

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y  
CIENCIA DE LOS MATERIALES**



**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LA DIRECCIÓN DISTRITAL DE  
EDUCACIÓN DEL MUNICIPIO DE INCAHUASI”**

**(Localidad Incahuasi-Provincia Nor Cinti-Departamento de Chuquisaca)**

**Por:**

**DANIEL CABALLERO CASTRO**

**SEMESTRE II-2022**

**TARIJA-BOLIVIA**

**DEDICATORIA:**

A mis padres, a mi hermana por su apoyo y amor incondicional que me brindan.

A toda mi familia y amistades que conocí durante mi formación profesional.

## ÍNDICE

1. ANTECEDENTES .....	1
1.1 El problema.....	1
1.1.1 Planteamiento .....	1
1.1.2 Formulación .....	1
1.1.3 Sistematización.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 General.....	2
1.2.2 Específicos .....	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.....	3
1.5 Localización.....	4
1.5.1 Información socioeconómica relativa al proyecto.....	5
1.5.2 Servicios básicos existentes .....	6
2. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 Levantamiento Topográfico.....	7
2.2 Estudio de Suelos .....	7
2.3 Diseño Arquitectónico.....	8
2.4 Idealización de las estructuras .....	9
2.4.1 Cubierta.....	9
2.4.2 Sustentación de la edificación .....	9
2.4.3 Fundaciones.....	10
2.5 Diseño Estructural.....	11
2.5.1 Análisis de Cargas .....	11
2.5.1.1 Cargas gravitatorias .....	11
2.5.1.1.1 Carga Muerta .....	11
2.5.1.1.2 Cargas Variables .....	13
2.5.1.2 Acción del viento.....	15

2.5.2 Estructura de Sustentación de cubierta .....	17
2.5.3 Estructura de Sustentación de la edificación.....	17
2.5.3.1 Resistencia de cálculo de los materiales .....	17
2.5.3.2 Coeficientes de seguridad.....	18
2.5.3.3 Diagrama de cálculo Tención - Deformación .....	19
2.5.3.4 Disposición de las armaduras .....	20
2.5.3.5 Estados límites.....	27
2.5.3.6 Cálculo en estados límites .....	28
2.5.3.6.1 Hipótesis básicas.....	28
2.5.3.6.2 Dominios de deformación. ....	29
2.5.3.6.3 Cálculo mediante el Método General.....	30
2.5.3.6.4 Cálculo mediante Métodos Adimensionales y Simplificados .....	31
2.5.3.7 Hipótesis de carga para la estructura de hormigón armado .....	31
2.5.3.8 Diseño de elementos de hormigón armado .....	32
2.5.3.8.1 Tipos de elementos estructurales .....	32
2.5.3.8.2 Diseño de losa casetonada .....	34
2.5.3.8.3 Diseño de vigas de hormigón armado .....	41
2.5.3.8.4 Diseño columna de hormigón armado .....	44
2.5.4 Estructura complementaria.....	49
2.5.4.1 Escaleras.....	49
2.5.4.1.1 Diseño escaleras de hormigón armado.....	49
2.5.5 Fundaciones.....	51
2.5.5.1 Diseño de zapata aislada de hormigón armado .....	51
2.6 Estrategia para la ejecución del proyecto .....	59
2.6.1 Especificaciones Técnicas.....	59
2.6.2 Cómputos Métricos.....	59
2.6.3 Precios unitarios .....	60
2.6.4 Presupuesto .....	66
2.6.5 Planeamiento y cronograma .....	66
3. INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	68
3.1 Análisis de la topografía .....	68

3.2	Análisis del Estudio de Suelos.....	68
3.3	Análisis del diseño arquitectónico .....	69
3.4	Planteamiento estructural .....	69
3.4.1	Estructura de la cubierta .....	69
3.4.2	Estructura de la edificación.....	70
3.4.3	Estructuras complementarias .....	70
3.4.3.1	Escaleras.....	70
3.4.4	Fundaciones.....	71
3.5	Análisis, cálculo y diseño estructural.....	71
3.5.1	Análisis de cargas .....	71
3.5.1.1	Cargas gravitatorias .....	71
3.5.1.1.1	Carga Muerta .....	71
3.5.1.1.2	Cargas Variables .....	74
3.5.1.2	Acción del viento.....	75
3.5.2	Estructura de sustentación de cubierta.....	78
3.5.2.1	Diseño de cubierta de losa casetonada.....	79
3.5.2.1.1	Diseño a flexión simple .....	80
3.5.2.1.2	Verificación a punzonamiento de la losa.....	87
3.5.3	Estructura de sustentación de la edificación .....	88
3.5.3.1	Diseño de vigas de Hormigón Armado.....	89
3.5.3.1.1	Pre dimensionado de vigas .....	89
3.5.3.1.2	Tipos de vigas utilizadas en la estructura .....	90
3.5.3.1.3	Diseño a flexión simple .....	91
3.5.3.1.4	Diseño a esfuerzo cortante.....	96
3.5.3.2	Diseño de columnas de Hormigón Armado .....	100
3.5.3.2.1	Pre dimensionado de columnas .....	100
3.5.3.2.2	Tipos de columnas utilizadas en la estructura .....	100
3.5.3.2.3	Diseño a flexión esviada.....	101
3.5.3.2.4	Cálculo de la armadura transversal .....	106
3.5.4	Estructuras complementarias.....	107
3.5.4.1	Diseño de escalera de hormigón armado .....	107

