

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



DISEÑO ESTRUCTURAL PARA AMPLIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA
BOLIVIA EN LA PROVINCIA CERCADO

POR:

VICENTE LLANOS FABIO

SEMESTRE II – 2024

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO ESTRUCTURAL PARA AMPLIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA
BOLIVIA EN LA PROVINCIA CERCADO

POR:

VICENTE LLANOS FABIO

Propuesta elaborada en la asignatura CIV-502 a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar al grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II – 2024
TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A Dios por ser mi fundamento, a mi padre y madre por ser mi guía en este recorrido, a mi esposa por acompañarme en esta etapa de mi vida a toda mi familia y hermanos por acompañarme en esta meta.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1 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 General.....	2
1.2.2 Especifico.....	2
1.3 Justificación	2
1.3.1 Académica	2
1.3.2 Técnica.....	3
1.3.3 Social.....	3
1.4 Alcance del proyecto	3
1.5 Ubicación del proyecto	3
CAPÍTULO II	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Levantamiento topográfico	5
2.1.1 Curvas de Nivel	5
2.2 Estudio de suelos	5
2.2.1 Sistema de Clasificación de Suelos	6
2.2.2 Prueba de penetración estándar (S.P.T.).....	6
2.3 Diseño arquitectónico.....	7
2.4 Diseño de estructura metálica sustentación de la cubierta	7
2.5 Diseño estructural.....	12

2.5.1	Modelación de Sistemas Estructurales	12
2.5.2	Norma de diseño	13
2.6	Hormigón armado	13
2.6.1	Hormigón	14
2.6.1.1	Propiedades del hormigón	14
2.6.1.2	Módulo de Elasticidad	14
2.6.1.3	Módulo de Poisson.....	14
2.6.1.4	Resistencia.....	14
2.6.2	Aceros	15
2.6.2.1	Varillas Corrugadas y Alambres	15
2.6.2.2	Barras de armaduras comerciales en Bolivia	16
2.6.2.3	Propiedades del acero	16
2.6.3	Estados limites	17
2.6.3.1	Estados limites últimos	17
2.6.3.2	Estados límites de servicios	17
2.6.4	Hipótesis de cargas	17
2.7	Elementos estructurales	18
2.7.1	Vigas	18
2.7.2	Losas	21
2.7.3	Columnas.....	22
2.7.4	Zapatas	25
2.8	Estrategia para la ejecución del proyecto	31
2.8.1	Especificaciones técnicas.....	31
2.8.2	Cálculos métricos.....	31
2.8.3	Precios unitarios.....	32

2.8.4	Presupuesto general	32
2.8.5	Cronograma de obra.....	32
CAPÍTULO III.....		34
3	INGENIERÍA DEL PROYECTO	34
3.1	ANÁLISIS DE LA TOPOGRAFÍA.....	34
3.2	ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS.....	34
3.3	ANÁLISIS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO	35
3.4	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA CUBIERTA	36
3.4.1	NORMAS EMPLEADAS	36
3.4.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	36
3.4.3	GEOMETRÍA Y SECCIONES	36
3.4.4	ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA	37
3.4.5	MÉTODO DE DISEÑO	38
3.4.5.1	Diseño por resistencia	38
3.4.6	SOLICITACIONES.....	39
3.4.6.1	Carga muerta: PP	39
3.4.6.2	Carga muerta no estructural: CM.....	39
3.4.6.3	Carga viva: CV	40
3.4.6.4	Carga viento: Viento en X (V_x) y Viento en Y (V_y).....	41
3.4.7	COMBINACIONES DE CARGA.....	42
3.4.7.1	SERVICIO:.....	42
3.4.7.2	DISEÑO:.....	42
3.4.8	CÁLCULOS POR ORDENADOR	42
3.4.9	SOLUCIÓN.....	43
3.4.10	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	43

