



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL
TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ
ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ**

Byron Enrique Vásquez Valdizón

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

BYRON ENRIQUE VÁSQUEZ VALDIZÓN

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO


DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro
EXAMINADOR	Ing. Silvio Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha julio de 2011.



Byron Enrique Vásquez Valdizón



REF.EPS.DOC.1092.08.11

Guatemala, 12 de agosto de 2011

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Byron Enrique Vásquez Valdizón** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200313102**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ"**.

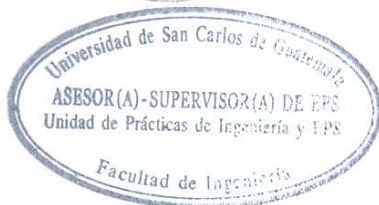
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
SJRS/ra



Guatemala, 31 de agosto de 2011
REF.EPS.D.755.08.11

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

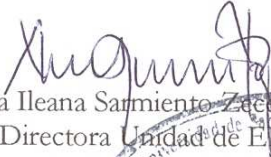
Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

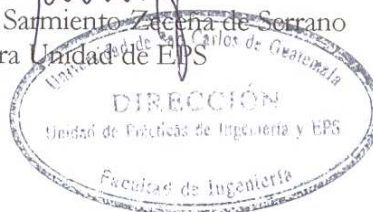
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Byron Enrique Vásquez Valdizón**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor -Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zúñiga de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
7 de septiembre de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Byron Enrique Vásquez Valdizón, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez serrano.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
2 de septiembre de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

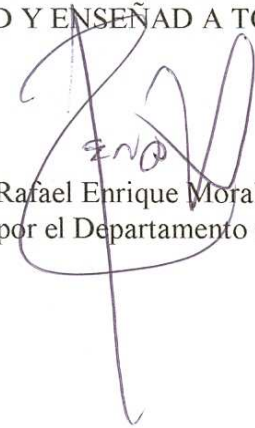
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Byron Enrique Vásquez Valdizón, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Byron Enrique Vásquez Valdizón, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2011

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.425.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RIARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **Byron Enrique Vásquez Valdizón**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2011

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Julio Manuel Vásquez Soláno y Ana Eloísa Valdizón Catalán
Mis hermanos	Julio, Ana, y Alicia Vásquez Valdizón
Mis abuelos	Mario Valdizón Catalán (q.e.p.d.) Alicia Catalán Cacéros (q.e.p.d.) Manuel Vásquez Lucas (q.e.p.d.) Francisca Soláno (q.e.p.d.)
A mi tío	Byron Amado Valdizón Catalán
A mi primo	Mario Geovanny Días Vásquez
Mi familia en general	Por brindarme su total apoyo en la carrera
Mis amistades	Por compartir conmigo este logro

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

Por demostrarme siempre que las metas se pueden alcanzar con esfuerzo y dedicación, por estar a mi lado en todo momento y por ser el mejor ejemplo a seguir, este logro es de ustedes.

Mis hermanos

Por darme el impulso que necesite para luchar por mis metas, gracias por su cariño y apoyo, por sobre todas las cosas.

Mis abuelos

Por brindarme sabiduría, y darme los consejos y enseñarme cuáles son los senderos de la vida que puedo recorrer.

Ing. Silvio Rodríguez

Por asesorarme durante la revisión del presente trabajo y darme sus consejos durante la realización del EPS.

Byron Valdizón

Por alojarme y estar conmigo durante mi carrera.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Por permitirme formar parte de tan importante casa de estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
LISTA DE SÍMBOLOS.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de Rabinal, Baja Verapaz.....	1
1.1.1. Aspectos generales.....	1
1.1.1.1. Reseña histórica.....	1
1.1.1.2. Ubicación geográfica.....	2
1.1.1.3. Localización.....	2
1.1.1.4. División política.....	3
1.1.1.5. Clima.....	3
1.1.1.6. Hidrografía.....	3
1.1.1.7. Producción agrícola.....	4
1.1.1.8. Población.....	4
1.1.2. Aspectos de infraestructura.....	5
1.1.2.1. Vías de acceso.....	5
1.1.2.2. Servicios públicos.....	5

1.2.	Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Rabinal, Baja Verapaz.....	6
1.2.1.	Descripción de las necesidades.....	6
1.2.2.	Análisis y priorización de las necesidades.....	7
2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO, CABECERA MUNICIPAL DE RABINAL, BAJA VERAPAZ.....	9
2.1.	Descripción general del proyecto.....	9
2.2.	Levantamiento topográfico.....	9
2.2.1.	Planimetría.....	9
2.2.2.	Altimetría.....	10
2.3.	Partes de un alcantarillado.....	10
2.3.1.	Colector.....	10
2.3.2.	Pozo de visita.....	10
2.3.3.	Conexiones domiciliarias.....	12
2.4.	Período de diseño.....	12
2.5.	Población futura.....	13
2.5.1.	Método geométrico.....	13
2.6.	Determinación de caudales.....	14
2.6.1.	Población tributaria.....	14
2.6.2.	Dotación.....	14
2.6.3.	Factor de retorno al sistema.....	15
2.6.4.	Caudal domiciliar.....	15
2.6.5.	Caudal industrial.....	15
2.6.6.	Caudal comercial.....	16
2.6.7.	Caudal por conexiones ilícitas.....	16
2.6.8.	Caudal por infiltración.....	16

2.6.9.	Caudal medio.....	17
2.6.10.	Factor de caudal medio.....	17
2.6.11.	Factor de Harmond.....	17
2.6.12.	Caudal de diseño.....	18
2.7.	Fundamentos hidráulicos.....	18
2.7.1.	Ecuación de Manning para flujo en canales.....	19
2.7.2.	Relaciones hidráulicas.....	19
2.8.	Parámetros de diseño áulico.....	20
2.8.1.	Coeficiente de rugosidad.....	20
2.8.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	21
2.8.3.	Velocidad máxima y mínima.....	21
2.8.4.	Diámetro colector.....	22
2.8.5.	Profundidad del colector.....	22
2.8.6.	Profundidad mínima del colector.....	22
2.8.7.	Ancho de zanja.....	23
2.8.8.	Volumen de excavación.....	24
2.8.9.	Cotas invert.....	24
2.8.10.	Ubicación de pozos de visita.....	25
2.8.11.	Profundidad de los pozos de visita.....	25
2.8.12.	Características de las conexiones domiciliarias.....	27
2.8.13.	Diseño hidráulico.....	28
2.9.	Desfogue.....	31
2.10.	Administración, operación y mantenimientos	32
2.11.	Elaboración de planos.....	32
2.12.	Elaboración de presupuesto.....	33
2.13.	Evaluación socio-económica.....	34
2.13.1.	Valor presente neto.....	34
2.13.2.	Tasa interna de retorno.....	36
2.14.	Evaluación de impacto ambiental.....	37

3.	DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ.....	39
3.1.	Diseño de ampliación de la escuela Ricardo Juárez.....	39
3.1.1.	Descripción del proyecto.....	39
3.1.2.	Descripción del área disponible.....	39
3.1.3.	Estudio de suelos.....	39
3.1.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo.....	40
3.2.	Normas para el diseño de edificios	43
3.2.1.	Criterios generales.....	43
3.2.2.	Criterios de conjuntos.....	43
3.2.3.	Criterios de iluminación.....	44
3.2.4.	Otros criterios.....	45
3.3.	Diseño arquitectónico.....	47
3.3.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	47
3.3.2.	Distribución de ambientes.....	47
3.3.3.	Alturas del edificio.....	47
3.4.	Selección del sistema estructural a usar	48
3.4.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	48
3.4.2.	Cargas de diseño.....	50
3.4.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles.....	50
3.4.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles.....	54

3.5.	Análisis de marcos dúctiles por medio de un <i>software</i> , y comprobación por un método de análisis estructural numérico	62
3.5.1.	Envolvente de momentos.....	70
3.5.2.	Diagrama de corte y momentos.....	73
3.5.3.	Diseño estructural.....	77
3.5.4.	Diseño de losas.....	78
3.5.5.	Diseño de vigas.....	85
3.5.6.	Diseño de columnas	90
3.5.7.	Diseño de gradas.....	99
3.5.8.	Diseño de cimientos.....	103
3.6.	Instalaciones.....	110
3.6.1.	Drenaje pluvial.....	110
3.6.2.	Electricidad.....	111
3.7.	Diseño de planos constructivos.....	114
3.8.	Presupuesto.....	114
3.9.	Evaluación de impacto ambiental.....	116
	CONCLUSIONES.....	119
	RECOMENDACIONES.....	121
	BIBLIOGRAFÍA	123
	APÉNDICE.....	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del municipio de Rabinal.....	2
2.	Pozo de visita.....	11
3.	Conexión domiciliar.....	12
4.	Planta típica de edificio.....	49
5.	Planta de centro de masa y rigidez	58
6.	Marco eje B, cargas horizontales	61
7.	Marco eje 3, cargas horizontales.....	62
8.	Marco eje B, cargas verticales y horizontales.....	63
9.	Marco eje 3, cargas verticales y horizontales.....	63
10.	Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje X.....	64
11.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje X	64
12.	Diagrama de momentos en vigas carga viva eje X.....	65
13.	Diagrama de momentos en columnas carga viva eje X.....	65
14.	Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje X.....	66
15.	Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje X.....	66
16.	Diagrama de momento en vigas carga muerta eje Y.....	67
17.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje Y	67
18.	Diagrama de momentos en vigas carga viva eje Y.....	68
19.	Diagrama de momentos en columnas carga viva eje Y.....	68
20.	Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje Y.....	69
21.	Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje Y.....	69
22.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje X.....	73
23.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje X.....	74

24.	Diagrama de cortes últimos en vigas eje X	74
25.	Diagrama de cortes últimos en columnas eje X	75
26.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y	75
27.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y.....	76
28.	Diagrama de cortes últimos en vigas eje Y	76
29.	Diagrama de cortes últimos en columnas eje Y.....	77
30.	Planta de distribución de losas.....	78
31.	Planta de distribución de momentos en losa.....	81
32.	Planta de distribución de momentos balanceados en losa	83
33.	Diagrama de momentos y corte en viga eje B.....	86
34.	Detalle de armado de viga tipo V-2.....	89
35.	Sección de columnas típicas de nivel.....	97
36.	Detalle de armado de columnas típicas.....	98
37.	Dimensiones de escalera.....	100
38.	Distribución de carga y momento en gradas.....	101
39.	Detalle de armado de escalera.....	103
40.	Elevación de zapata.....	104
41.	Diagrama de esfuerzo cortante.....	106
42.	Diagrama de esfuerzo corte punzonante.....	107
43.	Diagrama de esfuerzo flexionante.....	108
44.	Detalle de armado de zapata planta.....	109
45.	Detalle de elevación armado de zapata.....	109

TABLAS

I.	Producción agrícola e industrial.....	4
II.	Población.....	5
III.	Servicios de salud en el municipio.....	6

IV.	Factores de rugosidad.....	20
V.	Profundidad mínima de tubería.....	23
VI.	Ancho de zanja, según profundidad del colector.....	23
VII.	Datos de diseño.....	28
VIII.	Presupuesto de alcantarillado sanitario.....	33
IX.	Medidas de mitigación de impacto ambiental.....	37
X.	Presión máxima permisible del suelo.....	42
XI.	Fuerza por marco en cada nivel, marcos rígidos sentido Y.....	60
XII.	Fuerza por marco en cada nivel, marcos rígidos sentido X.....	61
XIII.	Balace de momentos.....	83
XIV.	Cuadro de resumen de armado de viga.....	90
XV.	Área máxima a drenar con tubería PVC.....	110
XVI.	Presupuesto.....	114
XVII.	Boleta de identificación y evaluación ambiental.....	116

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
d	Altura del tirante de agua dentro de la alcantarilla
b	Ancho del elemento en sección
A	Área
A_s	Área de acero de refuerzo
A_{smáx}	Área de acero máximo
A_{smín}	Área de acero mínimo
A_{Stemp}	Área de acero por temperatura
A_v	Área de varilla
A_g	Área gruesa, área total de la sección
A_z	Área zapata
P	Carga aplicada a la columna
P'_o	Carga axial de resistencia de la columna
CM	Carga muerta
P_{CR}	Carga crítica de pandeo de Euler
Q	Caudal de infiltración
P'	Carga de trabajo actuando en la columna
P'_u	Carga de resistencia de la columna
P'_{ux}	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ex
P'_{uy}	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey
CU	Carga última
P_u	Carga última
CV	Carga viva
cm	Centímetro

C	Coeficiente para el cálculo de momentos en losas
V_{MÁX}	Corte máximo actuante
D	Diámetro de la tubería
d_i	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado
E	Esbeltez de la columna
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
e	Excentricidad
F_{cu}	Factor de carga última
F_{ni}	Fuerza por nivel, en el nivel i
km	Kilómetro
lb	Libras
l/s	Litros por segundo
l/h/d	Litros por habitante por día
L_o	Longitud de confinamiento de estribos
δ	Magnificador de momentos
P.V.C.	Material a base de cloruro de polivinilo
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m	Metro lineal
m/s	Metros por segundo
E_s	Módulo de elasticidad del acero
E_c	Módulo de elasticidad del concreto
E_M	Módulo de elasticidad del material
M	Momento
M_b	Momento balanceado
M_d	Momento de diseño (magnificado)
M_{CM}	Momento inducido por la carga muerta

M_{CV}	Momento inducido por la carga viva
M_S	Momento inducido por la fuerza sísmica
$M_{(-)}$	Momento negativo
$M_{(+)}$	Momento positivo
M_x	Momento último actuando en el sentido x
M_y	Momento último actuando en el sentido Y
S	Pendiente
D	Peralte efectivo del elemento en sección, distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tensión
PV	Pozo de visita
q	Presión sobre el suelo
q_u	Presión última sobre el suelo
q/Q	Relación de caudales
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto
d/D	Relación de diámetros
V_r	Resistencia al esfuerzo cortante del concreto
m	Relación entre los claros de la losa a/b
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
V/v	Relación de velocidades
R	Rigidez de un elemento
v	Velocidad del flujo dentro de la alcantarilla
V	Velocidad del flujo a sección llena

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero necesaria para resistir esfuerzos inducidos en los elementos estructurales, evitando grietas, expansión o contracción por temperatura en el concreto.
Aguas residuales	Desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua provenientes de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
Azimut	Ángulo horizontal referido desde el norte magnético o verdadero determinado astronómicamente, su rango varía de 0° a 360°.
Banco de marca	Punto de altimetría cuya altura o cota es conocida y se utilizará para determinar las alturas o las cotas siguientes.
Bases de diseño	Bases técnicas utilizadas para la creación de los proyectos, varían de acuerdo al tipo de proyecto.
Carga muerta	Peso constante que es soportado por un elemento estructural durante su vida útil, incluyendo el propio.

Carga viva	Peso variable dado por el uso de la estructura, muebles, maquinaria móvil, etc., soportado por el elemento.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que fluye dentro de una tubería, en un determinado punto de observación durante un instante.
Cimiento corrido	Estructura que sirve de apoyo para muros, transmite estas cargas a las zapatas.
Colector	Sistema conformado por un conjunto de tuberías, pozos de visita, obras y accesorios, que se utilizan para la descarga de las aguas residuales o pluviales.
Columna	Elemento estructural capaz de resistir carga axial de compresión y que tiene una altura de, por lo menos, tres veces su menor dimensión lateral.
Columna esbelta	Columna en la cual además de resistir carga axial, también resiste esfuerzos flexionantes debido a la longitud del elemento en relación a su sección transversal.
Compactación	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y su capacidad de soportar cargas.

Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.
Descarga	Lugar donde se depositan las aguas residuales que provienen de un colector.
Desfogue	Salida de aguas residuales en un punto determinado
Dotación	Cantidad de agua potable necesaria para el consumo, requerida por una persona en un día.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Especificaciones	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo a las características y tipo de proyecto, son de carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad.
Excentricidad	Se produce cuando el centro de masa no coincide con el centro de gravedad, produciendo de esta manera esfuerzos adicionales por torsión.
Fluencia	Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a las cargas generadas por la tensión o compresión, presentando deformaciones uniformes para luego

regresar a su estado original luego de la aplicación de carga.

Momento	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Perfil	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a banco de marca.
Pozo de visita	Estructura que sirve para recibir y depositar las aguas residuales entre dos tuberías. Se utiliza para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.
SEAOC	<i>The Structural Engineers Association of California</i> , (Asociación de Ingenieros Estructurales de California).
Solera	Elemento estructural horizontal, que sirve para darle mayor resistencia a un muro, además de resistir los esfuerzos inducidos en éste.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.
Zapata	Estructura cuya función es transmitir la carga al subsuelo a una presión de acuerdo a las propiedades del suelo.

RESUMEN

El municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, posee áreas que carecen de servicios básicos para la población, en el presente trabajo de graduación se diagnóstica, analiza y prioriza las necesidades de servicios básicos y de infraestructura, aportando soluciones óptimas y de carácter técnico contenidas en la: fase de investigación y fase de servicio técnico profesional.

A través de la investigación monográfica y el diagnóstico de las necesidades de servicios básicos y de infraestructura de la población, se determinó necesario que un sector de la cabecera municipal posea un sistema de drenaje sanitario, por lo que se realizó el diseño del mismo, basándose en especificaciones técnicas correspondientes al tipo y características físicas del proyecto.

En la escuela Ricardo Juárez Arellano, fue necesaria la implementación de infraestructura, por lo que se llevó a cabo, el diseño de un edificio escolar de dos niveles, debido a que las instalaciones existentes son muy pequeña y no tiene suficiente capacidad para recibir a más estudiantes.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el barrio El Tamarindo y el edificio de ampliación para la escuela Ricardo Juárez Arellano en la cabecera municipal de Rabinal, Baja Verapaz.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura, del municipio de Rabinal, Baja Verapaz.
2. Capacitar al personal de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Rabinal, Baja Verapaz en el uso y manejo del programa Autocad y programas 3D.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene el desarrollo de los proyectos realizados durante el Ejercicio Profesional Supervisado, en el municipio de Rabinal del departamento de Baja Verapaz.

La primera sección contiene la fase de investigación donde se describe el aspecto monográfico del municipio en general, así como un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal, realizando una priorización.

La segunda sección contiene la fase de servicio técnico profesional, en la que se describen las características de los proyectos. El sistema de alcantarillado sanitario presenta el método de cálculo para la realización del diseño hidráulico. En cuanto al ampliación de la Escuela Ricardo Juárez Arellano se utilizaron códigos internacionales que regulan el diseño de las estructuras de concreto reforzado.

Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo con los planos y presupuestos respectivos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Rabinal, Baja Verapaz

1.1.1. Aspectos generales

1.1.1.1. Reseña histórica

Rabinal es el municipio más antiguo del departamento de Baja Verapaz; fue fundado en 1537 por Fray Bartolomé de Las Casas. La cabecera municipal está asentada sobre el valle del Urrám y fue conocida también durante el período hispánico como San Pablo Rabinal. Por acuerdo Gubernativo del 2 de agosto de 1893 fue elevada la villa de Rabinal a categoría de ciudad, debido a la importancia que obtuvo en su comercio e industria y por el agrado de cultura que ha alcanzado en estos últimos años.

Sobre el lugar central dominado por una gran iglesia colonial, los vendedores instalan sus mercancías bajo el amplio ramaje de una ceiba, para ofrecer sus productos. La construcción de su iglesia parroquial inicia en los primeros meses de 1540 a cargo de los frailes Pedro de Angulo y Luis Cáncer, de la orden de los dominicos, el material usado en su construcción consiste en piedras (lajas) que procedían de la ciudadela situada en el cerro de Kaj-Yup al norte del pueblo.

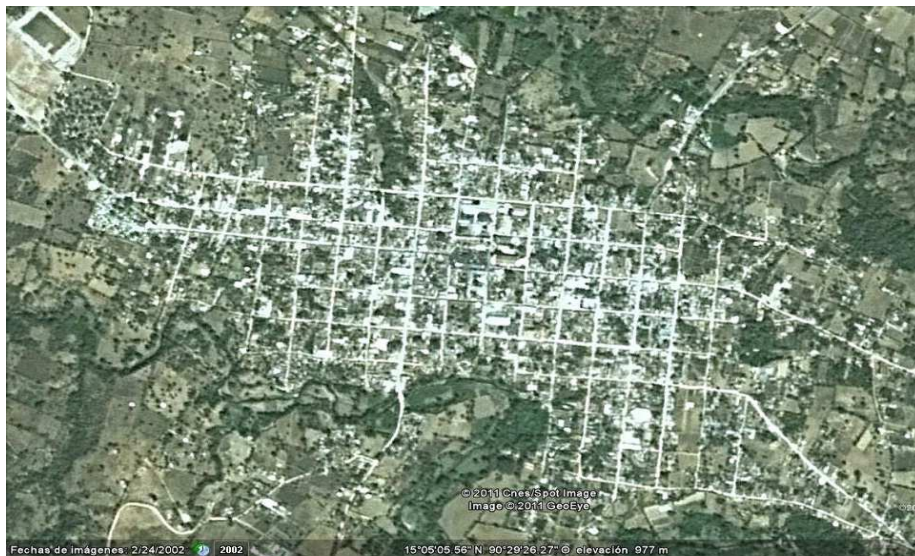
La fiesta titular es en honor al santo patrono San Pablo, celebrada del 19 al 25 de enero. En recientes años se ha destacado por presentar el drama Rabinal Achi declarado actualmente por la UNESCO por sus siglas en inglés

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, como “patrimonio oral e inmaterial de la humanidad” y diversas danzas mezcladas con creencias y símbolos católicos.

1.1.1.2. Ubicación geográfica

Rabinal, Baja Verapaz, se encuentra ubicado a 178 kilómetros de la ciudad de Guatemala y a 28 kilómetros de su cabecera departamental, y cuenta con una extensión de 504 km².

Figura 1. **Localización del municipio de Rabinal**



Fuente: Google Earth, programa satelital.

1.1.1.3. Localización

Las coordenadas geográficas del municipio son las siguientes

Latitud: 15°05'04”.

Longitud: 90°29'32”

1.1.1.4. División política

Colinda al norte con el municipio de Chicamán (el Quiché), al este con el municipio de San miguel Chicaj (Baja Verapaz), al sur con los municipios de El Chol y Granados (Baja Verapaz) y al oeste con el municipio de Cubulco (Baja Verapaz). Se comunica por medio de una carretera municipal, contando también con caminos de herradura y veredas de terracería, los cuales unen los poblados entre sí.

1.1.1.5. Clima

El municipio pertenece a la zona de vida bosque seco subtropical, con áreas de clima semicálido seco y en menor medida templado durante el transcurso del año; en verano es totalmente seco con temperaturas que alcanzan los 38°C y 25°C como temperatura media y su precipitación oscila entre 500 y 700 milímetros con una promedio de 90 días de lluvia. Su elevación es de 972,69 metros sobre el nivel del mar.

La estación meteorológica más cercana se encuentra ubicada en el municipio de Cubulco, Baja Verapaz, con una longitud de 15°06'32" una latitud de 90°36'51" y 994 sobre el nivel del mar.

1.1.1.6. Hidrografía

El componente hidrográfico del municipio está constituido por los ríos Rabinal, Río Negro, Río Sajcap y Chiac.

1.1.1.7. Producción agrícola

La mayor parte de sus habitantes se dedica a la agricultura, cuenta con magníficos profesionales y artesanos. Los principales productos cultivados son: café, maíz, frijol, aguacate, hortalizas y árboles frutales, entre otros.

Tabla I. **Producción agrícola e industrial**

Actividad	Total	Urbano	Rural
Agricultura	41,16	39,74	44,62
Comercio	8,71	8,7	6,74
Industria manufacturera	21,67	21,67	21,65
Construcción	7,9	6,39	11,57
Servicios comunales	9,36	9,54	8,9
Administración pública y defensa	3,43	3,43	1,81
Transporte	3,29	3,29	2,21
Financieras, seguros, etc.	2,82	3,33	1,58
Enseñanza	0,86	1,07	0,34
Minas y canteras	0,07	0,07	0,08
Otros	0,23	0,29	0,09

Fuente: Municipalidad de Rabinal, Baja Verapaz.

La mayoría de las mujeres además de atender sus oficios domésticos, se dedican a la elaboración de tejidos típicos de vistosos colores y diseños, como güipiles, fajas, monteras, y otros, que son muy apreciados en el mercado nacional e internacional. El comercio lo hace directamente con la capital y lugares circunvecinos.

1.1.1.8. Población

Según los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística (INE) del 2002, los centros poblados de Rabinal son los siguientes:

Tabla II. **Población**

Año	Hombres	Mujeres	Total
2002	4 048	4 467	8 515

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

1.1.2. Aspectos de infraestructura

1.1.2.1. Vías de acceso

Al municipio de Rabinal se puede acceder por la carretera vía Sanaráte, Salamá y por la vía San Juan Sacatepéquez, Granos y El Chol.

1.1.2.2. Servicios públicos

- Sistema de agua: el análisis de los servicios de abastecimiento de agua indica que el agua entubada, recibe tratamiento de potabilización. Se tiene una cobertura del 90% en la adecuada disposición de excretas en las viviendas del municipio.

Es abastecida por:

- 4 pozos mecánicos
- 2 nacimientos de agua
- Drenaje: aproximadamente el 90% posee servicio de drenaje sanitario.

- Desechos sólidos: para el manejo de la basura y otros desechos, cuenta con una planta de tratamiento. Además, cuenta con el servicio del tren de aseo cubriendo un 50% en la localidad.
- Energía eléctrica: en referencia al número de viviendas, según el estudio realizado un 98% de las viviendas cuentan con energía eléctrica.

Tabla III. **Servicios de salud en el municipio**

Tipos de servicios	Número de servicios
Puesto de Salud	1
Clínicas médicas particulares	5
Farmacias	18
Comadronas adiestradas	25

Fuente: indicadores del año 2010, Jefatura de Salud, Baja Verapaz.

1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos de infraestructura del municipio de Rabinal, Baja Verapaz

1.2.1. Descripción de las necesidades

Las necesidades más relevantes del municipio son las que se presentan a continuación:

- Sistema de alcantarillado sanitario: la población descarga las aguas negras a las calles, produciendo mal olor y enfermedades.

- Ampliación de la escuela Ricardo Juárez Arellano: es necesario implementar un edificio de aulas adicionales debido a la gran población estudiantil del lugar.

1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades

Con colaboración del consejo municipal se determinó que es necesario que se atiendan las necesidades básicas del casco urbano y los barrios del municipio de Rabinal, por lo que fue necesario proponer una solución que consistente en una red de alcantarillado sanitario, por ser un servicio básico, para evitar contaminación y elevar el nivel de vida de la comunidad. En segundo término, se tiene el aspecto de infraestructura como el edificio de ampliación de la Escuela Ricardo Juárez Arellano.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL TAMARINDO, CABECERA MUNICIPAL DE RABINAL, BAJA VERAPAZ

2.1. Descripción general del proyecto

Consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, para un sector de la cabecera municipal, con una longitud total de 1 225,94 metros, con base a especificaciones técnicas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para un periodo de diseño de 30 años. Este se conectará a la red principal.

El sistema de alcantarillado sanitario está integrado por 14 pozos de visita, la tubería es de PVC de 6", la cantidad de usuarios integrados al sistema es de 402 actualmente.

2.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó para localizar la red dentro de las calles, pozos de visita, y en general, ubicar todos aquellos puntos de importancia.

2.2.1. Planimetría

Estudio por el cual se representa la superficie terrestre en un plano horizontal, con la utilización de aparatos y métodos de cálculo adecuados. Con el fin de obtener las rutas adecuadas de desfogue y ubicación de los pozos de visita. Para este caso se aplicó el método de conservación de azimut, utilizando un teodolito *Sokkia DT6₁₀*, estadal de madera, brújula y plomadas metálicas.

2.2.2. Altimetría

Estudio a través del cual se representan las alturas de los puntos observados, referidos a un banco de marca o sobre el nivel del mar, con lo que se definen las pendientes del terreno, necesarias en el diseño. En este proyecto se aplicó el método de nivelación compuesta, el equipo que se utilizó es un nivel de precisión *Sokkia*, estatal de aluminio de 4 metros y nivel de mano.

2.3. Partes de un alcantarillado

2.3.1. Colector

Es el conducto principal. Se ubica generalmente en el centro de las calles. Transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta su disposición final, ya sea hacia una planta de tratamiento, o a un cuerpo receptor. Generalmente son secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC o concreto. El trayecto, comúnmente obligatorio, es subterráneo.

2.3.2. Pozo de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleadas como medio de inspección y limpieza.

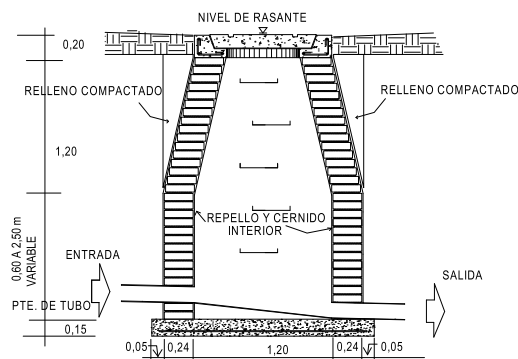
Según las normas generales para el diseño de alcantarillado del Instituto de Fomento Municipal, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- Cambio de diámetro
- Cambio de pendiente
- Cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”
- Intersecciones de tuberías colectoras
- Extremos superiores de ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros hasta de 24”
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundida o de concreto, con una abertura de 0,50 a 0,60 m. El marco descansa sobre las paredes que se ensanchan con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla, su profundidad es variable y sus paredes suelen ser construidas de ladrillo, de barro cocido, cuando son pequeños; y de hormigón cuando son muy grandes.

El fondo de los pozos de visita se hace regularmente de hormigón, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o a los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.

Figura 2. Pozo de visita

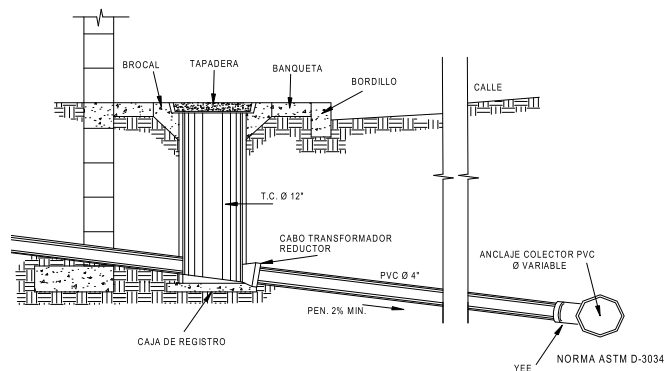


Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Conexiones domiciliarias

Son subestructuras que tienen el propósito de descargar todas las aguas provenientes de las viviendas o edificaciones al colector o alcantarillado central, o al punto más cercano de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado, o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. Consta de las siguientes partes.

Figura 3. **Conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia.

2.4. Período de diseño

El período de diseño de un sistema de alcantarillado, es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable, pudiendo proyectarlo para realizar su función en un período de 20 a 40 años, a partir de la fecha que se realice el diseño, y tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales, lo cual se puede determinar por normas del INFOM.

2.6. Determinación de caudales

2.6.1. Población tributaria

En sistemas de alcantarillados sanitarios y combinados, la población que tributaría caudales al sistema, se calcula con los métodos de estimación de población futura, generalmente empleados en ingeniería sanitaria. La población tributaria por casa se calcula con base al número de habitantes dividido entre el número total de casas a servir actualmente.

2.6.2. Dotación

La dotación está relacionada íntimamente con la demanda que necesita una población específica para satisfacer sus necesidades primarias. Esto significa que dotación, es la cantidad de agua que necesita un habitante en un día, para satisfacer sus demandas biológicas. Es por esta razón que la dimensional de la dotación viene dada en litros/habitante/día.

La dotación está en función de la categoría de la población que será servida, y varía de 50 a 300 l/h/d.

- Municipalidades de 3^a. a 4^a. Categoría: 50 l/h/d
- Municipalidades de 2^a. Categoría: 90 l/h/d
- Municipalidades de 1^a. Categoría: 250-300 l/h/d

Para el diseño del este proyecto, se tomo una dotación de 150 l/h/d., según información proporcionada por la municipalidad.

2.6.3. Factor de retorno al sistema

Este factor se determina bajo el criterio del uso del agua de la población, en ningún caso retorna el cien por ciento al alcantarillado, debido a que hay actividades donde el agua se infiltra al suelo o se evapora.

Factor de retorno a utilizar = 0,85

2.6.4. Caudal domiciliar

Lo constituye el agua que ha sido utilizada para actividades como la limpieza de alimentos, el aseo personal, etc. Y que es conducida a la red de alcantarillado. Este tipo de caudal se relaciona directamente con la dotación de agua potable.

El caudal domiciliar se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dotacion} * \text{No.Hab} * \text{factor de retorno}}{86\ 400}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{150 \text{ l/h/d} * 673 \text{ h} * 0,85}{86\ 400} = 0,99 \text{ l/s}$$

2.6.5. Caudal industrial

Es el agua proveniente del interior de todas las industrias existentes en el lugar, como procesadores de alimentos, fábrica de textiles, licoreras, etc. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede computar

dependiendo del tipo de industria, entre 1 000 y 18 000 l/i/d. Dado a que el sector carece de ellos, no se contempla caudal industrial alguno.

2.6.6. Caudal comercial

Es el agua que a sido utilizada por comercios, hoteles, restaurantes, oficinas, etc. Debido a que en el lugar no hay ninguno de este tipo no se considerará.

2.6.7. Caudal por conexiones ilícitas

Este se da porque las viviendas no cuentan con un sistema de alcantarillado pluvial, por lo que algunos pobladores conectan las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario.

Existen varios métodos para la estimación de este caudal, siendo estos: el método racional, Asociación de Ingenieros Sanitarios de Colombia y las normas del INFOM. Debido a la poca información que cuenta la región se optó por utilizar el 25% del caudal domiciliar, como lo especifica la norma del INFOM, dadas las características de la población.

$$Q_{ci} = 25\% * Q_{dom}$$
$$Q_{ci} = 0,25 * 0,99 \text{ l/s} = 0,50 \text{ l/s}$$

2.6.8. Caudal por infiltración

Por ser el material a utilizar de PVC, que no permite que se infiltre agua de ningún tipo, no se considera este caudal en el diseño.

2.6.9. Caudal medio

Es la suma de todos los caudales provenientes de las industrias, comercios, viviendas, conexiones ilícitas e infiltración, descartando todo aquel caudal que no contribuya al sistema; se obtiene su valor de la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{inf}}$$
$$Q_{\text{dom}} = 0,99 + 0,50 = 1,49 \text{ l/s}$$

2.6.10. Factor de caudal medio

Se obtiene de la relación entre el caudal medio, y el número de habitantes futuros incluidos en el sistema. El caudal medio es la sumatoria de todos los caudales incluidos en el diseño.

Este factor debe estar dentro de 0,002 a 0,005, según INFOM, de lo contrario debe aproximarse al más cercano.

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{No.Hab}}$$
$$f_{qm} = \frac{1,49 \text{ l/s}}{673 \text{ h}} = 0,0020$$

2.6.11. Factor de *Harmond*

Incrementa el caudal debido a la posibilidad que en determinado momento una gran cantidad de usuarios utilicen el sistema, lo cual congestionaría el flujo

del agua. También es denominado factor instantáneo. Es a dimensional y se obtiene de la siguiente ecuación.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\text{No.Hab}/1\ 000}}{4 + \sqrt{\text{No.Hab}/1\ 000}} \quad FH = \frac{18 + \sqrt{673/1\ 000}}{4 + \sqrt{673/1\ 000}} = 3,90$$

2.6.12. Caudal de diseño

Se obtiene de multiplicar el factor de *Harmond* con el factor de caudal medio y el número de habitantes, expresado mediante la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{Dis}} = FH * f_{\text{qm}} * \text{Hab}$$
$$Q_{\text{Dis}} = 3,90 * 0,0020 * 673 \text{Hab} = 5,249 \text{ l/s}$$

2.7. Fundamentos hidráulicos

El principio básico para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, es transportar las aguas negras por la tubería como si fuese un canal abierto, funcionando por gravedad, y cuyo flujo está determinado por la rugosidad del material y por la pendiente del canal.

Particularmente para sistemas de alcantarillado sanitarios, se emplean canales circulares cerrados, y para no provocar ninguna molestia se construyen subterráneos, estando la superficie del agua afectada solamente por la presión atmosférica y por muy pocas presiones provocadas por los gases de la materia en descomposición que dichos caudales transportan.

