UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CS. MS.

TOMO I

“ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN EL BARRIO PEDRO ANTONIO FLORES DE LA CIUDAD DE TARIJA”

POR:

JOSE RAIMUNDO RODRIGUEZ

SEMESTRE - II - 2025

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

"ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN EL BARRIO PEDRO ANTONIO FLORES DE LA CIUDAD DE TARIJA"

POR:

JOSE RAIMUNDO RODRIGUEZ

SEMESTRE - II - 2025

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

A mis abuelos, cuya sabiduría, amor y sacrificio han sido la base de todo lo que soy. Gracias por enseñarme, con cada gesto y palabra, la importancia de la perseverancia, el respeto y la generosidad.

A mi madre, la primera fuente de inspiración y fortaleza en mi vida. Tu amor incondicional y tu apoyo constante han sido mi mayor motor. No hay palabras suficientes para agradecerte todo lo que has hecho por mí.

A mi compañera de vida, por estar a mi lado en cada paso de este largo viaje. Tu paciencia, comprensión y aliento han sido mi refugio en los momentos de duda. Gracias por compartir conmigo no solo tus sueños, sino también tu fe inquebrantable en los míos. Esta tesis también es tuya, porque sin tu amor y apoyo, no hubiera sido posible.

INDICE DE CONTENIDO

Página

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES 1

1.1. El problema 1

1.1.1. Planteamiento 1

1.1.2. Formulación 2

1.2. Objetivos 3

1.2.1. Objetivo general 3

1.2.2. Objetivos específicos 3

1.3. Justificación 4

1.3.1. Técnica 4

1.3.2. Socio económica 4

1.3.3. Ambientales 5

1.4. Nombre del proyecto 5

1.4.1. Localización 5

1.5. Resultados a lograr 7

1.5.1. Restricciones del proyecto 8

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 9

2.1. Generalidades 9

2.2. Levantamiento topográfico 9

2.2.1. Definición 9

2.2.2. Curvas de nivel 9

2.3. Estudio geotécnico de suelos 10

2.3.1. Ensayo de penetración estándar SPT 10

2.4. Diseño arquitectónico 11
2.5. Amenaza sísmica en Bolivia 12
2.5.1. Mapa probabilístico de amenaza sísmica para Bolivia. 12
2.5.2. Clasificación de edificios y estructuras ante eventos sísmicos 13
2.5.3. Categorías de diseño sísmico. 14
2.5.4. Clasificación de suelos de cimentación. 15
2.5.5. Espectro elástico. 16
2.5.6. Tablas de fa y fv en función de la aceleración máxima del suelo. 17
2.6. Idealización de las estructuras 18
2.6.1. Sustentación de la cubierta 18
2.6.2. Sustentación de la edificación 19
2.7. Modelos estructurales 20
2.7.1. Diseño de losas reticulares 21
2.7.2. Ábacos en losas reticulares 32
2.8. Diseño a flexión de elementos de hormigón armado 37
2.8.1. Diseño de vigas y cálculo de la armadura a flexión simple 37
2.8.2. Diseño a cortante 40
2.8.3. Diseño de columnas de hormigón armado 42
2.8.4. Estructuras complementarias (Escaleras) 49
2.8.5. Fundaciones 53
2.9. Estrategia para la ejecución del proyecto 58
2.9.1. Precios unitarios 58
2.9.2. Cómputos métricos 59
2.9.3. Presupuesto 59

2.9.4. Planeamiento y cronograma 60
CAPÍTULO 3. INGENIERIA DEL PROYECTO 61
3.1. Generalidades 61
3.2. Análisis del levantamiento topográfico 61
3.3. Análisis del diseño arquitectónico 63
3.4. Análisis de estudio de suelos 67
3.5. Datos generales del Proyecto 69
3.5.1. Normativa de diseño 69
3.5.2. Materiales empleados 69
3.6. Cargas consideradas en el diseño 70
3.6.1. Carga permanente (CM) 70
3.6.2. Sobre carga de diseño (CV) 71
3.6.3. Carga de viento 72
3.6.4. Carga Sísmica 80
3.7. Dimensionamiento de las escaleras 84
3.8. Planteamiento estructural 85
3.9. Estructura de sustentación de cubierta 86
3.10. Diseño de losa reticular 90
3.10.1. Verificación del diseño de nervios en losas reticulares 90
3.11. Diseño de vigas de hormigón armado 94
3.11.1. Pre dimensionamiento de vigas 95
3.11.2. Dimensionamiento de la sección con el momento más solicitado 95
3.12. Diseño de columnas de hormigón armado 156
3.12.1. Diagrama de interacción de la sección transversal 160