3.4.10.1	Control de Deformaciones	43
3.4.10.2	Control de fuerzas internas.....	44
3.4.10.3	Diseño a Flexo- compresión sección (cajón 2C 80x40x15x2mm)	47
3.4.10.4	Diseño a compresión sección (simple C 80x40x15x2mm).....	52
3.4.10.5	Diseño a compresión sección (simple C 50x25x10x2mm).....	57
3.4.10.6	Diseño de correas (costanera C 80x40x15x2mm)	61
3.4.10.7	Diseño de soldadura	67
3.4.10.8	Diseño de Conexión	68
3.5	MEMORIA DE CÁLCULO DEL HORMIGON ARMADO.....	70
3.5.1	NORMAS EMPLEADAS.....	70
3.5.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	70
3.5.3	GEOMETRÍA Y SECCIONES.....	71
3.5.4	ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA.....	71
3.5.5	MÉTODO DE DISEÑO.....	71
3.5.6	DISEÑO POR RESISTENCIA.....	72
3.5.7	MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL	72
3.5.8	SOLICITACIONES	73
3.5.9	COMBINACIONES DE CARGA	73
3.5.10	ASIGNACIÓN DE CARGAS	74
3.5.10.1	Carga muerta en vigas “CM”	74
3.5.10.2	Carga muerta en losas “CM”	74
3.5.10.3	Carga Viva en Losas “CV”	75
3.5.11	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	76
3.5.11.1	Acciones en columnas.....	76
3.5.11.2	Acciones en vigas.....	77

3.5.11.3	Acciones en losas de entrepiso.....	79
3.5.11.4	Acciones en cimentación (Losa Radier)	83
3.5.12	DISEÑO ESTRUCTURAL	87
3.5.12.1	Diseño de columnas (30x30).....	87
3.5.12.2	Diseño de losa de reticular (e=30cm).....	89
3.5.12.3	Diseño de viga (25x60)	90
3.5.12.4	Diseño a flexión zapatas (e=35cm).....	91
3.5.12.5	Diseño a corte zapatas (e=35cm)	93
3.5.12.6	Diseño de escaleras (e=15cm).....	94
3.5.12.7	Diseño de rampas (e=15cm)	96
3.6	DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	98
3.6.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	98
3.6.2	COMPUTOS MÉTRICOS.....	98
3.6.3	PRECIOS UNITARIOS.....	98
3.6.4	PRESUPUESTO GENERAL.....	98
3.6.5	PLAN Y CRONOGRAMA DE OBRAS	99
	CAPÍTULO IV	100
4	APORTE ACADÉMICO	100
4.1	Introducción	100
4.1.1	Norma Boliviana de Hormigón Estructural NB 1225001-2020	100
4.1.2	Norma ACI 318-19	100
4.2	Generalidades.....	101
4.2.1	Hormigón	101
4.2.1.1	Resistencia a la compresión	102

4.2.1.2	Módulo de elasticidad del Hormigón	102
4.2.1.3	Peso unitario.....	103
4.2.2	Acero	103
4.2.2.1	Comportamiento del acero de refuerzo a tracción	103
4.2.2.2	Módulo de elasticidad (ACI 318-19 S20.2.2.2):.....	104
4.3	Nomenclatura de miembros de hormigón armado	105
4.3.1	Recubrimiento especificado libre o de protección, r_p	105
4.4	Teoría de diseño de Rotura	106
4.4.1	Hipótesis de diseño	107
4.4.2	Secciones controladas	108
4.4.3	Estado límite de agotamiento resistente.....	109
4.4.4	Factores de seguridad.....	110
4.4.4.1	Factor de seguridad en las cargas aplicadas.....	111
4.4.4.2	Factor de reducción de resistencia	112
4.4.5	Predimensionamiento.....	113
4.4.5.1	Altura mínima de la viga.....	113
4.4.6	Sección rectangular	114
4.4.7	Comportamiento de secciones.....	114
4.4.8	Límites de refuerzo	115
4.5	Diseño a flexión	115
4.5.1	Sección simplemente armada.....	116
4.5.2	Cuantía geométrica.....	117
4.5.3	Cuantía Balanceada	118
4.5.4	Cuantía Dúctil en Vigas	118
4.5.5	Cuantía dúctil en losas	119