2.7.1. Ecuación de Manning para flujo en canales

Para encontrar valores que determinen la velocidad y caudal que se conducen en un canal, desde hace años se han propuesto fórmulas experimentales, en las cuales se involucran los factores que más afectan el flujo de las aguas en el conducto. Se encontraron fórmulas según las cuales existía un coeficiente C, el cual era tomado como una constante, pero se comprobó que es una variable que dependía de la rugosidad del material usado, de la velocidad y del radio medio hidráulico, y por lo tanto, no se definía con exactitud la ley de la fricción de los fluidos. La ecuación de *Manning* se define de la siguiente manera.

$$V = \left[\frac{0,034 \ 29 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} \right]$$

Donde:

V = velocidad = m/s

D = diámetro de tubería = pulgadas

S = pendiente del terreno

n = coeficiente de rugosidad, depende del tipo de material de la tubería

2.7.2. Relaciones hidráulicas

Relación q/Q : relación que determina qué porcentaje del caudal pasa con respecto al máximo posible, $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{sección llena}}$

Relación v/V relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la velocidad del flujo a sección llena. Para hallar este valor se utilizan las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q . Una vez encontrada la relación de velocidades se puede determinar la velocidad parcial dentro de la tubería.

Relación d/D: relación entre la altura del flujo dentro de la tubería (tirante) y el diámetro de la tubería. Se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q.

La relación d/D debe estar comprendida dentro de $0,10 \leq d/D \leq 0,75$

2.8. Parámetros de diseño hidráulico

2.8.1. Coeficiente de rugosidad

La fabricación de tuberías para la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, cada vez es realizada por más y más empresas, teniendo que realizar pruebas actualmente que determinen un factor para establecer cuán lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería. Manejando parámetros de rugosidad para diferentes materiales y diámetros, ya estipulados por instituciones que regula la construcción de alcantarillados sanitarios. Entre los cuales se puede mencionar:

Tabla IV. Factores de rugosidad

MATERIAL	FACTOR DE RUGOSIDAD
Superficie de mortero de cemento	0,011-0,013
Mampostería	0,017-0,030
Tubo de concreto diámetro menor de 24"	0,011-0,016
Tubo de concreto diámetro mayor de 24"	0,013-0,018
Tubo de asbesto cemento	0,009-0,011
Tubería de PVC	0,006-0,011
Tubería de hierro galvanizado	0,013-0,015

Fuente: Most, Robert. Mecánica de fluidos. p.358.

2.8.2. Sección llena y parcialmente llena

El principio fundamental de un sistema de alcantarillado sanitario, como se ha mencionado con anterioridad, es que funcionan como canales abiertos (sección parcial) y nunca funcionan a sección llena. En consecuencia, el caudal de diseño jamás será mayor que el caudal a sección llena.

El caudal que transportará el tubo a sección llena, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q = V \cdot A \qquad A = \frac{\pi}{4} (D)^2$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

V = velocidad en m/s

A = área de tubería m²

2.8.3. Velocidad máxima y mínima

Las normas generales para diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal, establecen el rango de velocidades permisibles siguientes, para diseño de drenaje sanitario.

Tubería de PVC:

- Velocidad máxima con el caudal de diseño, 2,5 m/s
- Velocidad mínima con el caudal de diseño, 0,60 m/s
- Velocidad máxima según el fabricante, 0,4 m/s hasta 3 m/s

2.8.4. Diámetro colector

El diámetro de la tubería es una de las partes a calcular y se deben seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Las normas del INFOM, indican que el diámetro mínimo a colocar para sistemas sanitarios será de 8", en el caso de tubería de concreto, y de 6" para tubería de PVC.

Para conexiones domiciliarias, se puede utilizar un diámetro de 6" para tubería de concreto, y 4" para tubería de PVC, formando ángulo de 45° en el sentido de la corriente del colector principal.

2.8.5. Profundidad del colector

La profundidad de la línea principal o colector, se dará en función de la pendiente del terreno, la velocidad del flujo, el caudal transportado y el tirante hidráulico. Así mismo, se debe tomar en cuenta que se debe considerar una altura mínima que permita proteger el sistema de las cargas de tránsito, de las inclemencias del tiempo y de los accidentes fortuitos.

2.8.6. Profundidad mínima del colector

La profundidad mínima de los colectores depende de los aspectos ya mencionados. Además se debe considerar el tipo de tránsito, ya sea liviano o pesado, al cual se podría someter dicho colector. A continuación, algunas profundidades mínimas para la colocación del colector, desde la superficie del terreno hasta la parte superior extrema de la tubería, en cualquier punto de su extensión.

Tabla V. **Profundidad mínima de tubería**

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"
Tránsito normal	1,20	1,25	1,35	1,40	1,50	1,60	1,65	1,85	2
Tránsito pesado	1,40	1,45	1,55	1,50	1,70	1,80	1,85	2,05	2,20

Fuente: INFOM.

2.8.7. Ancho de zanja

Para alcanzar la profundidad donde se encuentra el colector, se deben hacer excavaciones a cada cierta distancia (pozos de visita), en la dirección que se determinó en la topografía de la red general; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y profundidad requerida por la tubería que se va a usar. Se presenta a continuación una tabla que muestra anchos de zanjas aconsejables, en función del diámetro y de las alturas a excavar.

Tabla VI. **Anchos de zanja, según profundidad del colector**

Diámetro en pulgadas	Ancho de zanja		
	Para profundidades hasta 2 m	Para profundidades de 2 a 4 m	Para profundidades de 4 a 6 m
4	0,50	0,60	0,70
6	0,55	0,65	0,75
8	0,60	0,70	0,80
10	0,70	0,80	0,80
12	0,80	0,80	0,80
15	0,90	0,90	0,90
18	1	1	1,10
24	1,10	1,10	1,35

Fuente: INFOM.

2.8.8. Volumen de excavación

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de zanja, que depende del diámetro de la tubería que se va a instalar, y la longitud entre pozos, siendo sus dimensionales m^3 .

$$\text{Vol} = \left[\left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) * d * z \right]$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m^3)

H_1 = profundidad del primer pozo (m)

H_2 = profundidad del segundo pozo (m)

d = distancia entre pozo (m)

2.8.9. Cotas invert

Es la cota vertical o altura a la parte inferior de la tubería. Se trabaja conjuntamente con la rasante del pozo de visita para determinar la profundidad del mismo. Esta se obtiene con la pendiente de la tubería y la distancia del tramo entre pozos, tomando las siguientes especificaciones.

- La cota invert de salida se coloca, como mínimo, tres centímetros por debajo de la invert de entrada.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es mayor que el diámetro de la tubería de salida, la invert de salida estará colocada por debajo, una dimensión igual al diámetro de la tubería de entrada.

2.8.10. Ubicación de pozos de visita

Ya que se tiene delimitado y determinado donde se ubicará el alcantarillado, se tomará en cuenta colocar pozos de visita en los siguientes casos o combinación de ellos.

- Donde exista cambio de diámetro
- En intersecciones de dos o más tuberías
- En cambio de pendiente
- En el inicio de cualquier ramal
- En distancia no mayores de 100 m
- En curvas, no más de 30 m

2.8.11. Profundidad de los pozos de visita

La profundidad de los pozos de visita al inicio del tramo está definida por la cota invert de salida; es decir, está determinada por la siguiente ecuación.

$$HP.V = \text{cota del terreno al inicio} - \text{cota invert de salida del tramo} - 0,15 \text{ de base}$$

Al realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, para determinar las alturas de los pozos de visita, si hubiera inconvenientes, se deben tomar en cuenta las consideraciones que a continuación se mencionan:

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará como mínimo 3 cm debajo de la cota invert de entrada.

$$\phi_A = \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada} - 0,03$$

- Cuando a un pozo de visita entre una tubería de diámetro y salga otro de diferente diámetro, la cota invert de salida estará situada como mínimo a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada.

$$\phi_A > \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada} - ((\phi_B > \phi_A) * 0,0254)$$

- Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro que las que ingresen a él, la cota invert de salida estará 3 cm debajo de la cota más baja que entre, y se tomará el valor menor de los dos resultados.

$$\phi_A = \phi_B = \phi_C$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada "A"} - 0,03$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada "B"} - 0,03$$

- Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresen en él, la cota Invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor, presentando diferentes casos.
 - Ingresa más de una tubería de igual diámetro y sale una de diferente diámetro: la cota invert de salida será la diferencia de los diámetros para cada una y se toma el valor menor.

$$\phi_A = \phi_B \quad \phi_C > \phi_A; \quad \phi_C > \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada "A"} - ((\phi_C - \phi_A) * 0,0254)$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada "B"} - ((\phi_C - \phi_B) * 0,0254)$$

- Cuando ingresa más de una tubería de diferente diámetro y sale una de diámetro distinto: la cota invert de salida será la diferencia de los diámetros para cada una y se tomará el valor menor.

$$\phi_A \neq \phi_B \quad \phi_C > \phi_A; \quad \phi_C > \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada "A"} - ((\phi_C - \phi_A) * 0,025 \ 4)$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada "B"} - ((\phi_C - \phi_B) * 0,025 \ 4)$$

- Cuando ingresa más de una tubería de diferente diámetro, siendo una de ellas del diámetro de la tubería de salida: la cota *invert* de salida será, para cada una de ellas, la diferencia de los diámetros, y la otra tendrá como mínimo 3 cm; se tomará el valor menor.

$$\phi_C = \phi_B \quad \phi_A \neq \phi_B; \quad \phi_C > \phi_A$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota } invert \text{ de entrada "B"} - 0,03$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota } invert \text{ de entrada "A"} - ((\phi_C - \phi_A) * 0,025 \ 4)$$

- Cuando solo una tubería de las que sale es de seguimiento, las demás que salga del pozo de visita deberá ser iniciales.
 - La cota invert de salida de la tubería inicial deberá estar como mínimo a la profundidad del tránsito liviano o pesado, según se considere oportuno.

2.8.12. Características de las conexiones domiciliarias

La tubería para éstas conexiones podría ser de 4" de PVC, o de 6" si es de concreto, presentando una pendiente que varía del 2% al 6%, que saldrán de la

candela domiciliar hacia la línea principal, uniéndose a esta en un ángulo de 45°, a favor de la corriente del caudal interno del colector; es decir, con las características que ya se han planteado anteriormente.

Las cajas domiciliarias generalmente se construyen con tubería de concreto de diámetro mínimo de 12 in, o de mampostería de lado menor de 45 cm, ambos a una altura mínima de 1 m del nivel del suelo.

Por lo tanto en este proyecto se utilizará tubo PVC de 4", así como silleta "Y" o "T" de 6" x 4"; para la candela se utilizó un tubo de concreto de 12" de diámetro.

2.8.13. Diseño hidráulico

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se elabora de acuerdo a las normas que establece el INFOM. En este proyecto, se beneficiará el mayor porcentaje de las viviendas actuales del sector de la cabecera municipal, dada a las razones expuestas con anterioridad y con el objetivo de hacer más fácil el cálculo se optó por utilizar un programa realizado en una hoja electrónica, para el cual se presenta las bases generales de diseño.

Tabla VII. **Datos de diseño**

Datos generales	
Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Período de diseño	30 años
Población actual	402 habitantes
Población futura	673 habitantes
Tasa de crecimiento	1,173 %
Tipo de tubería	PVC, norma ASTM D-3034

Continuación de la tabla VII	150 l/h/d
Factor de retorno	0,85
Densidad de habitantes/vivienda	6 hab/vivienda
Velocidad de diseño	0,40 < V ≤ 3 m/s
Factor de caudal medio	0,002
Coefficiente de rugosidad para PVC	0,010
Altura mínima de pozo	1,40 m
Conexión domiciliar	Ø 4", pendiente mínima

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de diseño de un tramo

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV-1 y PV-2

Pendiente del terreno

$$S\% = \frac{(CT_{\text{inicial}} - CT_{\text{final}})}{DH} * 100$$

$$S\% = \frac{(99,67 - 100,10)}{93,86} * 100 = -4,60\%$$

No. de viviendas actuales

Locales = 7 viviendas

Acum. = 0 + 7 = 7 viviendas

No. de habitantes a servir

Actual: $P_o = (6 \text{ hab/viv})(7 \text{ viv}) = 42 \text{ hab.}$

$$\text{Futuro: } P_f = 42(1 + 0,173)^{30} = 70 \text{ hab.}$$

Factor de *Harmond*

$$\text{Actual: FH} = \frac{18 + \sqrt{42/1\ 000}}{4 + \sqrt{42/1\ 000}} = 4,33 \quad \text{Futuro: FH} = \frac{18 + \sqrt{70/1\ 000}}{4 + \sqrt{70/1\ 000}} = 4,28$$

Caudal de diseño

$$\text{Actual: } q_{\text{dis}} = (4,33)(0,002)(42) = 0,364 \text{ l/s}$$

$$\text{Futuro: } q_{\text{dis}} = (4,28)(0,002)(70) = 0,62 \text{ l/s}$$

Caudal a sección llena

$$\varnothing = 6''$$

$$S\% = 1,60\%$$

Velocidad

$$V = \left[\frac{0,034\ 29 * (6)^{2/3} * (1,60/100)^{1/2}}{0,010} \right] = 1,432 \text{ m/s}$$

Área

$$A = \left(\frac{\pi}{4} \right) (D)^2 \quad A = \left(\frac{\pi}{4} \right) (0,152\ 4)^2 = 0,018\ 24 \text{ m}^2$$

Caudal

$$Q = V * A \quad Q = (0,018\ 24)(1,432)(1\ 000) = 26,123 \text{ l/s}$$

Chequeo

actual

$$q_{\text{dis}} < Q$$

$$q_{\text{dis}}/Q = 0,364/26,123 = 0,013922$$

$$v/V = 0,355 \quad v = (0,355)(1,432 \text{ m/s}) = 0,51 \text{ m/s, cumple}$$

$$d/D = 0,0825$$

futuro

$$q_{\text{dis}} < Q$$

$$q_{\text{dis}}/Q = 0,62/26,123 = 0,023037$$

$$v/V = 0,414 \quad v = (0,414)(1,432 \text{ m/s}) = 0,59 \text{ m/s, cumple}$$

$$d/D = 0,1050$$

Cotas *invert*

$$\text{PV-1: } \text{CIS} = \text{CT} - h_m \quad \text{CIS} = 99,67 \text{ m} - 1,40 \text{ m} = 98,27 \text{ m}$$

$$\text{PV-2: } \text{CIE} = \text{CIS} - \left(\frac{\text{DH} \cdot \text{S}\%}{100} \right)$$

$$\text{CIE} = 98,27 \text{ m} - \left(\frac{93,86 \cdot 1,60}{100} \right) = 96,76 \text{ m}$$

Alturas de pozos

$$\text{PV-1: } h_1 = \text{CT} - \text{CIS} \quad h_1 = 96,67 \text{ m} - 98,27 \text{ m} = 1,40 \text{ m}$$

$$\text{PV-2: } h_2 = \text{CT} - \text{CIE} \quad h_2 = 100,10 \text{ m} - 96,76 \text{ m} = 3,34 \text{ m}$$

2.9. Desfogue

El desfogue de este proyecto, se hará por medio de una conexión a la red de alcantarillado existente.

2.10. Administración, operación y mantenimientos

Es necesario que el comité del lugar seleccione personal adecuado para realizar la inspección del sistema de drenaje sanitario, ya que por el uso constante del mismo está en riesgo a deteriorarse, así como por obstrucciones en el flujo normal de los desechos, pueden ocasionar daños al sistema que ocasionen problemas en la circulación libre de los desechos.

La inspección será de tipo visual, se llevará a cabo a través de la colocación de una linterna dentro de la tubería en el pozo de visita, para luego ser observada al otro extremo, determinando si existe o no obstrucciones al sistema. Otra forma de realizar la inspección es verter una cierta cantidad de agua en la tubería, y observar la circulación del agua en la salida de la tubería, esperando que ésta sea normal.

Los pozos de visita serán revisados periódicamente, ya que son parte fundamental del sistema, y su conservación garantiza el funcionamiento adecuado del mismo, por lo que deberán limpiarse de residuos y lodos acumulables que eviten la libre circulación de los desechos. También cada vecino será responsable por el mantenimiento de la candela correspondiente a su vivienda, ya que ésta deberá conservarse en buen estado para un funcionamiento correcto.

2.11. Elaboración de planos

Los planos correspondientes al proyecto son: planta general con densidad de vivienda, planta perfil de línea central y ramales, detalles de pozo de visita y

conexión domiciliar. Ver apéndice, sección de planos constructivos, sistema de alcantarillado sanitario.

2.12. Elaboración de presupuesto

La integración del presupuesto fue realizada a base de precios unitarios, materiales de construcción que se cotizan en el municipio, lo concerniente a mano de obra calificada y no calificada se aplicó lo que la municipalidad asigna para casos similares, en cuanto a costo indirecto se aplicó el 25%.

Tabla VIII. Presupuesto de alcantarillado sanitario

CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO					
No.	RENLÓN	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Replanteo topográfico	ml	950,94	Q 1,20	Q 1 141,13
2	Excavación	m ³	2 098,14	Q 41,41	Q 86 883,98
3	Instalación tubería de 6" PVC	ml	951,00	Q 104,09	Q 98 989,59
4	Relleno y compactación	m ³	2 098,14	Q 37,62	Q 78 932,03
5	Pozo de visita	unidad	13		
5.1	Pozo de visita de h = 1.40 m	unidad	4	Q 4 075,30	Q 16 301,20
5.2	Pozo de visita de h = 2.35 m	unidad	1	Q 6 082,44	Q 6 082,44
5.3	Pozo de visita de h = 2.43 m	unidad	1	Q 6 929,67	Q 6 929,67
5.4	Pozo de visita de h = 2.7 m	unidad	1	Q 7 642,24	Q 7 642,24
5.5	Pozo de visita de h = 2.82 m	unidad	1	Q 8 011,03	Q 8 011,03
5.6	Pozo de visita de h = 4.18 m	unidad	1	Q 11 922,60	Q 11 922,60
5.7	Pozo de visita de h = 4.62 m	unidad	1	Q 13 926,14	Q 13 926,14
5.8	Pozo de visita de h = 4.68 m	unidad	1	Q 14 573,53	Q 14 573,53
5.9	Pozo de visita de h = 5.13 m	unidad	1	Q 15 375,37	Q 15 375,37
5.1	Pozo de visita de h= 5.15 m	unidad	1	Q 15 599,88	Q 15 599,88
6	Conexiones domiciliars	unidades	55,00	Q 2 050,00	Q 112 750,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 4 95 010,83

Fuente: elaboración propia.

2.13. Evaluación socio-económica

2.13.1. Valor presente neto

Esta es una alternativa para la toma de decisiones de la inversión, lo cual permite determinar de antemano si una inversión vale la pena o no poder realizarla, y no hacer así malas inversiones que provoquen en un futuro pérdidas.