3.13. Estructuras complementarias 169
3.13.1. Verificación del diseño de la escalera 169
3.13.2. Diseño geométrico de la escalera 169
3.13.3. Fundaciones 182
3.13.4. Desarrollo de la estrategia para la ejecución del proyecto. 209
CAPÍTULO 4. APORTE ACADÉMICO 210
4.1. Generalidades 210
4.2. Marco conceptual del aporte académico 211
4.2.1. Definición de losas reticulares 211
4.2.2. Características principales de las losas reticulares 211
4.2.3. Eficiencia estructural en el diseño de losas 212
4.2.4. Espesor de la losa reticular y su impacto en la eficiencia 212
4.2.5. Losas planas con ábacos 212
4.2.6. Separación entre nervios y su optimización 213
4.2.7. Control de deformaciones en losas reticulares 213
4.2.8. Importancia del análisis con software de elementos finitos 213
4.3. Desarrollo del aporte académico 214
4.3.1. Configuraciones en planta de losas 214
4.3.2. Determinación geométrica de losas reticulares planas 215
4.3.3. Verificaciones de losas reticulares para luces de 5m 217
4.3.4. Verificaciones de losas reticulares para luces de 6m 225
4.3.5. Verificaciones de losas reticulares para luces de 7m 227
4.3.6. Verificación de losas reticulares para luces de 8m 230
4.3.7. Resumen del análisis en losas por configuración de casetón 232

4.3.8. Máxima eficiencia en losas..... 236

4.3.9. Conclusiones del análisis de la determinación del espesor de losa reticular plana ……241

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 243

5.1. Conclusiones 243

5.2. Recomendaciones..... 244

BIBLIOGRAFIA 245

ANEXOS

ANEXO A.1 ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO A.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO A.3 PRESUPUESTO GENERAL

ANEXO A.4 CÓMPUTOS MÉTRICOS

ANEXO A.5 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANEXO A.6 CRONOGRAMA

ANEXO A.7 PLANO TOPOGRÁFICO

ANEXO A.8 PLANO ARQUITECTÓNICO

ANEXO A.9 PLANOS ESTRUCTURALES

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Ubicación Tarija – Bolivia 5
Figura 2. Ubicación Cercado – Tarija 6
Figura 3. Ubicación Barrio Pedro Antonio Flores – Cercado 6
Figura 4. Ubicación del proyecto 7
Figura 5. Representación del concepto de curva de nivel 10
Figura 6. Equipo de ensayo SPT 11
Figura 7. Seguimiento de cálculo probabilístico 12
Figura 8. Mapa probabilístico de amenaza sísmica 13
Figura 9. Espectro de respuesta para diseño 16
Figura 10. Planteo estructural de la estructura porticada 20
Figura 11. Limitaciones dimensionales para losas reticulares 21
Figura 12. Ejemplo de sección de losa reticular 24
Figura 13. Diagrama esfuerzo-deformación (momento positivo) 24
Figura 14. Diagrama esfuerzo-deformación (momento negativo) 24
Figura 15. Ancho efectivo del ala en vigas T múltiples 27
Figura 16. Superficie de falla por punzonamiento 33
Figura 17. Sección crítica para columna interior 34
Figura 18. Factores de longitud efectiva K 44
Figura 19. Diagrama de interacción de columna 46
Figura 20. Escalera de dos tramos 51
Figura 21. Clasificación de zapatas 53
Figura 22. Solicitaciones en zapata aislada 55
Figura 23. Disposición del momento de diseño 58
Figura 24. Plano topográfico y ubicación 61
Figura 25. Ubicación 62
Figura 26. Planos arquitectónicos 63
Figura 27. Puntos de sondeo del suelo 68
Figura 28. Espectro NBDS2023 dirección X 83

Figura 29. Espectro NBDS2023 dirección Y 84
Figura 30. Tipo de escalera 84
Figura 31. Planteamiento estructural 85
Figura 32. Momentos máximos en losa maciza 86
Figura 33. Detalle de armados en losa 89
Figura 34. Momentos máximos losa nivel 1 90
Figura 35. Sección análisis losa reticular 90
Figura 36. Resumen de cortantes 94
Figura 37. Envolventes de flexión 96
Figura 38. Armadura columna C1 101
Figura 39. Armadura columna C4 108
Figura 40. Armadura columna C5 115
Figura 41. Armadura columna C6 122
Figura 42. Armadura columna C7 129
Figura 43. Armadura longitudinal verificada 131
Figura 44. Envolventes de tracción 133
Figura 45. Armadura por tracción 154
Figura 46. Armadura obtenida por programa 155
Figura 47. Vista en planta columnas-losas 156
Figura 48. Dimensiones de columna 157
Figura 49. Momentos eje X columna C2 167
Figura 50. Momentos eje Y columna C2 168
Figura 51. Sección transversal final columna 168
Figura 52. Diseño geométrico de la escalera 170
Figura 53. Idealización de la escalera 172
Figura 54. Esquema de escalera 172
Figura 55. Diagrama de momentos flectores 173
Figura 56. Esquema de cargas en escalera 178
Figura 57. Diagrama de momentos flectores 178
Figura 58. Geometría de la zapata 183
Figura 59. Esfuerzos en zapata 184