4.5.6	Momento límite	119
4.5.7	Ecuación para el cálculo de la cuantía necesaria	121
4.5.8	Ecuación para el cálculo de la armadura	122
4.5.9	Resumen	122
4.5.10	Ejemplo de diseño de una viga simplemente armada	124
4.5.10.1	Análisis de cargas	124
4.5.10.2	Combinaciones de cargas	125
4.5.10.3	Momento último de diseño	125
4.5.10.4	Cálculos preliminares	125
4.5.10.5	Refuerzo necesario para resistir el momento	126
4.5.10.6	Cuantía mínima	127
4.5.10.7	Cuantía balanceada	127
4.5.10.8	Cuantía máxima dúctil:	127
4.5.10.9	Verificación de ductilidad	128
4.5.10.10	Bloque de compresiones	128
4.5.10.11	Momento nominal	128
4.5.10.12	Deformación unitaria neta en tracción	129
4.5.10.13	Momento último	129
4.5.10.14	Verificación de equilibrio:	129
4.5.10.15	Detalle de la armadura	130
	CONCLUSIONES	131
	RECOMENDACIONES	134
	BIBLIOGRAFIA	249

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la ampliación en la U.E. Bolivia (Barrio Senac)	4
Figura 2.	Ilustración de Curvas de Nivel.....	5
Figura 3.	Esquema General del Ensayo S.P.T.....	6
Figura 4.	Edificio Peachtree Center	13
Figura 5.	cuadro de relación esfuerzo – deformación del acero.....	16
Figura 6.	Algunas formas posibles de la distribución de esfuerzos	19
Figura 7.	Diagrama de interacción en columnas	23
Figura 8.	Modelos de distribución de presiones bajo el elemento de cimentación	25
Figura 9.	(a) Falla de corte por punzonamiento (b) Secciones críticas por cortante	27
Figura 10.	Falla a cortante por flexión (a) para el eje “x”, (b) para el eje “y”	29
Figura 11.	Distribución de la armadura de flexión	30
Figura 12.	Levantamiento topográfico de la U.E. Bolivia.....	34
Figura 13.	Geometria de secciones de perfiles conformados en frio.....	37
Figura 14.	Esquema de la estructura.....	37
Figura 15.	CM aplicada	39
Figura 16.	Sección Transversal, medidas en m	40
Figura 17.	CV aplicada.....	41
Figura 18.	Viento en dirección X	41
Figura 19.	Viento en dirección Y	42
Figura 20.	Esquema de la cercha	43
Figura 21.	Estructura Deformada 3D	43
Figura 22.	Estructura Deformada plano XZ	44
Figura 23.	Ubicación de la fuerza axial.....	44
Figura 24.	Máxima fuerza axial (kg)	45

Figura 25.	Momento máximo eje débil (kg-cm).....	45
Figura 26.	Máxima fuerza axial (kg).....	45
Figura 27.	Máxima fuerza axial (kg).....	46
Figura 28.	Máxima axial (kg).....	61
Figura 29.	Momento máximo eje débil (kg-cm).....	62
Figura 30.	Momento máximo eje fuerte (kg-cm)	62
Figura 31.	Máxima fuerza axial en tracción y compresión (kg).....	67
Figura 32.	Esquema de la conexión de la cercha.....	68
Figura 33.	Esfuerzos internos	69
Figura 34.	Geometría de las secciones de vigas, columnas y losa	71
Figura 35.	Esquema elevación.....	71
Figura 36.	Estructura 3D	71
Figura 37.	Carga muerta en vigas (kg/m) Niv. +0.10m.....	74
Figura 38.	Carga muerta en losas (kg/m ²) Niv. (+4.15) (Planta Baja)	74
Figura 39.	Carga muerta en losas (kg/m ²) Niv. +7.25 (Cubierta)	75
Figura 40.	Carga muerta en losas de Escalera y Rampa (kg/m ²)	75
Figura 41.	Carga viva en losas (kg/m ²) Niv. (+4.15) (Planta Baja)	75
Figura 42.	Carga viva en losas (kg/m ²) Niv. +7.25 (Cubierta).....	76
Figura 43.	Carga viva en losas de Escalera y Rampa (kg/m ²).....	76
Figura 44.	Axial de diseño [kN]	76
Figura 45.	Vigas: momento flector 3-3 [kN-m] Niv. +0.10m.....	77
Figura 46.	Viga: fuerza cortante 2-2 [kN] Niv. +0.10m.....	77
Figura 47.	Vigas: momento flector 3-3 [kN-m] Niv. +4.15m.....	77
Figura 48.	Viga: fuerza cortante 2-2 [kN] Niv. +4.15m.....	78
Figura 49.	Vigas: momento flector 3-3 [kN-m] Niv. +7.25m.....	78