El valor actual neto puede desplegar tres posibles repuestas, las cuales pueden ser:

- VAN<0
- VAN=0
- VAN>0

Cuando el VAN<0, y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, nos esta alertando o previniendo que el proyecto no es rentable.

Cuando el VAN=0 nos esta indicando que exactamente se esta generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el VAN>0, esta indicando que la opción es rentable y que inclusive podrían incrementarse el % de utilidad.

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n - 1} \right] \qquad P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

P = valor de pago único en el valor inicial a la operación, o valor presente.

F = valor de pago único al final de período de la operación, o valor de pago futuro.

A = valor de pago uniforme en un período determinado o valor de pago constante o renta, de ingreso.

I = tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de unidad por la inversión a una solución.

n = período de tiempo que se pretende dure la operación.

Datos del proyecto:

Costo total del proyecto= Q 495 010,86

Costo de mantenimiento= Q 40 000/añual

Como es usual un proyecto de inversión social la municipalidad pagará el 80% del costo total del proyecto y la comunidad pagará el otro 20% en un período de 8 años en cuotas anuales de Q 560,00/añuales por derecho de conexiones domiciliarias.

Cuota de mantenimiento de Q 10,00/mensuales

A1= Q 95 040 + Q 40 000 = Q 135 040

A2= Q 55 440

n= 8 años

$$VPN_1 = - 418 271,89 + 135 040 \left[\frac{(1 + 0,10)^8 - 1}{0,10(1 + 0,10)^8} \right] - 55, 440 \left[\frac{(1 + 0,10)^8 - 1}{0,10(1 + 0,10)^8} \right]$$

VPN₁ = 6 386,15 , para un interés del 10% anual en un período de 8 años

$$VPN_2 = - 418 271,89 + 135 040 \left[\frac{(1 + 0,15)^8 - 1}{0,15(1 + 0,15)^8} \right] - 55, 440 \left[\frac{(1 + 0,15)^8 - 1}{0,15(1 + 0,15)^8} \right]$$

VPN₂ = - 61 082,81, para un interés del 15% anual en un período de 8 años, el proyecto no es rentable.

El valor presente neto negativo del proyecto es de Q.61 082,81. Este costo será de inversión social por parte de la municipalidad. No se recupera la inversión, sino que se beneficia a la población en servicios básicos, por lo cual no se está estipulando ningún ingreso ni rentabilidad del proyecto.

2.13.2. Tasa interna de retorno

Conceptualmente podemos decir que la tasa interna de retorno es la tasa máxima de utilidad que puede pagarse u obtenerse en la evaluación de una alternativa.

$$\text{TIR} = \text{VAB Beneficios} - \text{VAN Gastos} = 0$$

Lo que se busca es un dato que sea menor al dato buscado y otro que sea mayor y así poder interpolar de la manera siguiente.

Tasa	1 VAN +
TIR	VAN= 0
Tasa	2 Van -

$$\text{TIR} = i_1 + \left(\frac{\text{VPN}_1}{\text{VPN}_1 + \text{VPN}_2} \right) (i_2 - i_1)$$

$$\text{TIR} = 0,10 + \left(\frac{6\,386,15}{6\,386,15 + 61\,082,81} \right) (0,15 - 0,10) = 0,11$$

$$\text{TIR} = 11\%$$

En este caso la tasa interna de retorno del proyecto es de 11%. El proyecto no es de utilidad económica y cumple con una función social.

2.14. Evaluación de impacto ambiental

En la ejecución de proyectos de infraestructura, como los de sistemas de colectores de aguas negras, no se generan impactos ambientales adversos de gran magnitud, que pudieran arriesgar la salud de las personas o afectar el medio ambiente. Durante la ejecución del proyecto se deberá incorporar un plan de manejo ambiental, el cual consistirá en la elaboración sistemática y estructurada de una serie de medidas de mitigación, las cuales tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos en el entorno, debido a la implementación del proyecto en cualquiera de sus fases.

Tabla IX. **Medidas de mitigación de impactos ambientales para proyectos de drenaje sanitario**

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Emisiones a la atmósfera	Emisión de material particulado y polvo	Humedecer periódicamente el terreno. Transportar el material de excavación.
Residuos sólidos	Generación de residuos sólidos	Mantener contenedores para un adecuado almacenamiento temporal. Recuperar y reutilizar las excavaciones. Retirar, transportar y disponer los residuos sobrantes en lugares autorizados.
Ruidos y/o vibraciones	Incremento en los niveles de ruido	Realizar trabajos de excavación e instalación de tuberías, en horarios diurnos.

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ

3.1. Diseño de ampliación de la Escuela Ricardo Juárez Arellano

3.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar un edificio para la ampliación de la Escuela Ricardo Juárez Arellano.

Constará de dos niveles, con capacidad para seis aulas. Así mismo se diseñará un módulo independiente de gradas.

El diseño del módulo independiente será de mampostería reforzada y losas planas, piso de granito, puertas y ventanas de hierro.

3.1.2. Descripción del área disponible

El terreno disponible tiene un área de 300,00 m² de forma regular, el área de construcción es de 227,21 m².

3.1.3. Estudio de suelos

Para el estudio se obtuvieron muestras del suelo inalterado en una perforación, a éstas se les realizó el ensayo de compresión triaxial. Los datos obtenidos del ensayo son:

Descripción del suelo: talpetate con presencia de limo, color café oscuro

Ángulo de fricción interna $\Phi = 27,25^\circ$

Cohesión $C_u = 7,2 \text{ t/m}^2$

Densidad seca = $1,44 \text{ t/m}^3$

Desplante (Z) = $2,00 \text{ m}$

Se aplicó la fórmula del Dr. *Karl Terzaghi* a los valores obtenidos del análisis, dando resultados iguales a los anteriores, con un factor de seguridad de 6. Se utiliza un valor soporte de diseño de 30 t/m^2 debido a las condiciones del lugar y zona sísmica en la que se encuentra.

3.1.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

Cálculo del valor soporte (V_s): el cálculo del valor soporte del suelo, se realizó por el método de Terzaghi, con los datos obtenidos en el ensayo de compresión triaxial.

Ecuación general de capacidad de carga última

$$q_u = C * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + d f_y * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + B \gamma * N_y * F_{ys} * F_{yd} * F_{yi}$$

Donde:

q_u = capacidad de carga última

N_c, N_q, N_y = factores de carga que dependen del ángulo de fricción interna

F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = factores de forma que dependen del tamaño de la zapata

F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = factores que dependen de la profundidad de la zapata

F_{ci}, F_{qi}, F_{yi} = factores que dependen de la inclinación a la cual se aplica la carga

A continuación se presentan los datos necesarios para determinar la capacidad de carga última del suelo:

El suelo tiene una descripción de arena-limosa color café

Coeficiente de cohesión (C_u)	= 7,2 t/m ²
Ángulo de fricción interna (φ)	= 27,25°
Base de la cimentación (B)	= 1 m
Desplante (D_f)	= 1,50 m
Peso volumétrico del suelo (γ_{suelo})	= 2,00 t/m ³
Factor de seguridad (F_s)	= 3

$$V_s = \frac{q_u}{F_s}$$

Donde:

V_s = valor soporte del suelo

q_u = capacidad de carga última

$F_s = 3$

La aplicación de la ecuación y los datos anteriores, da como resultado el valor soporte del suelo, dicho valor se compara en la tabla XXVIII que muestra las presiones máximas permisibles según el tipo de suelo que se posee.

$$V_s = 30,89 \text{ t/m}^2$$

Tabla X. **Presión máxima permisible del suelo para el salón social**

TIPO DE MATERIAL	PRESIÓN MÁXIMA PERMISIBLE DEL SUELO	
	klb/ft ²	t/m ²
Roca	20 % de la resistencia última al aplastamiento	20 % de la resistencia última al aplastamiento
Arena gruesa compacta con mezcla de limo, arena fina compacta, arcilla dura o arcilla arenosa.	8	39,12
Arcilla semirrigida o arcilla arenosa.	6	29,34
Arena inorgánica compacta y mezclas de limo.	4	19,56
Arena suelta.	3	14,67
Arcilla arenosa suave o arcilla.	2	9,78
Arena inorgánica suelta y mezclas de limo.	1	4,89
Arena orgánica suelta y mezclas de limo, humus o lodo.	0	0

Fuente: McCormac , Jack C. Diseño de concreto reforzado. p.392.

Se adoptó un factor de seguridad alto para cubrir las deficiencias que pudieran haberse dado tanto en la obtención de la muestra como en la realización del ensayo triaxial, se compararon los valores de suelos similares, arena fina 22 – 43 t/m², tabla 2.5.1. Valor soporte permisible, según tipo de suelo. Tesis de Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1, Jadenon Cabrera Seis.

3.2. Normas para el diseño de edificios

Para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplicaron las normas contenidas en el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares elaborado por el Ministerio de Educación, conjugándolas con criterios profesionales. Las normas que fueron aplicadas en este trabajo, se describen a continuación.

3.2.1. Criterios generales

Son todos los aspectos importantes que se toman para el diseño, entre los cuales están: ubicación del edificio, altura de ventanas, iluminación, entre otros.

3.2.2. Criterios de conjuntos

Conjunto arquitectónico: se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que se espera recibir, y se debe diseñar con respecto a su funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.

- **Emplazamiento:** un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno, se logra cuando el área construida en la planta baja no exceda el 40% del área total del terreno.
- **Orientación del edificio:** la correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación ideal para las ventanas es de norte a sur, de preferencia abriéndolas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el

terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir las ventanas bajas.

- Superficie y altura del edificio: la superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel.

3.2.3. Criterios de iluminación

- Generalidades de la iluminación en el edificio: la iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:
 - Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
 - Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
 - Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado, una mejor iluminación.
- Tipos de iluminación: la iluminación se divide en; natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos tipos de iluminación, aceptados para los centros educativos, se describen a continuación:

- Iluminación natural: el diseño de ventanas para iluminación debe proporcionar luz pareja y uniforme en todos los puntos del área sin incidencia de rayos solares, conos de sombra o reflejos.
- Iluminación natural unilateral: el área de ventanas debe ser del 25% a 30% del área de piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no deben estar a una distancia mayor de 2,5 veces la altura del muro donde están las ventanas.
- Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula; las ventanas deben de tener un área de iluminación entre 25% a 30%.
- Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del aula. Para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15% al 20% del área total de piso.
- Iluminación artificial: debe usarse como apoyo a la iluminación natural. Como se requiere iluminación nocturna en algunas áreas se debe considerar iluminar los ambientes en forma idéntica a la natural, con el fin de mantener condiciones generales y deberá ser difusa para que no moleste la vista.

3.2.4. Otros criterios

- Ventilación: la ventilación debe ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. La cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.

- Criterios de color: el color es uno de los elementos que evitan la reverberación y sobre todo ayudan a la optimización de la iluminación natural. Se recomienda el uso de colores cálidos en ambientes donde la luz solar es poca. Los colores deben dar un efecto tranquilizante.

- Confort acústico: es muy importante en un centro de esta categoría, pues los ambientes deben ser tranquilos para que influyan favorablemente en el estado anímico de los estudiantes. Para que exista un confort acústico es necesario que no existan interferencias sonoras entre los distintos ambientes. Los ruidos en un aula pueden provenir del exterior, del centro de ambientes vecinos o del interior; para prevenirlos y así lograr las condiciones acústicas óptimas, se pueden tomar las precauciones siguientes.
 - Para que no interfiera el ruido proveniente del exterior, ubicar los establecimientos en zonas tranquilas, pero de no ser posible esto, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.

 - Para prevenir la interferencia entre ambientes, separar los ambientes ruidosos de los tranquilos, tomando en cuenta la dirección del viento.

 - Para disminuir el ruido interno del ambiente, se debe construir con materiales porosos, ya que éstos absorben el ruido; además las patas del mobiliario y equipo deben tener aislantes acústicos, para disminuir el ruido al moverlos.

3.3. Diseño arquitectónico

Las aulas se diseñaron con capacidad de 40 alumnos, necesitando un área mínima de 1,30 m² por alumno, y un área interna de salón de 51 m², es de forma rectangular, de 6,30 x 7,85 m. El diseño arquitectónico se refiere a darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para su uso. Para lograrlo, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, crecimiento poblacional, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

3.3.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio estará ubicado según planta de conjunto.

3.3.2. Distribución de ambientes

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio, se hacen del modo tradicional para edificios educativos, por ser esta la que más se ajusta a las necesidades existentes y al espacio disponible.

3.3.3. Alturas del edificio

Cada nivel posee una altura de 3 metros, por lo que la altura total del edificio es de 6 metros.

3.4. Selección del sistema estructural a usar

Se utilizó un sistema de marcos espaciales dúctiles con nudos rígidos, losa tradicional de concreto reforzado, muros de mampostería reforzada de block pómez.

3.4.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

Es necesario considerar dimensiones de los elementos estructurales que se crean convenientes para la estructura y que soporten esfuerzos y cargas. A través del código ACI 318-99 se establecen métodos sencillos que garantizan su funcionalidad. Estos valores pueden modificarse, según lo demande el diseño estructural.

Predimensionamiento de viga

La viga se define con base a la longitud efectiva. Un criterio es asignar el 8% de las luz libre, la base igual al 50% del peralte. El código ACI 318 en el capítulo 9, tabla 9.5(a), establece diferentes situaciones para predimensionar.

Longitud de viga 6,44 m

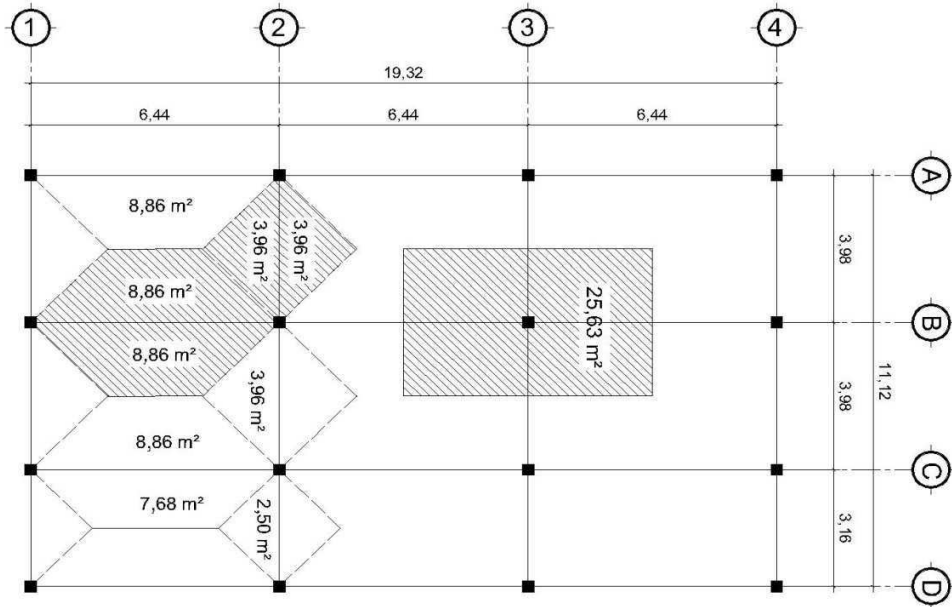
$$h_{\text{viga}} = 0,08 * 6,44 = 0,52 \text{ m} \quad h_{\text{viga}} = L/21 = 6,44/21 = 0,31 \text{ m}$$

Se propone una sección de 40 cm x 25 cm

Predimensionamiento de columna

El Código ACI 318, en su capítulo 10, considera la sustitución de la carga puntual en la siguiente ecuación. La siguiente figura muestra el área tributaria para las vigas y columnas

Figura 4. Planta típica de edificio



Fuente: elaboración propia.

$$P = 0,80 * \left[0,85 * f_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s \right], \quad \text{donde } A_s = \rho * A_g$$

Haciendo la estimación de la carga puntual con el peso específico del concreto y la carga tributaria. Para dos niveles se obtiene:

$$P = \text{peso esp} * A_t * 2 \text{ niveles} = 2400 \text{ kg/m}^2 * 25,63 \text{ m}^2 * 2 \text{ niveles} = 123024 \text{ kg}$$

Sustituyendo el valor obtenido en la fórmula despejada para A_g se obtiene:

$$A_g = \frac{P}{0,80 * \left[0,85 * f_c * (A_g - \rho) + f_y * \rho \right]}, \quad \text{donde } \rho \text{ es la cuantía de acero.}$$

$$A_g = \frac{123024}{0,80 * \left[0,85 * 210 * (1 - 0,01) + 2810 * 0,01 \right]} = 750,82 \text{ cm}^2$$

Por lo que se propone una sección de 30 cm x 30 cm = 900 cm²

Predimensionamiento de losa

Para la estimación del espesor de la losa, se utiliza el método del perímetro dividido 180.

$$t = \frac{(6,44*2+3,98*2)}{180} = 0,116 \text{ m} = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Con, } m = \frac{3,98}{6,44} = 0,62 \rightarrow 0,65 \text{ losa en dos direcciones}$$

Predimensionamiento de zapata

Los cimientos de la estructura serán diseñados como zapatas aisladas. Ver predimensionamiento en la sección de diseño de cimientos.

3.4.2. Cargas de diseño

Las cargas que soporta una estructura están dadas por ella misma, así como las personas y objetos que la habitarán, dependiendo del tipo y uso que se le dará. Las cargas se dividen en horizontales y verticales, de acuerdo a su dirección.

3.4.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles

De acuerdo al tipo de carga estas se dividen en cargas muertas y cargas vivas.

- Cargas muertas: son las cargas que producen los elementos estructurales, así como los diversos materiales que se utilizan en la construcción de la estructura.

Para un edificio, las cargas muertas lo componen los pesos de las losas, vigas, columnas, muros, ventanas, puertas, instalaciones (drenajes, hidráulica, eléctricas), acabados y otros permanentes en la estructura.

Para este edificio se utilizarán

Concreto	= 2 400 kg/m ³
Muros	= 100 kg/m ²
Acabados	= 100 kg/m ³

- Cargas vivas: son cargas que se producen de acuerdo a la utilidad que tenga la estructura, ya que la componen los objetos temporales o móviles dentro del edificio, como personas, mobiliario, equipo y otros.

La norma AGIES y otros códigos, regulan los valores de la carga viva, para los diferentes tipos de estructura y la función que estos tengan.

