciles, por el consuelo en las derrotas, por guiarme ante las pruebas, por darme la fuerza para seguir adelante, por permitirme vivir cada día con mis seres queridos y al fin poder culminar esta etapa en mi vida.

A mis padres Ana y Limber.

Por brindarme su apoyo incondicional, por haber confiado en mi todo este tiempo, por ser pacientes en mis peores momentos, por enseñarme los valores y la ética, pero sobre todo por su amor en todo este tiempo.

ÍNDICE GENERAL

1.	Antecedentes	1
1.1	El Problema.....	1
1.2	Objetivos	1
1.2.1	General	1
1.2.2	Específico	1
1.3	Justificación	2
1.3.1	Académica	2
1.3.2	Técnica	2
1.3.3	Social	2
1.4	Alcance del Proyecto	3
1.5	Localización.....	3
1.5.1	Información Socioeconómica Relativa al Proyecto	4
1.5.2	Servicios Básicas Existentes.....	4
2	Marco Teórico	6
2.1	Levantamiento Topográfico.....	6
2.2	Estudio de Suelos.....	6
2.3	Diseño Arquitectónico	6
2.3.1	El proceso del diseño arquitectónico	7
2.4	Normativas de Diseño.....	7
2.5	Materiales de la Edificación.....	8
2.6	Estados limites	8
2.7	Diseño Estructural.....	9
2.7.1	Análisis de Carga (Acciones en la Estructura)	9
2.7.1.1	Acciones Gravitacionales	9
2.7.1.2	Acciones Accidentales	10
2.7.2	Combinaciones de Carga.....	10
2.7.3	Métodos de Diseño	11
2.7.3.1	Resistencias de Diseño.....	12
2.7.4	Comportamiento de la Estructura	13
2.7.4.1	Comportamiento a Flexión	13
2.7.4.1.1	Etapas de Concreto No Agrietado.....	14

2.7.4.1.2	Etapa de Esfuerzos Elásticos y Concreto Agrietado	15
2.7.4.1.3	Resistencia Ultima.....	16
2.7.4.1.4	Hipótesis de Capacidad Nominal	17
2.7.4.1.5	Tipos de Fallas de Comportamiento a Flexión.....	18
2.7.4.2	Comportamiento a Cortante.....	22
2.7.4.3	Comportamiento a Compresión	23
2.7.4.4	Comportamiento a Flexo compresión.....	24
2.7.4.5	Comportamiento a Torsión	27
2.7.5	Estructuración y Límites de Diseño	28
2.7.5.1	Diseño a Flexión	28
2.7.5.2	Diseño a Cortante.....	31
2.7.5.3	Diseño a Flexo compresión.....	32
2.7.5.4	Comprobación de Pandeo	33
2.7.6	Estructura de Sustentación de Cubierta	34
2.7.7	Estructura de Sustentación de la Edificación	34
2.7.7.1	Planteamiento estructural para un diseño sismo resistente	35
2.7.7.1.1	Losas.....	35
2.7.7.1.2	Vigas.....	36
2.7.7.1.3	Columnas.....	37
2.7.7.1.4	Muros Estructurales.....	38
2.7.8	Estructura Complementaria	38
2.7.8.1	Diseño a flexión	40
2.7.8.2	Diseño estructural.	40
2.7.9	Fundaciones.....	41
2.7.9.1	Diseño a Flexión	41
2.7.9.2	Diseño a Cortante en una dirección	41
2.7.9.3	Punzonamiento (Cortante en dos direcciones).....	41
2.8	Estrategia para la Ejecución del Proyecto.....	42
2.8.1	Especificaciones Técnicas	42
2.8.2	Cómpu tos Métricos	42
2.8.3	Precios Unitarios	42
2.8.4	Presupuesto.....	42
2.8.5	Planeamiento y Cronograma	43