Figura 50.	Viga: fuerza cortante 2-2 [kN] Niv. +7.25m.....	78
Figura 51.	Vista en planta: Deformaciones en losa Niv. +4.15.....	79
Figura 52.	Vista 3D: Deformaciones en losa Niv. +4.15	79
Figura 53.	Deformación de la losa nivel +4,15	80
Figura 54.	Losa Casetonada: momento flector M11 [kN-m] Niv. +4.15	81
Figura 55.	Losa Casetonada: momento flector M22 [kN-m] Niv. +4.15	82
Figura 56.	Losa Casetonada: momento flector M11 [kN-m] Niv. +7.25	82
Figura 57.	Losa Casetonada: momento flector M22 [kN-m] Niv. +7.25	82
Figura 58.	Momento Flector (M11 = Mx) [kN-m/m].....	83
Figura 59.	Momento Flector (M22 = My) [kN-m/m].....	83
Figura 60.	Esfuerzo Cortante en Losa Radier (S13) [Kg/cm ²].....	83
Figura 61.	Esfuerzo Cortante en Losa Radier (S23) [Kg/cm ²].....	84
Figura 62.	Desplazamientos en Zapatas	84
Figura 63.	Servicio = 1.0PP+1.0CM+1.0CV	84
Figura 64.	Escalera: momento flector M11 [KN-m/m].....	85
Figura 65.	Escalera: Esfuerzo cortante S13 [kg/cm ²].....	85
Figura 66.	Escalera: momento flector M22 [KN-m/m].....	85
Figura 67.	Escalera: Esfuerzo cortante S23 [kg/cm ²].....	86
Figura 68.	Rampa: momento flector M11 [KN-m/m]	86
Figura 69.	Rampa: Esfuerzo cortante S13 [kg/cm ²].....	86
Figura 70.	Rampa: momento flector M22 [KN-m/m]	87
Figura 71.	Rampa: Esfuerzo cortante S23 [kg/cm ²].....	87
Figura 72.	Sección de la columna.....	87
Figura 73.	Diagrama de interacción de la columna	88
Figura 74.	SECCIÓN TIPO LOSA RETICULAR e = 30 CM.....	89