Figura 60. Zapata aislada 188
Figura 61. Armadura zapata C2 192
Figura 62. Zapata combinada 194
Figura 63. Datos geométricos zapata combinada 194
Figura 64. Área crítica de punzonamiento 201
Figura 65. Modelo de carga zapata combinada 201
Figura 66. Corte zapata combinada 201
Figura 67. Momento flector zapata combinada 202
Figura 68. Armadura longitudinal zapata 208
Figura 69. Armadura transversal zapata 208
Figura 70. Configuración de losas 214

ÍNDICE DE TABLA

Página

Tabla 1. Factores de importancia (Ie) 14
Tabla 2. Categoría de diseño 14
Tabla 3. Categoría de diseño sísmico en función de Faa·Sob y tipo de edificio 15
Tabla 4. Tipos de suelos 15
Tabla 5. Parametrización del espectro elástico de pseudoaceleración 16
Tabla 6. Periodos límite inicial, corto y largo 17
Tabla 7. Coeficiente de sitio de periodo largo Fv 17
Tabla 8. Coeficiente de sitio de periodo corto Fa 18
Tabla 9. Espesores mínimos de losas sin vigas interiores 22
Tabla 10. Recubrimiento geométrico para elementos de hormigón construidos en sitio 25
Tabla 11. Valores de β1 para la distribución rectangular equivalente de tensiones . 26
Tabla 12. Límites dimensionales del ancho sobresaliente del ala para vigas T múltiples 27
Tabla 13. Asmin para losas de dos direcciones no pretensadas 28
Tabla 14. Factor de modificación λ 30
Tabla 15. Av. min requerido 31
Tabla 16. Límites de espaciamiento entre estribos 32
Tabla 17. Cálculo de Vc para cortante en dos direcciones 35
Tabla 18. Vc máximo para elementos en dos direcciones con armadura a cortante 36
Tabla 19. Altura mínima de vigas no pretensadas 37
Tabla 20. Deflexión máxima admisible calculada 38
Tabla 21. Casos donde no se requiere Avmin 41
Tabla 22. Espaciamiento para la armadura de cortante 42
Tabla 23. Resistencia axial máxima 47
Tabla 24. Espesor mínimo de losas en una dirección 52
Tabla 25. Cuantías mínimas de armadura corrugada de retracción y temperatura ... 52
Tabla 26. Coordenadas U.T.M. 62

Tabla 27. Características del suelo 68
Tabla 28. Cargas consideradas 70
Tabla 29. Cargas consideradas 70
Tabla 30. Cargas consideradas muro exterior 71
Tabla 31. Sobre carga de uso (Cargas NB1225002-2) 71
Tabla 32. Velocidades básicas del viento en la ciudad de Tarija 73
Tabla 33. Cálculo manual de la carga de viento en X 79
Tabla 34. Cálculo manual de la carga de viento en Y 79
Tabla 35. Cálculo manual de la carga de viento en -X 80
Tabla 36. Cálculo manual de la carga de viento en –Y 80
Tabla 37. Cuadro de compartido de armadura de losa maciza 89
Tabla 38. Cuadro de resumen armadura por flexión 131
Tabla 39. Resumen de las cortantes 154
Tabla 40. Resumen para las dos rampas 181
Tabla 41. Referencias sobre la determinación del espesor de losa 215
Tabla 42. Dimensiones de casetón 216
Tabla 43. Cargas muertas y vivas en edificaciones para vivienda 217
Tabla 44. Resultados de verificación de deformación (vivienda) 219
Tabla 45. Resultados de deformación en losas con luz de 5 m 220
Tabla 46. Verificación a corte y punzonamiento en losas de 5 m 223
Tabla 47. Verificación con casetones 70x70x20 224
Tabla 48. Resultado de deformación losa 6 m 226
Tabla 49. Resultado de deformación losa 7 m 229
Tabla 50. Resultado de deformación losa 8 m 232
Tabla 51. Resultados casetón 40x40 233
Tabla 52. Resultados casetón 50x50 233
Tabla 53. Resultados casetón 60x60 234
Tabla 54. Resultados casetón 70x70 235
Tabla 55. Cantidades casetón 40x40 (10) 236
Tabla 56. Cantidades casetón 40x40 (12) 236
Tabla 57. Cantidades casetón 50x50 (10 cm) 237

Tabla 58. Cantidades casetón 50x50 (12 cm) 237
Tabla 59. Cantidades casetón 60x60 (10 cm) 238
Tabla 60. Cantidades casetón 60x60 (12 cm) 238
Tabla 61. Cantidades casetón 70x70 (10 cm) 239
Tabla 62. Cantidades casetón 70x70 (12 cm) 239
Tabla 63. Resumen de cantidades para todas las configuraciones de casetón 240