3	Ingeniería del Proyecto	45
3.1	Análisis de la Topografía.....	45
3.2	Análisis del Estudio de Suelos.....	46
3.3	Análisis del Diseño Arquitectónico	47
3.4	Planteamiento Estructural	49
3.5	Análisis, Calculo y Diseño Estructural	49
3.5.1	Predimensionamiento de Elementos Estructurales.....	49
3.5.1.1	Predimensionamiento de Vigas	49
3.5.1.2	Predimensionamiento de Columnas	51
3.5.1.3	Predimensionamiento de Losas.....	52
3.5.2	Análisis de Cargas	54
3.5.2.1	Peso Propio	54
3.5.2.1.1	Cargas Lineales de Muros	54
3.5.2.1.2	Cargas Superficiales en los entrepisos	56
3.5.2.2	Sobre Carga de Uso	57
3.5.2.3	Carga de Viento	58
3.5.3	Verificaciones de Elementos Estructurales	59
3.5.3.1	Vigas de Hormigón Armado.....	59
3.5.3.1.1	Verificación a Flexión	60
3.5.3.1.2	Verificación a Cortante	66
3.5.3.1.3	Verificación a Torsión.....	72
3.5.3.1.4	Verificación de Deformación de Viga.....	72
3.5.3.1.5	Comparación de Cálculo Manual y Cypecad	73
3.5.3.1.6	Criterio de Diseño por Sismo en Vigas	74
3.5.3.2	Columnas de Hormigón Armado	75
3.5.3.2.1	Verificación de Pandeo	75
3.5.3.2.2	Cuantías Máximas y Mínimas	81
3.5.3.2.3	Diagrama de Iteración	82
3.5.3.2.4	Diseño por Corte	92
3.5.3.2.5	Criterios de Diseño Por Sismo	95
3.5.3.3	Losa Nervada	98
3.5.3.3.1	Diseño a Flexión.....	99
3.5.3.3.2	Diseño a Cortante	105

3.5.3.3.3	Armadura por retracción y temperatura	107
3.5.3.3.4	Comprobación si es necesario macizamiento para resistir el punzonamiento en la losa.....	107
3.5.3.4	Diseño de Escalera.....	108
3.5.3.4.1	Armadura Longitudinal	114
3.5.3.4.2	Armadura Transversal	117
3.5.3.5	Muro de Hormigón Armado	119
3.5.3.6	Losa de Fundación	119
3.5.3.6.1	Diseño a Flexión.....	120
3.5.3.6.2	Comprobación si es necesario macizamiento para resistir el punzonamiento en la losa.....	125
3.5.3.6.3	Asentamiento en Losa de Fundación.....	125
3.5.3.7	Viga de Cimentación	126
3.5.3.7.1	Verificación a Flexión	126
3.5.3.7.2	Verificación a Cortante	134
3.5.3.7.3	Verificación a Torsión.....	139
3.5.3.7.4	Comparación de Cálculo Manual y Cypecad.....	140
3.5.3.7.5	Criterio de Diseño por Sismo en Vigas	140
3.6	Desarrollo de la Estrategia para la Ejecución del Proyecto	142
3.6.1	Especificaciones Técnicas	142
3.6.2	Precios Unitarios	142
3.6.3	Cómputos Métricos	143
3.6.4	Presupuesto.....	143
3.6.5	Planeamiento y Cronograma	143
4	Aporte Académico	145
4.1	Marco Conceptual del Aporte Académico.....	145
4.1.1	Clasificación de sismos por su rango de profundidad	145
4.1.2	Zonas Asociadas al proceso de subducción.....	145
4.1.3	Sismo en el Departamento de Tarija	146
4.2	Parámetros de Cálculo del Espectro de Diseño	148
4.2.1	Pseudo Aceleración Sísmica (So).....	148
4.2.2	Factor de Importancia (Ie)	149
4.2.3	Tipo de Suelo (S).....	149

4.2.4	Factor de Reducción Sísmica Nominal (R)	150
4.2.5	Factor de Irregularidad en Altura (Ia).....	150
4.2.6	Factor de Irregularidad en Planta (Ip).....	151
4.2.7	Factor Topográfico (T)	151
4.2.8	Coeficiente de Sitio de Periodo Corto (Fa)	152
4.2.9	Coeficiente de Sitio de Periodo Largo (Fv).....	152
4.3	Espectro de Respuesta para Diseño Base.....	153
4.3.1	Espectro de Diseño	154
4.3.2	Irregularidad en Altura “Ia”	162
4.3.3	Irregularidad en Planta “Ip”	167
4.3.4	Deriva	170
4.3.5	Verificación de Cortante Basal.....	171
4.4	Alcance del Aporte Académico	173
4.4.1	Principios Fundamentales del Diseño Sismorresistente	176
5	Conclusiones y Recomendaciones	180
5.1	Conclusiones	180
5.2	Recomendaciones	181