Figura 75.	Sección de la viga.....	90
Figura 76.	Momento Flector ($M_{11} = M_y$) [KN-m/m].....	91
Figura 77.	Axial de diseño [KN]	93
Figura 78.	Cortante por punzonamiento	93
Figura 79.	Cortante resistente.....	93
Figura 80.	Escalera: momento flector M_{22} [KN-m/m].....	94
Figura 81.	Rampa: momento flector M_{22} [KN-m/m]	96
Figura 82.	Países en América que siguen el código ACI 318	101
Figura 83.	Diagrama esfuerzo –deformación del hormigón bajo cargas de corta duración	102
Figura 84.	Diagrama Esfuerzo – Deformación (Acero de Refuerzo)	104
Figura 85.	Viga de H°A° simplemente apoyada y su sección transversal A-A	105
Figura 86.	Idealización de la deformación unitaria del acero para el diseño	107
Figura 87.	Diagrama esfuerzo-deformación unitaria en el hormigón	108
Figura 88.	Variación de ϕ con la deformación unitaria neta a tracción en el acero extremo a tracción ϵ_t . Ref. ACI 318-19 Fig. R21.2.2(b).	109
Figura 89.	Definición de secciones rectangulares.....	114
Figura 90.	Viga simplemente armada.....	115
Figura 91.	Viga doblemente armada.....	115
Figura 92.	Diagrama de esfuerzos en una sección simplemente armada	116
Figura 93.	Diagrama de compatibilidad de deformaciones y equilibrio de fuerzas ..	116
Figura 94.	Diagrama de deformaciones unitarias en una sección simplemente armada	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Presión dinámica del viento.....	9
Tabla 2.	Norma MV-101.....	9
Tabla 3.	Relación entre la resistencia la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a os 28 días (Teodoro E. harmsen).....	15
Tabla 4.	Características resistentes de los aceros grado 60 y 75	15
Tabla 5.	Tabla de Aceros Comerciales en Bolivia.....	16
Tabla 6.	Esquema de cronograma de obra.....	33
Tabla 7.	Resumen de datos del estudio de suelos	35
Tabla 8.	Factores de reducción de resistencia.....	38
Tabla 9.	factores $\emptyset$ para el diseño por resistencia.....	72
Tabla 10.	Cargas (CM – CV)	73
Tabla 11.	Acero mínimo para losas.....	91
Tabla 12.	Acero mínimo para losas.....	95
Tabla 13.	Acero mínimo para losas.....	97
Tabla 14.	Sistema de unidades:.....	101
Tabla 15.	Módulo de elasticidad según el peso unitario ACI 318-19:.....	102
Tabla 16.	Módulo de elasticidad para hormigón de peso normal ACI 318-19:	103
Tabla 17.	Módulo de elasticidad según el peso unitario NB 1225001-20:	103
Tabla 18.	Módulo de elasticidad para hormigón de peso normal ACI 318-19 NB 1225001-20: 103	
Tabla 19.	Resistencia cedente del acero de refuerzo:.....	104
Tabla 20.	Equivalencia de diámetros en distintas unidades:.....	104
Tabla 21.	Recubrimiento especificado para elementos de hormigón construidos en sitio no pretensados. Ref. ACI 318-19 Tabla 20.5.1.3.1.	106

Tabla 22.	Recubrimiento especificado para elementos de hormigón construidos en sitio no pretensados. Ref. NB 1225001-20 Tabla 20.6.1.3.1.	106
Tabla 23.	Deformaciones en el acero en el instante de falla del elemento.	108
Tabla 24.	Factores de reducción de resistencia ϕ , para momento, fuerza axial, o combinación de momento y fuerza axial. ACI 318-19 Tabla 21.2.2.	109
Tabla 25.	Combinaciones de carga. ACI 318-19 Tabla 5.3.1	111
Tabla 26.	Combinaciones de carga NB 1225001-20. Tabla 5.3.1	111
Tabla 27.	Clasificación las Acciones de carga	112
Tabla 28.	Factores de reducción de resistencia, ϕ . ACI 318-19 Tabla 21.2.1.....	112
Tabla 29.	Factores de reducción de resistencia, ϕ . NB 1225001-20 Tabla 21.2.1...	113
Tabla 30.	Altura mínima de vigas no. ACI 318-19 Tabla 9.3.1.1	113
Tabla 31.	Apunte ACI 318-19 9.3.1.1.1.....	113
Tabla 32.	Apunte ACI 318-19 9.3.1.1.2.....	114
Tabla 33.	Cuantía mínima	115
Tabla 34.	Refuerzo mínimo:.....	122
Tabla 35.	Valores de β_1 para la distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el hormigón. ACI 318 T22.2.2.4.3.....	123
Tabla 36.	Factor de relación equivalente	125
Tabla 37.	Comparación de la clasificación de suelos.....	131
Tabla 38.	Presiones portantes admisibles según el tipo de suelo	131

ANEXOS

A.1 ESTUDIO DE SUELOS	136
A.2 CARTA DE SOLICITUD DE PROYECTO	161
A.3 COMPUTOS METRICOS	163
A.4 PRECIO UNITARIO Y PRESUPUESTO GENERAL	186
A.5 CÁLCULO DE TIEMPOS Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	205
A.6 ESPESIFICACIONES TECNICAS	209
A.7 TOPOGRAFÍA.....	240
A.8 PLANOS ARQUITECTÓNICOS.....	242
A.9 PLANOS ESTRUCTURALES	243
A.10 RESPALDO INSTITUCIONAL.....	244