Para este edificio se utilizarán

Techo	= 100 kg/m ²
Vestíbulo	= 500 kg/m ²
Aulas	= 300 kg/m ²

Integración de cargas para marcos dúctiles

Eje B – Viga 1-2

Nivel 2

Carga muerta = peso de losa + peso de sobrecarga + peso de viga

$$\text{Peso losa} = (17,72 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) / 6,44 \text{ m} = 792,45 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabados} = (17,72 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 6,44 = 275,16 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = (0,25 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) = 240,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 1 \text{ 307,60 kg/m}$$

$$\text{Total carga viva} = (17,72 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 6,44 \text{ m} = 275,16 \text{ kg/m}$$

Nivel 1

Carga muerta = losa + sobrecarga + viga + muro

$$\text{Peso losa} = (17,72 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) / 6,44 \text{ m} = 792,45 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabados} = (17,72 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 6,44 \text{ m} = 275,16 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = (0,25 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) = 240,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso muro} = (6,44 \text{ m} * 100 \text{ kg/m}^2) = 644,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 1 \text{ 921,60 kg/m}$$

$$\text{Total carga viva} = (17,72 \text{ m}^2 * 300 \text{ kg/m}^2) / 6,44 \text{ m} = 825,47 \text{ kg/m}$$

Eje 3 – Viga A-B

Nivel 2

Carga muerta = peso de losa + peso de sobrecarga + peso de viga

$$\text{Peso losa} = (7,92 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 3,98 \text{ m} = 573,11 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabados} = (7,92 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 3,98 \text{ m} = 198,99 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = (0,25 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) = 240,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 1012,10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga viva} = (7,92 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 3,98 \text{ m} = 198,99 \text{ kg/m}$$

Nivel 1

Carga muerta = losa + sobrecarga + viga + muro

$$\text{Peso losa} = (7,92 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 3,98 \text{ m} = 573,11 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabados} = (7,92 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 3,98 \text{ m} = 198,99 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = (0,25 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) = 240,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso muro} = (3,98 \text{ m} * 100 \text{ kg/m}^2) = 398,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 1410,10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga viva} = (7,92 \text{ m}^2 * 300 \text{ kg/m}^2) / 3,98 \text{ m} = 596,98 \text{ kg/m}$$

3.4.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles

Las cargas horizontales son aquellas que actúan perpendicularmente a la línea de la gravedad, estas son producidas por viento, sismo o impacto y son puramente dinámicas. Debido a que Guatemala se considera una zona sísmica, se aplica únicamente la fuerza del sismo. Para encontrar estas fuerzas sísmicas se utilizó el método *SEAOC*, que se describe a continuación:

Corte basal(*V*): es la fuerza sísmica que el suelo trasmite a la base del edificio, su valor se obtiene de la siguiente fórmula.

$V=Z*I*C*S*K*W_T$, donde:

$z = 1$ Coeficiente de la zona sísmica para Baja Verapaz.

$I = 1,40$ Coeficiente de importancia del edificio después del sismo, para oficinas y lugares públicos.

$$T = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T_x}}$$

Sentido X

$$T = \frac{0,09(6)}{\sqrt{11,2}} = 0,12$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,15}} = 0,17, \text{ usar } 0,12$$

Sentido Y

$$T = \frac{0,09(6)}{\sqrt{19,32}} = 0,12$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,12}} = 0,19, \text{ usar } 0,12$$

$C_x = C_y = 0,12$ Coeficiente que depende del período natural de vibración

$S = 1,5$ Factor de interacción suelo – estructura cuando es desconocido.

Si $C_x * S > 0,14$ utilizar $C_x * S = 0,14$, Si $C_y * S > 0,14$ utilizar $C_y * S = 0,14$.

$C_x * S = C_y * S = (0,12)(1,5) = 0,18 > 0,14$, usar 0,14

$K = 0,67$ para sistema estructural de marcos dúctiles espaciales.

W_T = carga muerta total de la estructura + 25% de carga viva, la cual se obtiene de la siguiente manera.

Segundo nivel

Losa	= $214,84 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3$	= 61 873,92 kg
Vigas	= $(12 * 6,44 \text{ m} + 8 * 3,98 \text{ m} + 4 * 3,16 \text{ m}) * (0,25 * 0,40) * 2 \text{ 400 kg/m}^3$	= 29 222,40 kg
Columnas	= $1/2 * (16 * 3 \text{ m}) * (0,30 * 0,30) * 2 \text{ 400 kg/m}^3$	= 5 184 kg
Muros	= 0 m^2	= 0 kg
Carga viva	= $214,84 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2 * 25\%$	= 5 371 kg
Peso total del segundo nivel		= 101 651,32 kg

Primer nivel

Losa	= $214,84 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3$	= 61 873,92 kg
Vigas	= $(12 * 6,44 \text{ m} + 8 * 3,98 \text{ m} + 4 * 3,16 \text{ m}) * (0,25 * 0,40) * 2 \text{ 400 kg/m}^3$	= 29 222,40 kg

Columnas	= (16*3 m)(0,30*0,30)*2 400 kg/m ³	= 10 368 kg
Muros	= (6*6,44 m + 8*3,98 m)(3 m)*100 kg/m ²	= 22 092 kg
Carga viva (Aulas)	= 153,78 m ² *300 kg/m ² *25%	= 11 533,5 kg
Carga viva (Pasillo)	= 61,05 m ² *500 kg/m ² *25%	= 7 631,25 kg
Peso total del primer nivel		= 142 721,07 kg
Peso total de la estructura		= 244 372,39 kg

Por lo que el valor del corte basal es:

$$V=Z*I*C*S*K*W_T$$

$$V_{x,y} = 1(1,40)(0,14)(0,67)(244 372,39) = 32 091 \text{ kg}$$

Fuerza por nivel (F_i): es la fuerza que se transmite del corte basal hacia los distintos niveles de la estructura. Se obtiene de la siguiente fórmula.

$$F_i = \frac{(V-F_t)(W_i*H_i)}{\sum(W_i*H_i)}, \text{ de donde:}$$

F_t = fuerza en la cúspide igual a 0, cuando el período de vibración < 0,25

W_i = peso de nivel_i

H_i = altura de nivel_i

$$F_1 = \frac{(32 091)(142 721,07*4,50)}{(142 721,07*4,50)+(101 651,32*7,50)} = 14 673,0962 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{(32\,091)(101\,651,32 \cdot 7,50)}{(142\,721,07 \cdot 4,50) + (101\,651,32 \cdot 7,50)} = 17\,417,886 \text{ kg}$$

Fuerzas por marco

CR = centro de rigidez

CM = centro de masa

e = excentricidad, $e_{\min} = 0,05 \cdot (\text{altura total})$

Marco típico sentido X

$$CR_x = \frac{\sum K_i \cdot d}{K_i} \qquad CR_x = \frac{K(6,44 + 12,88 + 19,32)}{4K} = 9,66 \text{ m}$$

$$CM_x = \frac{D}{2} \qquad CM_x = \frac{19,32}{2} = 9,66 \text{ m}$$

$$e_x = |CR - CM| \qquad e_x = |9,66 - 9,66| = 0,00 \text{ m}$$

$$e_{\min} = 0,05h \qquad e_{\min} = 0,05 \cdot 7,5 = 0,375$$

$e_x < e_{\min}$ por lo que se considera que no existe torsión en el sentido X

Marco típico sentido Y

$$CR_y = \frac{\sum K_i \cdot d}{K_i} \qquad CR_y = \frac{K(3,98 + 7,96 + 11,12)}{4K} = 5,765 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{D}{2} \qquad CM_y = \frac{11,12}{2} = 5,56 \text{ m}$$

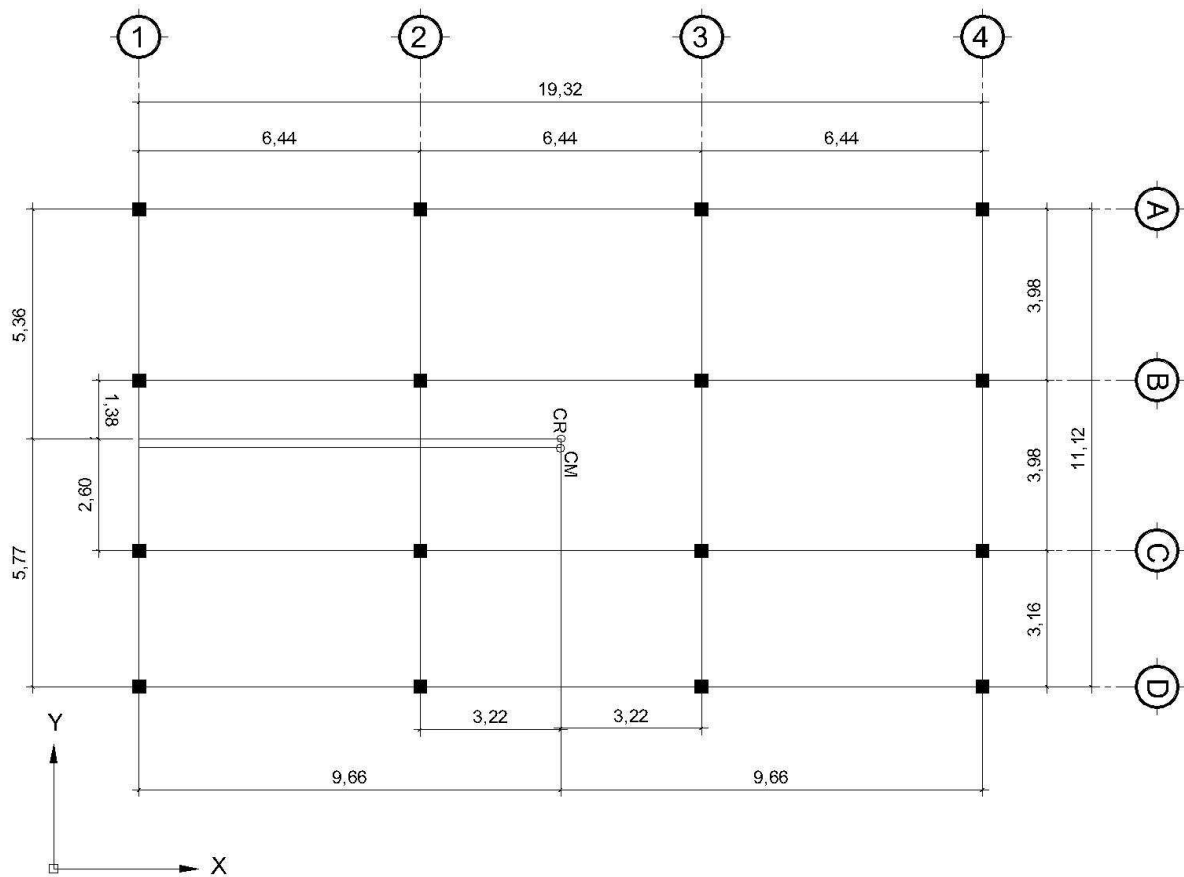
$$e_y = |CR - CM| \qquad e_y = |5,765 - 5,56| = 0,205 \text{ m}$$

$$e_{\min} = 0,05h \qquad e_{\min} = 0,05 \cdot 7,5 = 0,375$$

$e_y > e_{\min}$ por lo que se considera que si existe torsión en el sentido Y

En el sentido Y si existe excentricidad mínima; para el cálculo de fuerzas por marco se toma la mayor, $e_y = 0,205$ m

Figura 5. **Planta de centro de masa y rigidez**



Fuente: elaboración propia.

$$FM = FM' \pm FM''$$

$$FM' = \frac{K_i * F_{ni}}{\sum K_i}$$

$$FM'' = \frac{(e \cdot F_{ni})}{E_i}$$

$$E_i = \frac{(\sum K_i \cdot d_i^2)}{(K_i \cdot d_i)}$$

Donde: FM = fuerza proporcional a la rigidez

FM' = fuerza de torsión

K_i = rigidez de marco K= 1 (los elementos son simétricos)

E_i = módulo de rigidez

e = excentricidad

d_i = distancia de CR a marco considerado

Fuerza por marco, sentido Y

Nivel 1

$$FM' = \frac{1 \cdot 14\,673,0962}{4} = 3\,668,27 \text{ kg}$$

$$FM'' = \frac{(0,205 \cdot 14\,673)}{\left[\frac{70,69}{5,36} \right]} = 228,09 \text{ kg}$$

$$FM = 3\,668,27 + 228,09 = 3\,896,36 \text{ kg}$$

Nivel 2

$$FM' = \frac{1 \cdot 17\,417,89}{4} = 4\,354,75 \text{ kg}$$

$$FM'' = \frac{(0,025 \cdot 17\,417)}{\left[\frac{70,69}{5,36} \right]} = 270,75 \text{ kg}$$

$$FM = 4\,354,47 + 270,75 = 4\,625,23 \text{ kg}$$

Tabla XI. Fuerza por marco en cada nivel, marcos rígidos sentido Y

MARCO	Ri	di	Ridi	Ridj²	NIVEL 1			NIVEL 2		
					FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
A	1	5,36	5,36	28,73	3 668,274055	228,09	3 896,36	4 354,47	270,75	4 625,23
B	1	1,38	-1,38	1,90	3 668,274055	-58,72	3 609,55	4 354,47	-69,71	4 284,76
C	1	2,60	2,6	6,76	3 668,274055	110,64	3 778,91	4 354,47	131,34	4 485,81
D	1	5,77	5,77	33,29	3 668,274055	245,53	3 913,81	4 354,47	291,46	4 645,94
	4			70,69						

Fuente: elaboración propia.

Fuerza por marco, sentido X

Nivel 1

$$FM' = \frac{1 \cdot 14\,673,09}{4} = 3\,668,27405 \text{ kg}$$

$$FM'' = \frac{(0 \cdot 14\,673)}{\left[\frac{207,37}{9,66} \right]} = 0 \text{ kg}$$

$$FM = 3\,668,27405 + 0 = 3\,668,27 \text{ kg}$$

Nivel 2

$$FM' = \frac{1 \cdot 17\,417,89}{4} = 4\,354,47 \text{ kg}$$

$$FM'' = \frac{(0 \cdot 17\,417)}{\left[\frac{207,37}{9,66} \right]} = 0 \text{ kg}$$

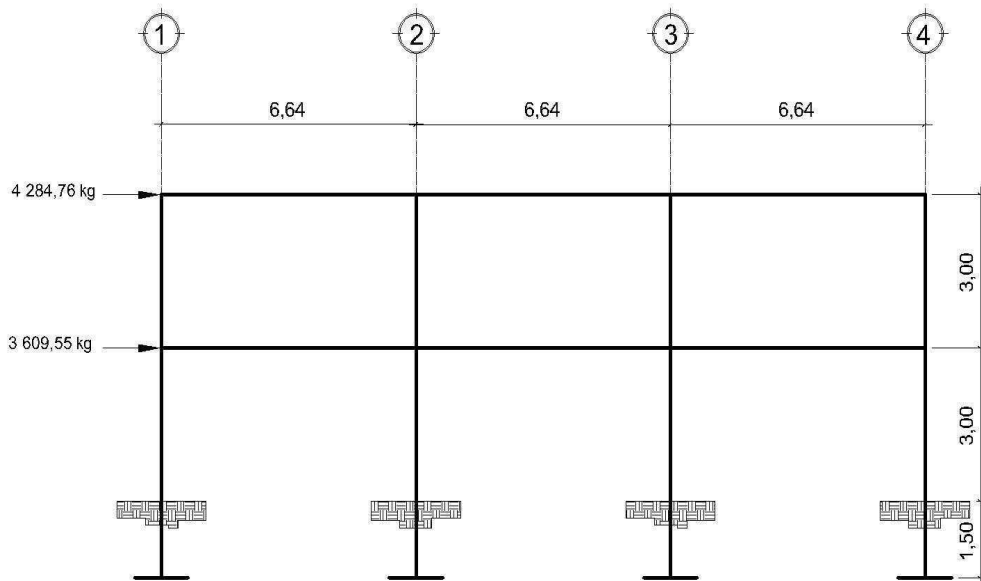
$$FM = 4\,354,47 + 0 = 4\,354,47 \text{ kg}$$

Tabla XII. Fuerza por marco en cada nivel, marcos rígidos sentido X

MARCO	Ri	di	Ridi	Ridi ²	NIVEL 1			NIVEL 2		
					FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
1	1	-9,66	-9,66	93,32	3 668,274055	0,00	3 668,27	4354,472	0,00	4 354,47
2	1	-3,22	-3,22	10,37	3 668,274055	0,00	3 668,27	4354,472	0,00	4 354,47
3	1	3,22	3,22	10,37	3 668,274055	0,00	3 668,27	4354,472	0,00	4 354,47
4	1	9,66	9,66	93,32	3 668,274055	0,00	3 668,27	4354,472	0,00	4 354,47
	4			207,37						

Fuente: elaboración propia.

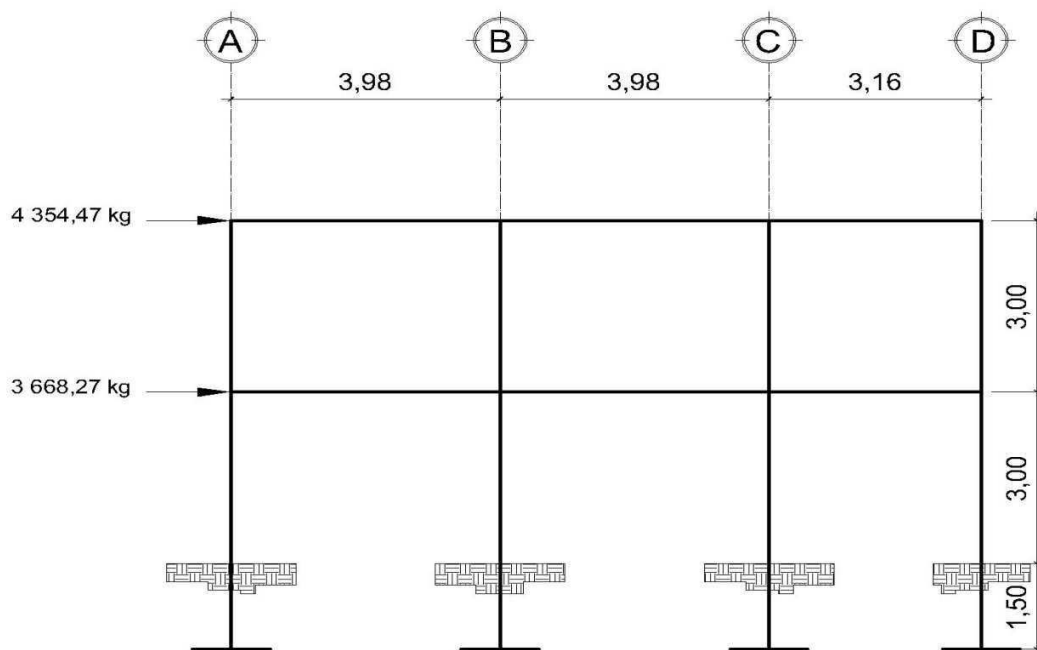
Figura 6. Marco eje B, cargas horizontales



Análisis de marcos dúctiles por medio de un software, y comprobación por un método de análisis estructural numérico

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Marco eje 3, cargas horizontales



Fuente: elaboración propia.