3.5.4.1.1	Diseño a flexión simple .....	111
3.5.4.1.2	Verificación a cortante .....	113
3.5.5	Fundaciones.....	115
3.5.5.1	Diseño de zapata aislada de hormigón armado .....	115
3.5.5.1.1	Diseño a flexión de la zapata.....	118
3.5.5.1.2	Verificación a cortante .....	119
3.5.5.1.3	Verificación a punzonamiento .....	120
3.5.5.1.4	Comprobación de los anclajes .....	121
3.6	Desarrollo de la Estrategia para la ejecución del proyecto.....	122
3.6.1	Especificaciones Técnicas.....	122
3.6.2	Precios Unitarios .....	122
3.6.3	Cómputos Métricos.....	123
3.6.4	Presupuesto .....	123
3.6.5	Planeamiento y cronograma .....	124
4.	<b>APORTE ACADÉMICO (ALTERNATIVAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE CUBIERTAS PLANAS)</b> .....	125
4.1	Marco conceptual.....	125
4.2	Alcance del aporte.....	125
4.3	Marco teórico del aporte.....	125
4.3.1	Fisuras .....	125
4.3.2	Estado límite de fisuración.....	125
4.3.2.1	Comprobación del estado límite de fisuración .....	126
4.3.2.1.1	Anchura máxima de fisuras .....	126
4.3.2.1.2	Cálculo de la anchura de fisura.....	128
4.3.3	Principales sistemas de impermeabilización .....	133
4.3.3.1	Sistemas asfálticos .....	133
4.3.3.2	Sistemas poliméricos.....	134
4.4	Determinación del ancho de fisuras en losas .....	135
4.5	Impermeabilización de cubiertas de losa plana.....	138
4.5.1	Cubiertas de losa transitable o terrazas.....	139
4.5.1.2	Puesta en obra.....	139

4.5.2 Cubiertas de losa transitables solo para mantenimiento. ....	141
4.5.2.1 Membranas líquidas .....	141
4.5.2.1.1 Puesta en obra .....	142
4.6 Análisis de precios unitarios de las alternativas de impermeabilización .....	143
4.7 Conclusiones del aporte académico. ....	145
CONCLUSIONES .....	146
RECOMENDACIONES .....	147
BIBLIOGRAFÍA .....	148
ANEXOS .....	149

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1: Ampliación futura sobre nivel +4. ....	4
Figura 1.2: Ubicación del proyecto en la localidad de Incahuasi .....	5
Figura 2.1: Vista en planta de la cubierta con niveles.....	9
Figura 2.2: Esquema Estructura Porticada .....	10
Figura 2.3: Carga de nieve o granizo sobre losa plana .....	14
Figura 2.4: Carga de nieve o granizo sobre losa plana con parapeto.....	14
Figura 2.5: Zonificación de la carga de nieve base.....	15
Figura 2.6: Diagrama parábola - rectángulo.....	19
Figura 2.7: Diagrama rectangular. ....	20
Figura 2.8: Diagrama tensión – deformación del acero. ....	20
Figura 2.9: Patilla normal para barras corrugadas .....	24
Figura 2.10: Anclaje de cercos o estribos.....	25
Figura 2.11: Empalme por traslapo.....	26
Figura 2.12: Dominios de deformación.....	29
Figura 2.13: Diagrama parábola – rectángulo para secciones sometidas a flexión. ....	31
Figura 2.14: Losa unidireccional .....	32
Figura 2.15: Losa bidireccional casetonada .....	33
Figura 2.16: Superficie y perímetro crítico para columnas interiores.....	39
Figura 2.17: Espaciamiento entre barras en vigas (e). ....	42
Figura 2.18: Monogramas que ofrecen la longitud de pandeo. ....	45
Figura 2.19: Ábaco en roseta para flexión esviada .....	47
Figura 2.20: Rampa en escaleras .....	50
Figura 2.21: Tipos de zapatas. ....	52
Figura 2.22: Vista en planta zapata aislada .....	53
Figura 2.23: Vista en perfil zapata aislada .....	54
Figura 2.24: Cálculo a flexión de zapata aislada .....	55
Figura 2.25: Verificación a esfuerzo cortante .....	55
Figura 2.26: Sección crítica a punzonamiento.....	56
Figura 2.27: Longitud de anclaje en zapatas .....	58
Figura 3.1: Ubicación del sondeo en el terreno. ....	68