Bibliografía

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Propiedades del Hormigón	8
Tabla 2.2:	Propiedades de Acero	8
Tabla 2.3:	Combinaciones de Carga	11
Tabla 2.4:	Factores de reducción de resistencia	12
Tabla 2.5:	Factor de reducción de resistencia.....	21
Tabla 2.6:	Valores de β_1 para la distribución rectangular equivalente	29
Tabla 2.7:	Separación Máxima de Estribos	32
Tabla 2.8:	Cortante en dos direcciones.....	41
Tabla 3.1:	Altura Mínima de Vigas no Preesforzada.....	50
Tabla 3.2:	Peso de Muros Exteriores colocado en Soga	55
Tabla 3.3:	Peso de Muros Interiores colocado en Pandereta	55
Tabla 3.4:	Resumen de Peso de Muros por metro lineal	55
Tabla 3.5:	Carga de Carpeta de Niv de Mortero	56
Tabla 3.6:	Carga Carpeta de Niv Azotea	56
Tabla 3.7:	Carga Muerta Cubierta de Ascensor	56
Tabla 3.8:	Carga Muerta Escalera.....	56
Tabla 3.9:	Carga Muerta de Ventana	56
Tabla 3.10:	Sobrecargas de Uso.....	57
Tabla 3.11:	Resumen Sobrecarga en Losa de ascensor.....	58
Tabla 3.12:	Velocidades Básicas del Viento (m/s)	58
Tabla 3.13:	Espaciamiento de la armadura de cortante.....	70
Tabla 3.14:	Tabla Comparativa de Acero en Viga.....	73
Tabla 3.15:	Datos Geométricos de Vigas.....	76
Tabla 3.16:	Datos Geométricos de la Columna	76
Tabla 3.17:	Espaciamiento máximo de la Armadura de Corte	94
Tabla 3.18:	Comparación de Cálculo Manual y Cypecad.....	97
Tabla 3.19:	Fragmento de la tabla de coeficientes de diseño en losas nervadas.....	99
Tabla 3.20:	Comparación de Aceros en Escalera.....	118
Tabla 3.21:	Espaciamiento de la armadura de cortante.....	137
Tabla 3.22:	Tabla Comparativa de Acero en Viga.....	140
Tabla 4.1:	Factor de importancia I_e	149

Tabla 4.2:	Tipo de suelo	149
Tabla 4.3:	Coeficientes de sitio de periodo corto, F_a	152
Tabla 4.4:	Coeficientes de sitio de periodo largo, F_v	152
Tabla 4.5:	Parametrización del espectro elástico de pseudoaceleración	153
Tabla 4.6:	Periodos limite inicial, corto y largo	153
Tabla 4.7:	Tipo de suelo	154
Tabla 4.8:	Parámetros del Suelo	154
Tabla 4.9:	Coeficiente de sitio de periodo corto, F_a	155
Tabla 4.10:	Coeficiente de sitio de periodo largo, F_v	155
Tabla 4.11:	Periodos limite inicial, corto y largo	156
Tabla 4.12:	Factor de Importancia, I_e	158
Tabla 4.13:	Categoría de diseño sísmico en función de, $F_a \cdot S_o$ y tipo de estructura	158
Tabla 4.14:	Categoría de diseño sísmico en función de, $F_v \cdot S_o$ y tipo de estructura	159
Tabla 4.15:	Factor de Reducción "R" Y Factor de Amplificación "Cd" y Valores de Distorsión	159
Tabla 4.16:	Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta..	162
Tabla 4.17:	Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta..	162
Tabla 4.18:	Irregularidad de Piso Blando en X	163
Tabla 4.19:	Irregularidad de Piso Blando en Y	163
Tabla 4.20:	Irregularidad Extrema de Rigidez (Piso Blando) en X	164
Tabla 4.21:	Irregularidad Extrema de Rigidez (Piso Blando) en Y	164
Tabla 4.22:	Irregularidad de Resistencia (Piso Débil) en X	165
Tabla 4.23:	Irregularidad de Resistencia (Piso Débil) en Y	165
Tabla 4.24:	Irregularidad de Masa o Peso	166
Tabla 4.25:	Irregularidad Torsional en X	167
Tabla 4.26:	Irregularidad Torsional en Y	168
Tabla 4.27:	Irregularidad de Esquinas Entrantes.....	169
Tabla 4.28:	Desplomes Máximos	170
Tabla 4.29:	Verificación de desplomes máximos	171
Tabla 4.30:	Resumen de Acero de las Columnas armadas Con diseño sismorresistente	173
Tabla 4.31:	Resumen de Acero de las Columnas armadas Sin diseño sismorresistente	173