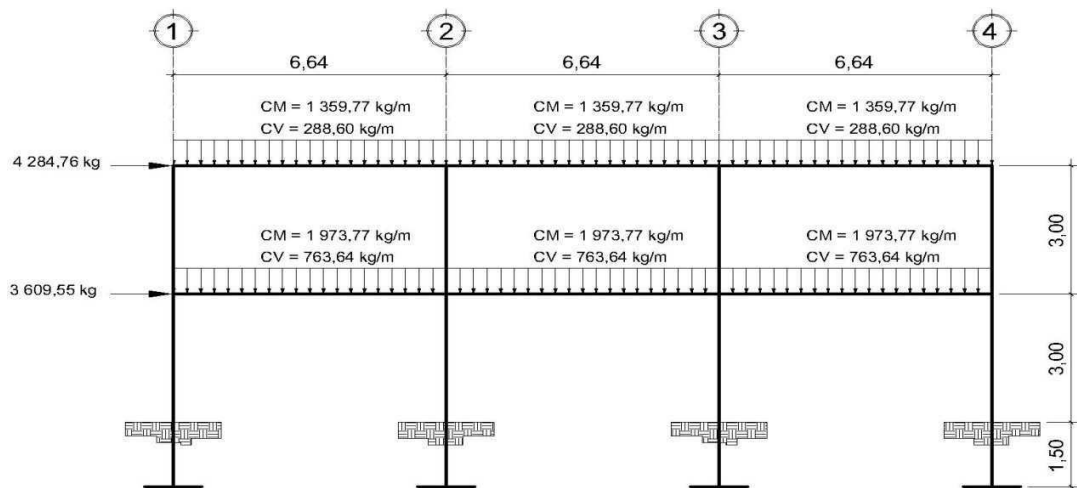
3.5.. Análisis de marcos dúctiles por medio de un software, y comprobación por un método de análisis estructural numérico

Para efecto de análisis estructural se utilizó el *software* ETABS para la obtención de los momentos en cada uno de los elementos estructurales. Luego, se realizó una comprobación a través del método numérico de Kanni, concluyendo que los resultados variaron en un porcentaje mínimo del 5%.

El análisis se realizó para cada una de las cargas, siendo estas: carga muerta, carga viva y sismo. Los datos se ingresaron al *software*, de acuerdo a los modelos resultantes de las cargas en el edificio, los cuales se presentan a

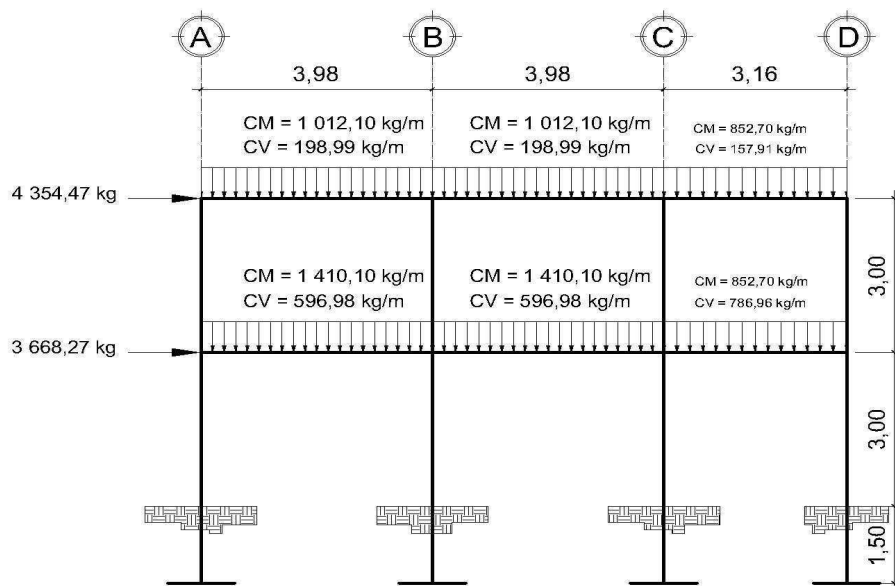
continuación; para diseño estructural se utilizan los resultados obtenidos del método numérico de Kanni.

Figura 8. Marco eje B, cargas verticales y horizontales



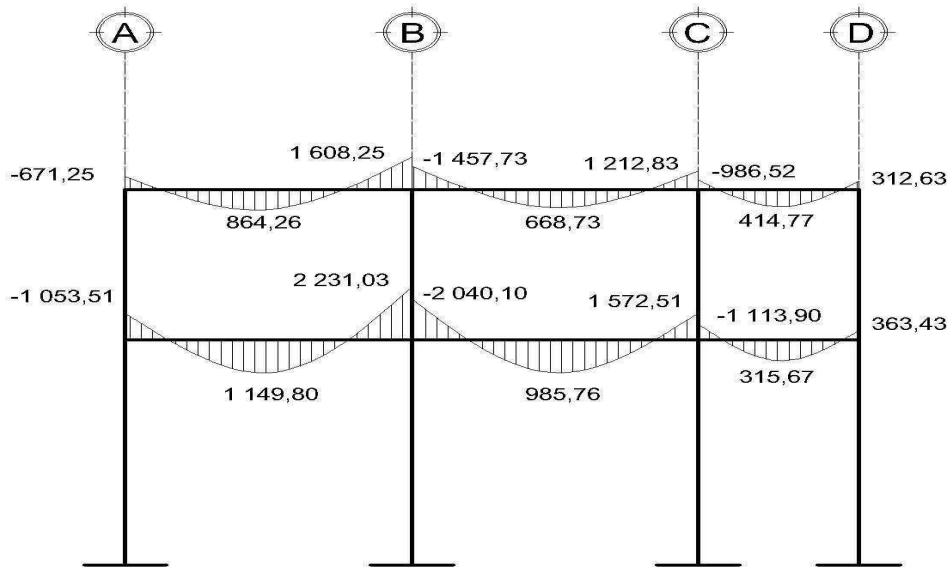
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Marco eje 3, cargas verticales y horizontales



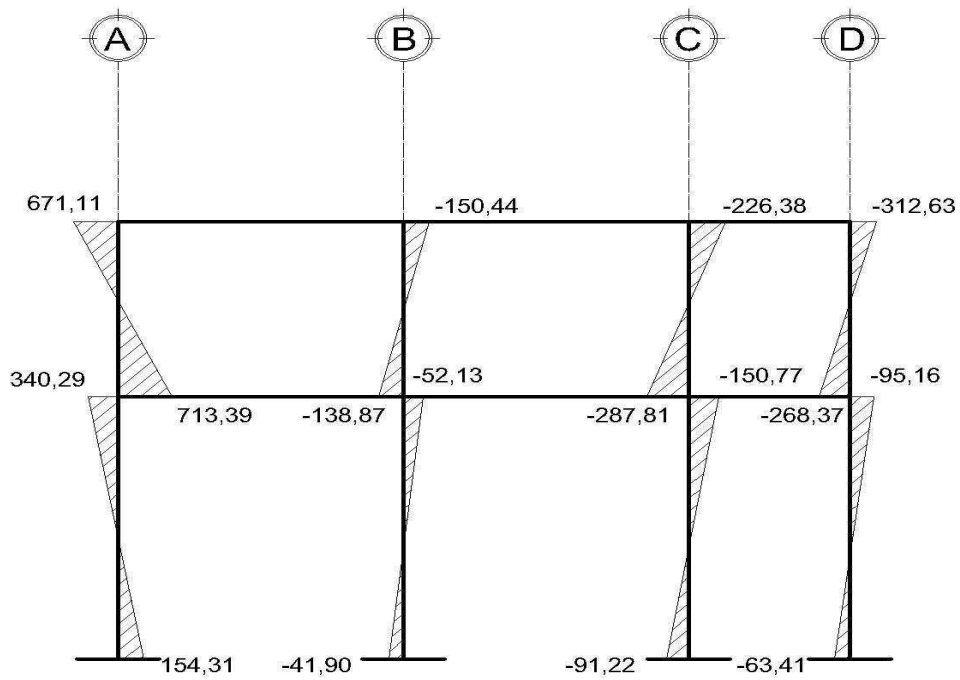
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje X



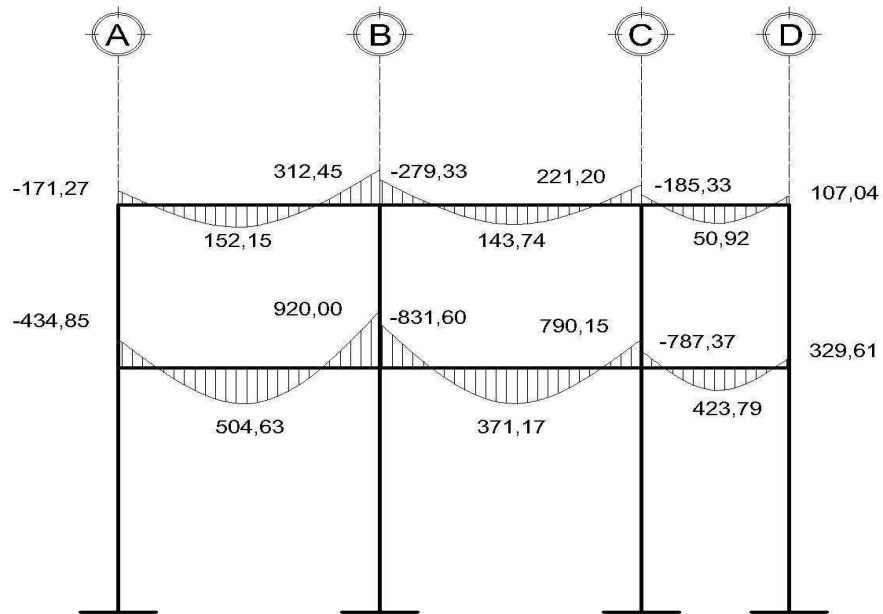
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje X



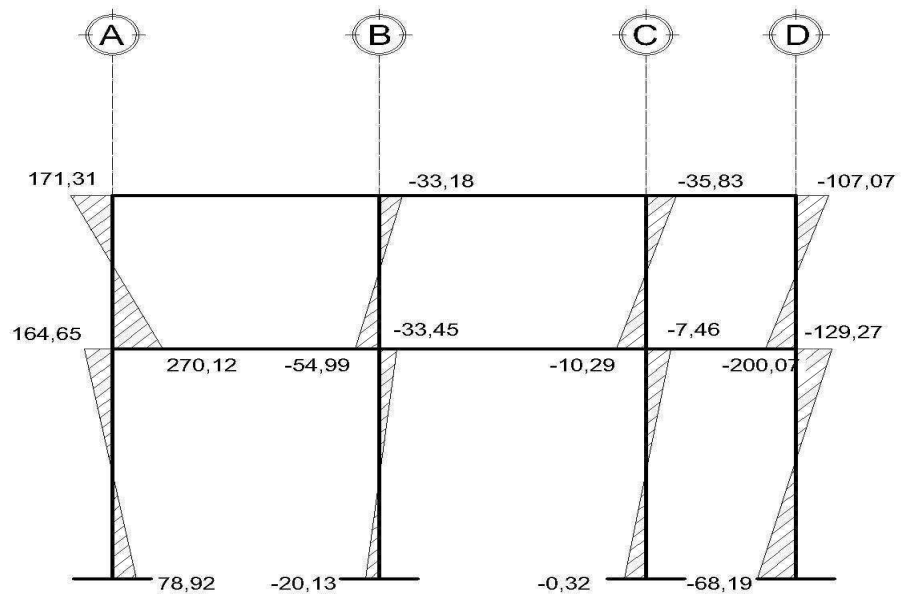
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Diagrama de momentos en vigas carga viva eje X



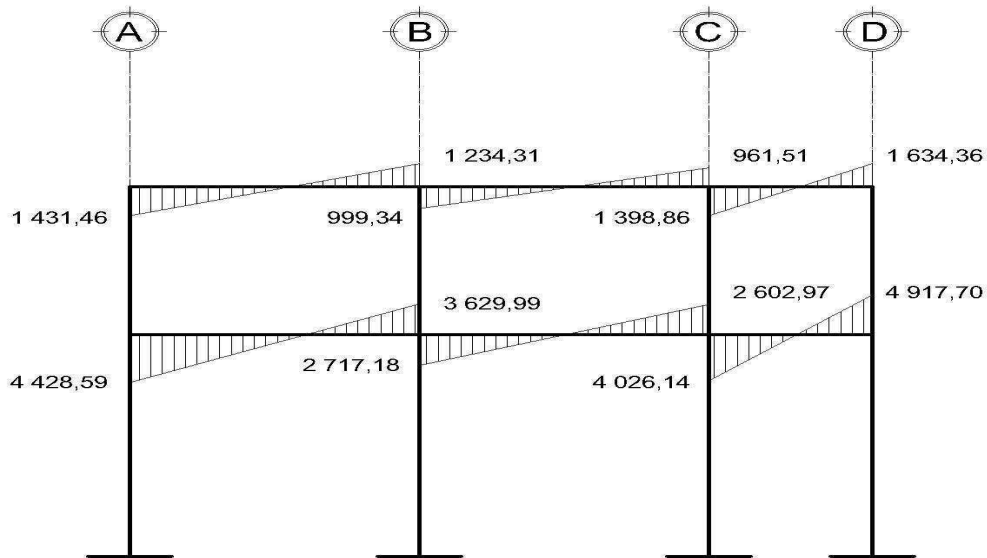
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Diagrama de momentos en columnas carga viva eje X



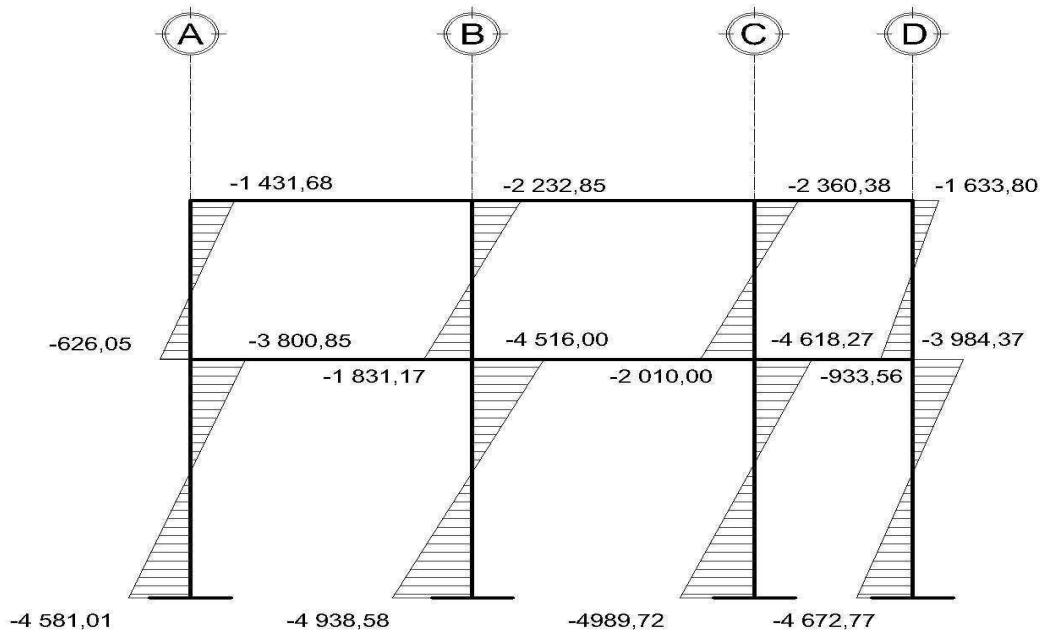
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje X



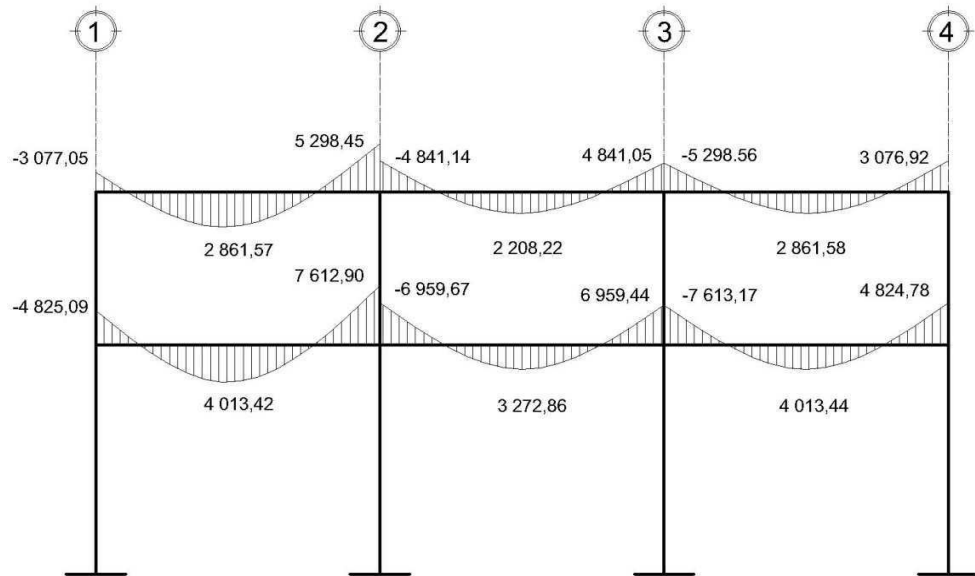
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje X