Figura 3.2: Estratificación del suelo de fundación. ....	69
Figura 3.3: Modelo de la cubierta plana.....	70
Figura 3.4: Modelo de la estructura de edificación .....	70
Figura 3.5: Modelo de la fundación.....	71
Figura 3.6: Pendiente sobre losas .....	73
Figura 3.7: Consideración de la acción del viento en CYPECAD .....	77
Figura 3.8: Vista 3D de las losas en la estructura.....	78
Figura 3.9: Dimensiones a considerar en la losa casetonada.....	79
Figura 3.10: Dimensiones de la losa casetonada .....	80
Figura 3.11: Disposición de armadura en los nervios de la losa casetonada.....	82
Figura 3.12: Disposición de armadura para $M_x$ máximo positivo. ....	83
Figura 3.13: Disposición de armadura para $M_y$ máximo positivo. ....	84
Figura 3.14: Vista 3D ábaco nivel terraza.....	85
Figura 3.15: Vista 3D de la estructura .....	89
Figura 3.16: Disposición de vigas en la estructura.....	90
Figura 3.17: Envolvente de momentos de la viga más solicitada.....	91
Figura 3.18: Disposición de armadura negativa en la viga .....	92
Figura 3.19: Disposición de armadura positiva en la viga .....	95
Figura 3.20: Envolvente de momentos de la viga más solicitada.....	96
Figura 3.21: Cuadro generado por el paquete estructural de áreas .....	98
Figura 3.22: Despiece del armado de la viga más solicitada.....	99
Figura 3.23: Disposición de columnas en la estructura.....	101
Figura 3.24: Datos geométricos de los elementos que concurren a la columna 5. ....	102
Figura 3.25: Disposición de armadura en la columna 5.....	106
Figura 3.26: Cuadro de armaduras en la columna, cálculo del programa CYPECAD .....	107
Figura 3.27: Vista en planta de la escalera analizada .....	108
Figura 3.28: Vista en perfil de tramo analizado de la escalera.....	109
Figura 3.29: Idealización de la escalera para el momento positivo.....	110
Figura 3.30: Diagrama de momentos viga simplemente apoyada .....	111
Figura 3.31: Disposición de armaduras en el tramo analizado.....	114
Figura 3.32: Momento de diseño.....	117

Figura 3.33: Disposición de armado en la zapata .....	122
Figura 4.1: Sección homogeneizada .....	128
Figura 4.2: Deformaciones y tensiones en la sección fisurada.....	130
Figura 4.3: Área eficaz de hormigón que influye en el ancho de fisura .....	131
Figura 4.4: Sistemas impermeabilizantes asfálticos .....	133
Figura 4.5: Sistemas impermeabilizantes poliméricos.....	134
Figura 4.6: Vista 3D de la losa maciza nivel terraza .....	135

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.1: Población beneficiaria .....	5
Tabla 2.1: Coeficientes para tipo de entorno.....	16
Tabla 2.2: Coeficiente eólico en edificios de pisos.....	17
Tabla 2.3: Coeficientes de minoración de la resistencia de materiales .....	18
Tabla 2.4: Coeficientes de ponderación de acciones .....	19
Tabla 2.5: Diámetros y áreas de aceros.....	21
Tabla 2.6: Diámetros mínimo de mandril para doblado de barras.....	23
Tabla 2.7: Valores del coeficiente $\alpha$ .....	27
Tabla 2.8: Tabla universal para flexión simple.....	37
Tabla 2.9: Planilla de cómputo métrico.....	60
Tabla 2.10: Componentes de la estructura de costos .....	61
Tabla 2.11: Incidencia por inactividad.....	62
Tabla 2.12: Incidencia de los beneficios .....	63
Tabla 2.13: Incidencia de los subsidios.....	63
Tabla 2.14: Incidencia por aportes.....	64
Tabla 2.15: Seguridad industrial e higiene .....	64
Tabla 2.16: Incidencia por antigüedad. ....	64
Tabla 2.17: Resumen de incidencias.....	65
Tabla 3.1: Carga sobre piso nivel planta alta.....	73
Tabla 3.2: Carga sobre piso nivel terraza .....	73
Tabla 3.3: Carga sobre piso nivel cubierta .....	74
Tabla 3.4: Cargas variables por niveles .....	75
Tabla 3.5: Coeficiente de exposición por alturas.....	75
Tabla 3.6: Presión del viento.....	76
Tabla 3.7: Comparación de resultados de áreas en la viga.....	99
Tabla 3.8: Cargas consideradas en la escalera.....	110
Tabla 3.9: Parámetros para el análisis de precios unitarios .....	123
Tabla 3.10: Cómputos métricos y presupuesto de obra .....	124
Tabla 4.1: Valores máximos de la anchura de fisura, $W_{max}$ . ....	127
Tabla 4.2: Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras.....	127

Tabla 4.3: Precio unitario impermeabilización terraza .....	144
Tabla 4.4: Precio unitario impermeabilización en cubierta de losa .....	145