Tabla 4.32:	Análisis de Precios Unitarios del Acero.....	174
-------------	--	-----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Concreto No Agrietado.....	14
Gráfico 2.2: Sección No Agrietada.....	15
Gráfico 2.3: Concreto Agrietado	16
Gráfico 2.4: Compresión y Tensión del momento nominal.....	17
Gráfico 2.5: Diagrama Momento – Curvatura.....	18
Gráfico 2.6: Sección Controlada por tracción.....	19
Gráfico 2.7: Sección Controlada por Compresión.....	20
Gráfico 2.8: Falla Balanceada.....	20
Gráfico 2.9: Variación de Coeficiente de Seguridad	21
Gráfico 2.10: Grietas por Flexión – Cortante.....	22
Gráfico 2.11: Columna sometida a carga y excentricidad variable.....	24
Gráfico 2.12: Columna sometida a carga y excentricidad variable.....	25
Gráfico 2.13: Columna Sometida a Flexo compresión	26
Gráfico 2.14: Efecto de Torsión en Hormigón Armado	27
Gráfico 2.15: Hipótesis de Diseño a Flexión	28
Gráfico 2.16: Fuerzas Internas en carga ultima.....	30
Gráfico 2.17: Diagrama de Interacción de Columna.....	33
Gráfico 2.18: Partes constitutivas de una escalera	40
Gráfico 3.1: Ubicación de la construcción sobre el levantamiento topográfico. Y ubicación de los pozos para el estudio de suelos.....	45
Gráfico 3.2: Ubicación de los puntos de ensayo	47
Gráfico 3.3: Limitaciones dimensionales para losas nervadas.....	53
Gráfico 3.4: Ladrillo de 6 huecos Cerámica Guadalquivir	54
Gráfico 3.5: Mapa Probabilístico de Amenaza Sísmica en Bolivia	59
Gráfico 3.6: Diagrama de Momentos de la Viga	60
Gráfico 3.7: Diagrama de Cortantes.....	67
Gráfico 3.8: Cortante a una distancia “d”	68
Gráfico 3.9: Diseño de la Columna C15	75
Gráfico 3.10: Monograma de Estructura Traslacional	78
Gráfico 3.11: Acero en la Columna.....	81
Gráfico 3.12: Recubrimiento de Columna.....	82
Gráfico 3.13: Peraltes efectivos en la Columna	83

Gráfico 3.14:	Profundidad del Eje Neutro.....	85
Gráfico 3.15:	Diagrama de Interacción de la Columna en “Eje X”	90
Gráfico 3.16:	Diagrama de Interacción de Columna en “Eje Y”	91
Gráfico 3.17:	Zonas de Confinamiento	96
Gráfico 3.18:	Parámetros geométricos de la losa	98
Gráfico 3.19:	Recubrimiento mecánico de los nervios.....	98
Gráfico 3.20:	Nervios de la losa	100
Gráfico 3.21:	Vista en Planta de la Escalera	109
Gráfico 3.22:	Diagrama de cargas en la Escalera.....	112
Gráfico 3.23:	Viga Simplemente Apoyada	112
Gráfico 3.24:	Diagrama de momentos en Losa simplemente apoyada	113
Gráfico 3.25:	Diagrama de momentos esquema real.....	113
Gráfico 3.26:	Diagrama de Momentos de Escalera Bi empotrada	114
Gráfico 3.27:	Diagrama de Interacción de Muro de Planta Baja.....	119
Gráfico 3.28:	Diagrama de Momentos Positivos en dirección X.....	120
Gráfico 3.29:	Asentamiento generado en la losa de fundación (mm)	126
Gráfico 3.30:	Diagrama de Momentos de la Viga.....	127
Gráfico 3.31:	Diagrama de Cortantes	134
Gráfico 3.32:	Cortante a una distancia “d”	135
Gráfico 4:1	Evento Sísmico, Mapa de epicentro del departamento de Tarija.....	147
Gráfico 4:2	Mapa de sismos en Bolivia en la última semana.....	147
Gráfico 4:3	Mapa Probabilístico de amenaza sísmica para 475 años.....	148
Gráfico 4:4	Variación del factor multiplicador (τ) según la topografía del sitio.....	151
Gráfico 4:5	Espectro elástico de pseudoaceleración en unidades de (g).....	153
Gráfico 4:6	Gráfico del Espectro Elástico	156
Gráfico 4:7	Espectro de Diseño de Pseudoaceleraciones	161
Gráfico 4:8	Geometría Vertical	166
Gráfico 4:9	Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.....	166
Gráfico 4:10	Esquinas Entrantes	169
Gráfico 4:11	Armado tipo de una columna.....	176

Anexos

Anexo 1: Matriz PCES

Anexo 2: Estudio de Suelos

Anexo 3: Detalle de Refuerzo de Acero

Anexo 4: Verificaciones Manuales

Anexo 5: Justificación de Carga de Viento

Anexo 6: Cálculos Métricos

Anexo 7: Análisis de Precios Unitarios

Anexo 8: Especificaciones Técnicas

Anexo 9: Presupuesto

Anexo 10: Cronograma de Ejecución

Planos

Plano Arquitectónico

Planos Estructurales