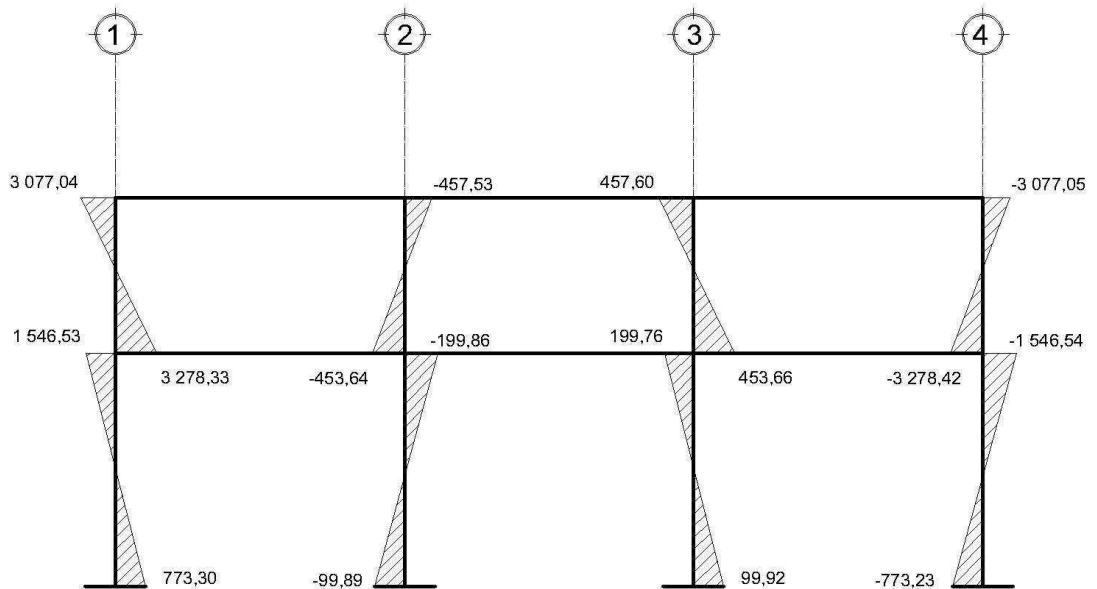
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje Y



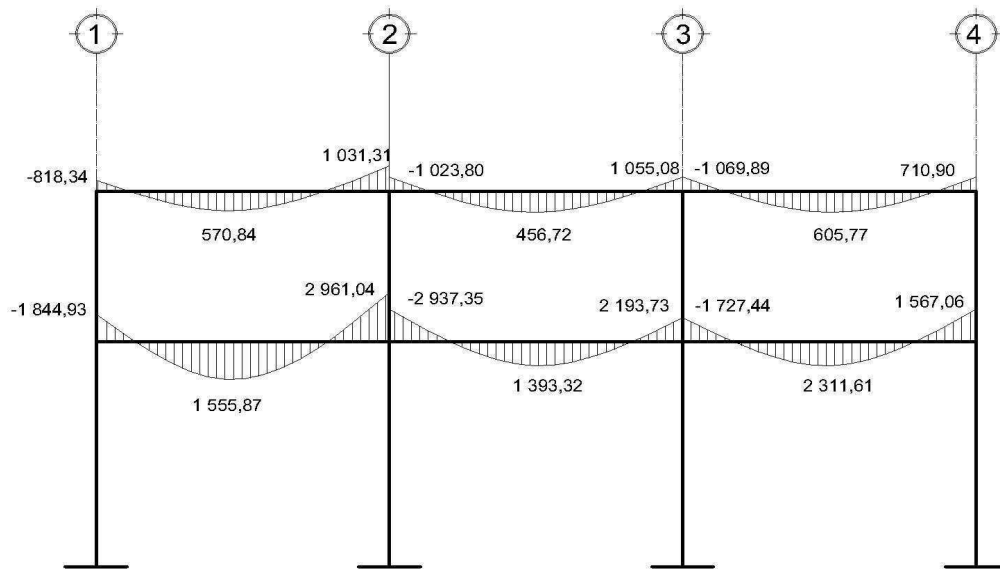
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje Y



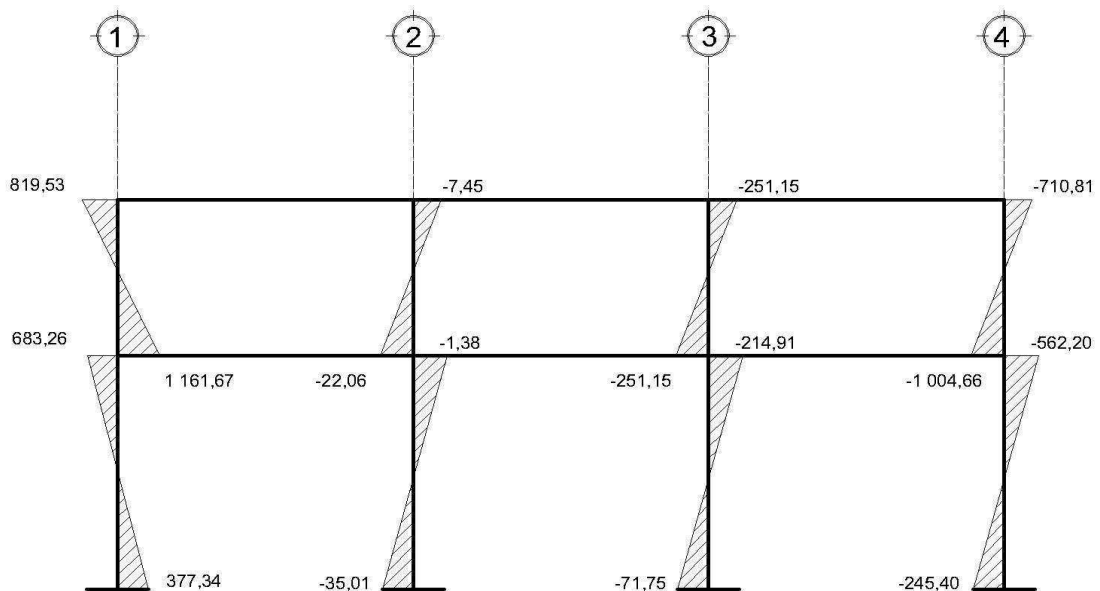
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama de momentos en vigas carga viva eje Y



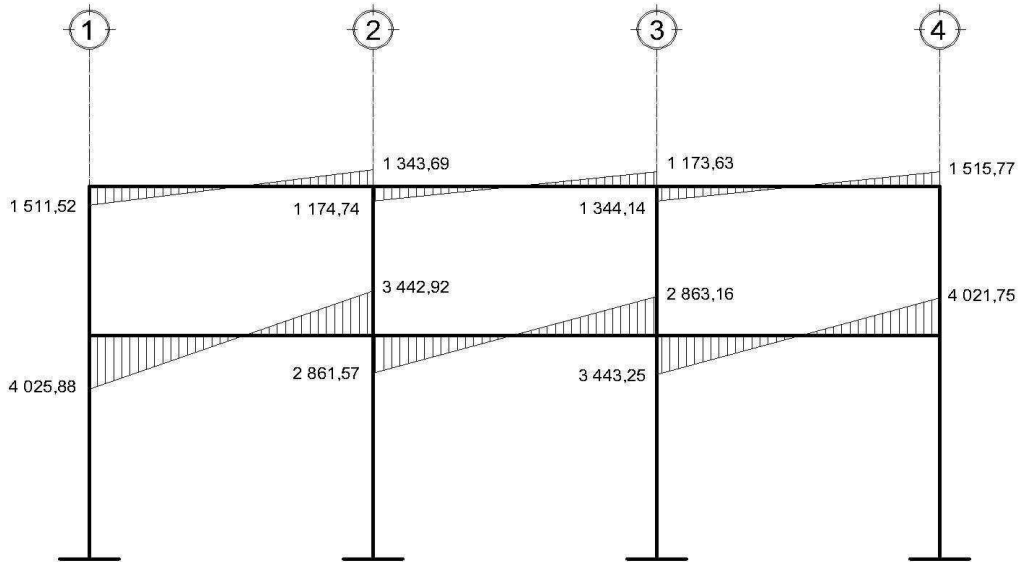
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Diagrama de momentos en columnas carga viva eje Y



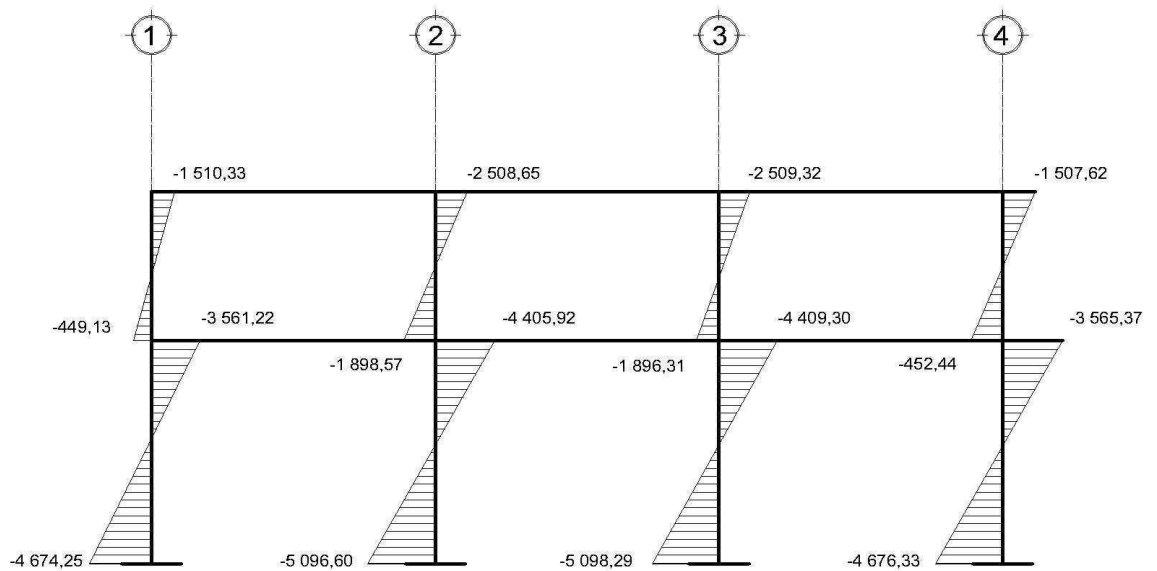
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje Y



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje Y



Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Envolvente de momentos

La envolvente proporciona los momentos que pueden ocurrir debido a la combinación de cargas que afectan la estructura. De aquí que el código ACI propone las siguientes combinaciones.

- Fórmulas utilizadas para envolvente de momentos
 - Para los momentos últimos negativos en vigas y columnas

$$M_{(-)} = 0,75 * (1,4M_{CM} + 1,7M_{CV} \pm 1,87M_S)$$

- Para los momentos últimos de inversión en vigas

$$M_{(-)} = 0,90M_{CM} \pm 1,43M_S$$

- Para los momentos últimos positivos en vigas

$$M_{(+)} = 1,4M_{CM} + 1,7M_{CV}$$

Diagramas de corte

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de los marcos se obtienen de las siguientes ecuaciones.

- Corte en vigas

$$V_v = 0,75 * \left[\frac{1,4(W_{CM} * L)}{2} + \frac{1,7(W_{CV} * L)}{2} + \frac{1,87(\sum M_S)}{L} \right]$$

- Corte en columnas

$$V_c = \frac{\sum M_{col}}{L}$$

- Cálculo de la envolvente en los marcos analizados

Envolvente en Vigas

Segundo Nivel

$$M_{cd} = 0,75 * (1,4 (-671,255) + 1,7 (-171,271) - 1,87 (1 431,457)) = -2 930,806 \text{ kg-m}$$

$$M_{dc(+)} = 1,4 (864,257) + 1,7 (152,149) = 1 468,613 \text{ kg-m}$$

$$M_{dc(-)} = 0,75 * (1,4 (1 608,248) + 1,7 (312,452) + 1,87 (1 234,314)) = 3 811,162 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-)} = 0,90 (-671,255) - 1,43 (1 431,50) = -2 651,17 \text{ kg-m}$$

menor que el anterior $M_{cd(-)}$

$$M_{(-)} = 0,90 (1 608,248) + 1,43 (1 234,314) = 3 212,49 \text{ kg-m}$$

menor que el anterior $M_{dc(-)}$

Primer Nivel

$$M_{BE} = 0,75 * (1,4 (-1 053,51) + 1,7 (-434,849) - 1,87 (4 428,59)) = -7 871,72 \text{ kg-m}$$

$$M_{EB(+)} = 1,4 (1 149,799) + 1,7 (504,627) = -2 467,59 \text{ kg-m}$$

$$M_{EB(-)} = 0,75 * (1,4 (2 231,029) + 1,7 (919,997) + 1,87 (3 629,991)) = 8 606,64 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-)} = 0,90 (-1 053,51) - 1,43 (4 428,59) = -7 281,04 \text{ kg-m}$$

menor que el anterior $M_{BE(-)}$

$$M_{(-)} = 0,90 (2 231,029) + 1,43 (3 629,991) = 7 198,81 \text{ kg-m}$$

menor que el anterior $M_{EB(-)}$

Envolvente en columnas

Segundo Nivel

$$M_{CB} = 0,75 * (1,4(671,12) + 1,7(171,307) - 1,87(-1\ 431,683)) = 2\ 931,019 \text{ kg-m}$$

$$M_{BC} = 0,75 * (1,4(713,386) + 1,7(270,120) - 1,87(-626,049)) = 1\ 971,492 \text{ kg-m}$$

Primer Nivel

$$M_{BA} = 0,75 * (1,4(340,291) + 1,7(164,649) - 1,87(-3\ 800,51)) = 5\ 897,927 \text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 0,75 * (1,4(-154,312) + 1,7(78,919) + 1,87(-4\ 581,009)) = 6\ 687,515 \text{ kg-m}$$

Cortes último en vigas

Segundo Nivel

$$V_{CD} = 0,75 * \left[\frac{1,4(1\ 012,10 * 3,98)}{2} + \frac{1,7(198,99 * 3,98)}{2} + \frac{1,87(1\ 431,417 + 1\ 234,314)}{3,98} \right]$$

$$V_{CD} = 3\ 559,053 \text{ kg}$$

Primer Nivel

$$V_{BE} = 0,75 * \left[\frac{1,4(1\ 410,10 * 3,98)}{2} + \frac{1,7(596,98 * 3,98)}{2} + \frac{1,87(4\ 428,59 + 3\ 629,991)}{3,98} \right]$$

$$V_{BE} = 7\ 300,83 \text{ kg}$$

Cortes último en columnas

Segundo Nivel

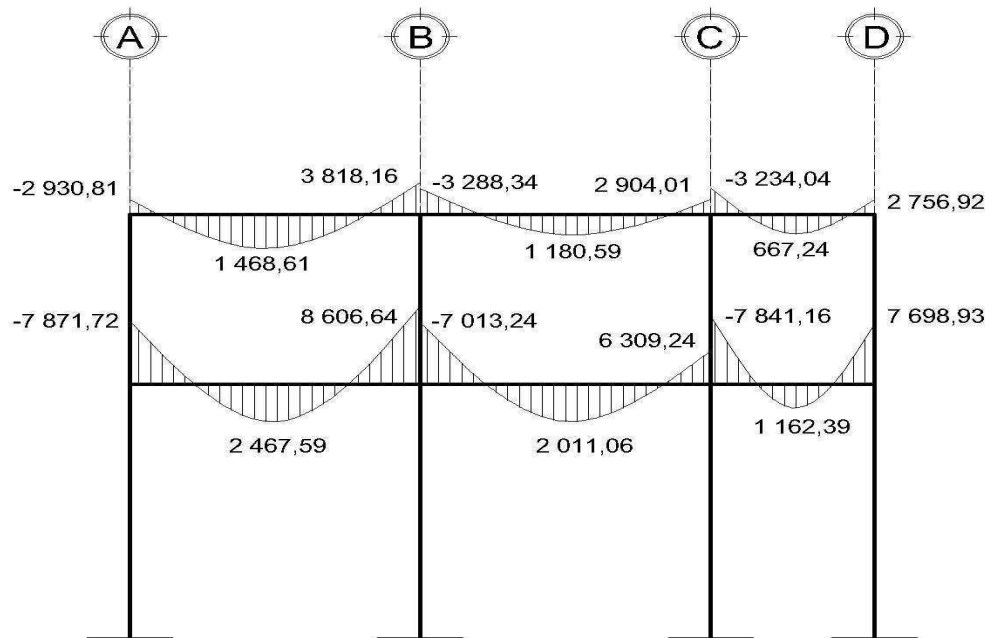
$$V_{BC} = \frac{1\,971,492 + 2\,931,019}{3} = 1\,634,17 \text{ kg}$$

Primer Nivel

$$V_{AB} = \frac{6\,687,515 + 5\,897,927}{4,5} = 2\,796,765 \text{ kg}$$

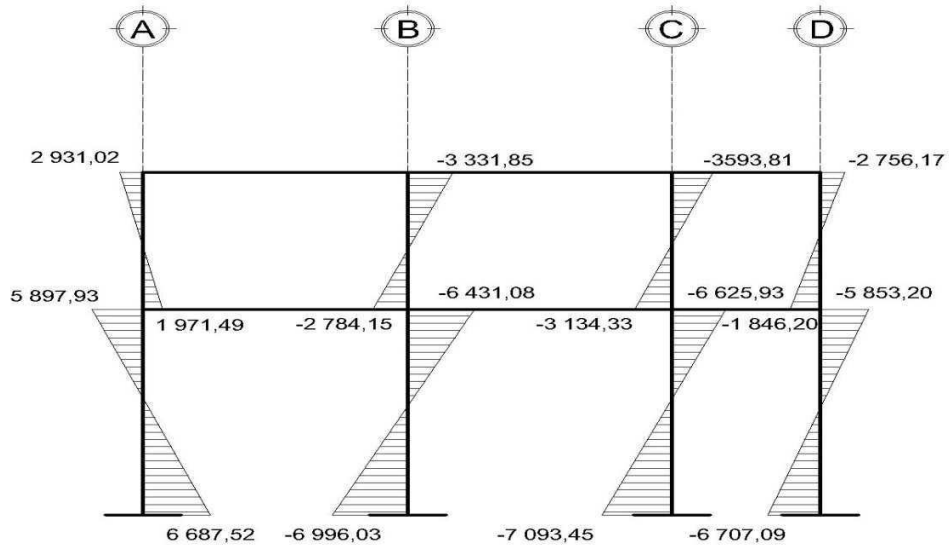
3.5.2. Diagrama de corte y momentos

Figura 22. Diagrama de momentos últimos en vigas eje X



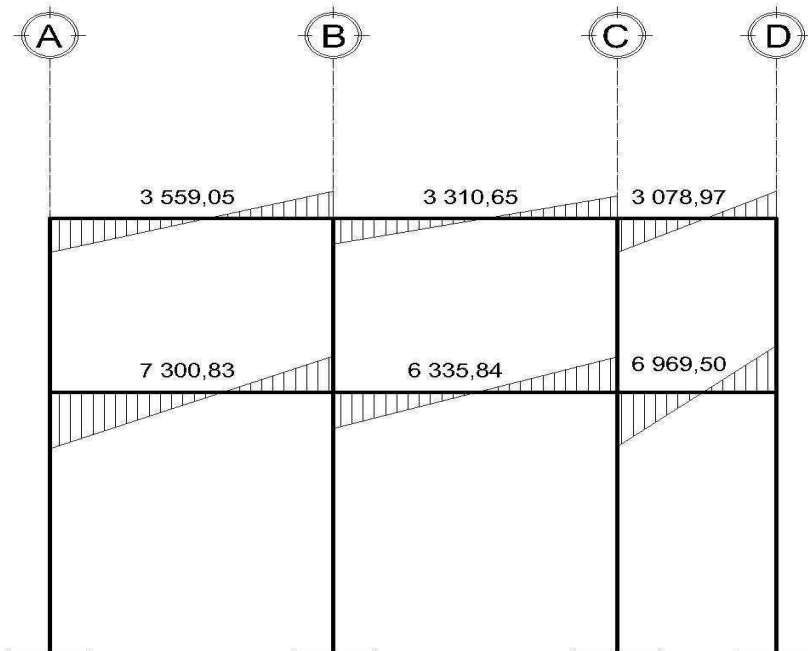
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama de momentos últimos en columnas eje X



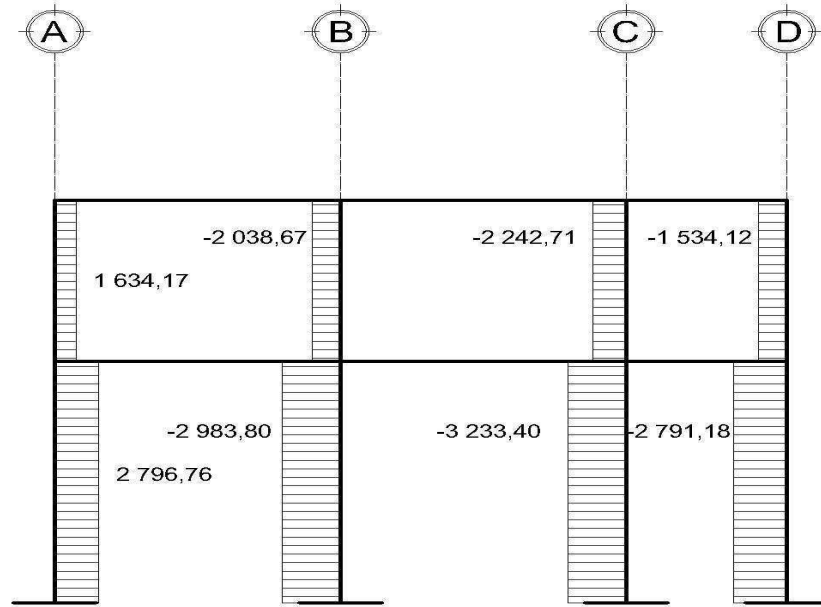
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama de cortes últimos en vigas eje X



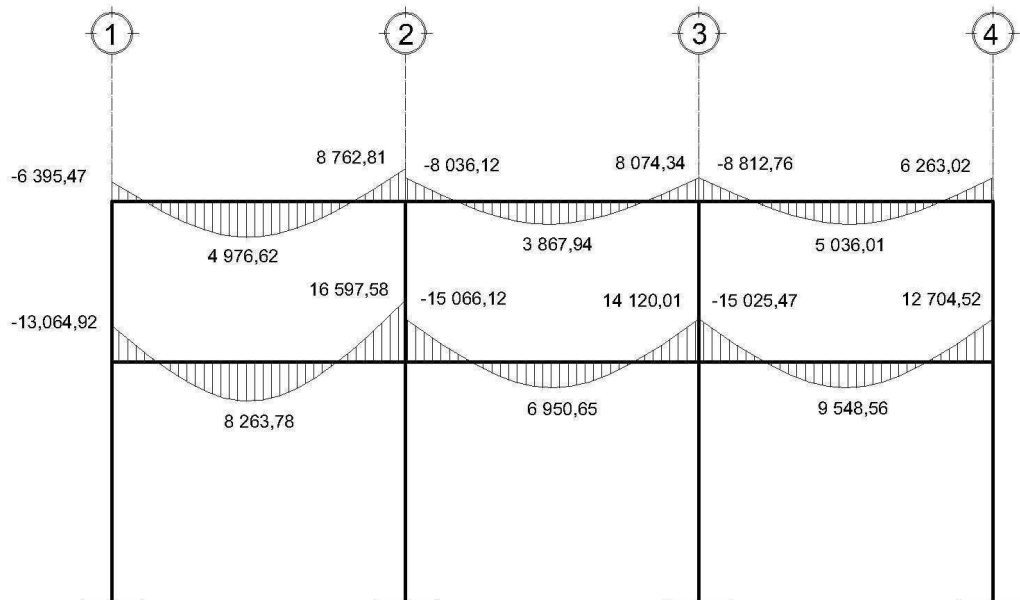
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama de cortes últimos en columnas eje X



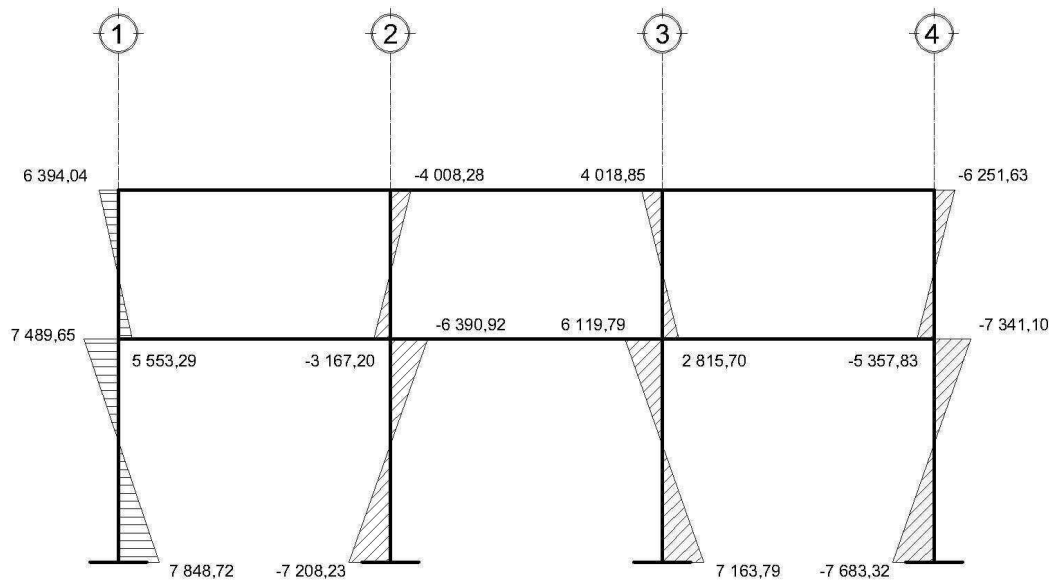
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y



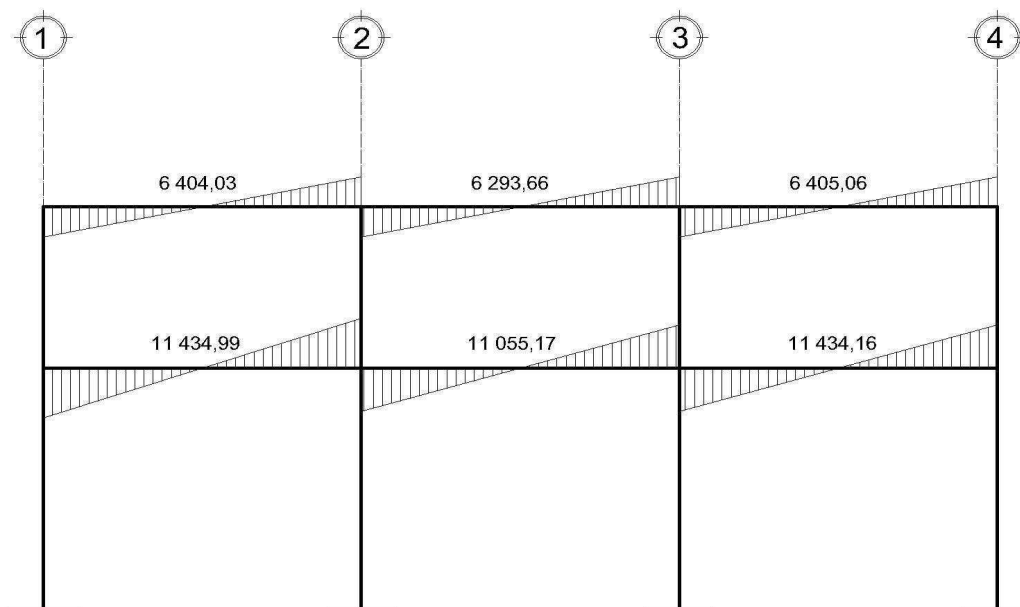
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y



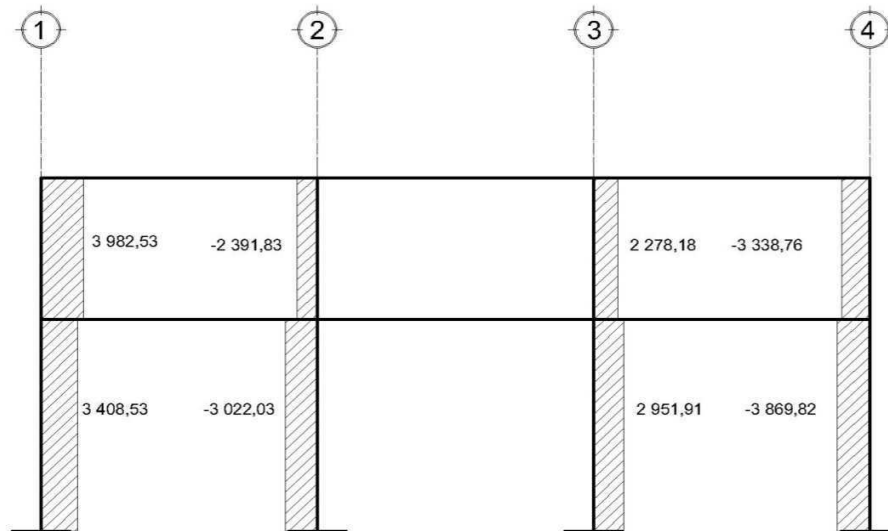
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama de cortes últimos en vigas eje Y



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Diagrama de cortes últimos en columnas eje Y



Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Diseño estructural

El diseño estructural consiste en determinar las características de los elementos que forman la estructura, siendo estas: dimensión, cantidad de refuerzo de acero, forma, etc., necesarios para que sean resistentes a las cargas analizadas, proporcionando seguridad y una vida útil considerable.

Para el diseño estructural se utilizaron las siguientes especificaciones.

$$F_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_c = 2\,400 \text{ kg/cm}^2$$

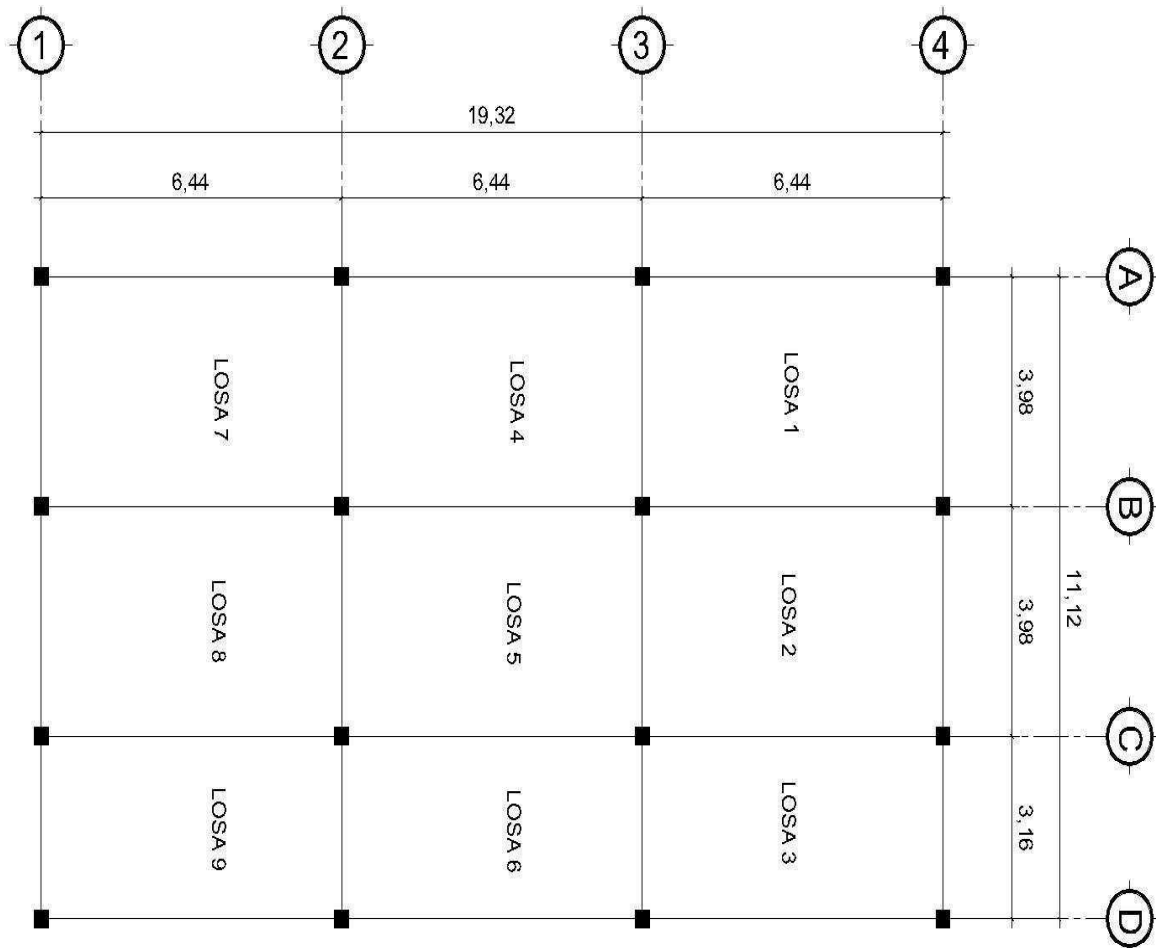
$$E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15\,100 \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$$

3.5.4. Diseño de losas

Las losas son elementos horizontales, que sirven para proporcionar superficies planas de circulación útiles. Por lo regular van apoyadas a las vigas y se funden monólicamente con estas. Para el diseño se utilizó el método 3 del código ACI.

Figura 30. Planta de distribución de losas



Fuente: elaboración propia.

Análisis de losas del primer nivel

Carga muerta última: peso de losa + sobrecarga

$$CM_u = 1,4(2400 \text{ kg/m}^3 * 0,12 \text{ m} + 100 \text{ kg/m}^2) = 1,4(388 \text{ kg/m}^2) = 543,2 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última: carga viva de aulas.

$$CV_u = 1,7(300 \text{ kg/m}^2) = 510 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última: carga viva de pasillo

$$CV_u = 1,7(500 \text{ kg/m}^2) = 850 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para aulas $CU_T = 543,2 + 510 = 1053,2 \text{ kg/m}^2$

Carga última total para pasillo $CU_T = 543,2 + 850 = 1393,2 \text{ kg/m}^2$

Cálculo de momentos actuantes $M_{(\pm)}$: para el cálculo de los momentos se utilizan las siguientes fórmulas.

Momentos negativos

$$M_{a(-)} = C_{a-} * CU_T * a^2$$

$$M_{b(-)} = C_{b-} * CU_T * b^2$$

Momentos positivos

$$M_{a(+)} = C_{am-} * CM_U * a^2 + C_{av-} * CV_U * a^2$$

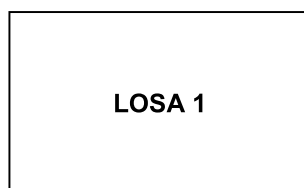
$$M_{b(+)} = C_{bm-} * CM_U * b^2 + C_{bv-} * CV_U * b^2$$

C_{b-} = coeficiente para momentos negativos

C_{bm-} = coeficiente para momentos positivos debido a carga muerta

C_{bv-} = coeficiente para momentos positivos debido a carga viva

Losa 1



$$m = \frac{3,98}{6,44} = 0,62 \text{ usar } 0,65, \text{ losa en dos direcciones}$$

Caso 4

$$M_{a(-)} = (0,085) * (1\ 053,2) * 3,98^2 = 1\ 418,06 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (0,05) * (543,2) * 3,98^2 + (0,055) * (510) * 3,98^2 = 874,55 \text{ kg-m}$$

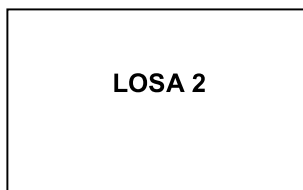
$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{874,55 \text{ kg-m}}{3} = 291,52 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = (0,015) * (1\ 053,2) * 6,44^2 = 655,20 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,009) * (543,2) * 6,44^2 + (0,011) * (510) * 6,44^2 = 435,42 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{435,42 \text{ kg-m}}{3} = 145,14 \text{ kg-m}$$

Losa 2



$$m = \frac{3,98}{6,44} = 0,62 \text{ usar } 0,65, \text{ losa en dos direcciones}$$

Caso 8

$$M_{a(-)} = (0,074) * (1\ 053,2) * 3,98^2 = 1\ 234,55 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (0,044) * (543,2) * 3,98^2 + (0,059) * (510) * 3,98^2 = 855,24 \text{ kg-m}$$

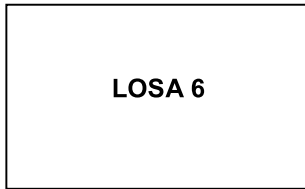
$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{855,24 \text{ kg-m}}{3} = 285,08 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = (0,024) * (1\ 053,2) * 6,44^2 = 1\ 048,32 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,009) * (543,2) * 6,44^2 + (0,011) * (510) * 6,44^2 = 435,42 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{435,42 \text{ kg-m}}{3} = 145,14 \text{ kg-m}$$

Losa 6



$$m = \frac{3,98}{6,44} = 0,62 \text{ usar } 0,65, \text{ losa en dos direcciones}$$

Caso 2

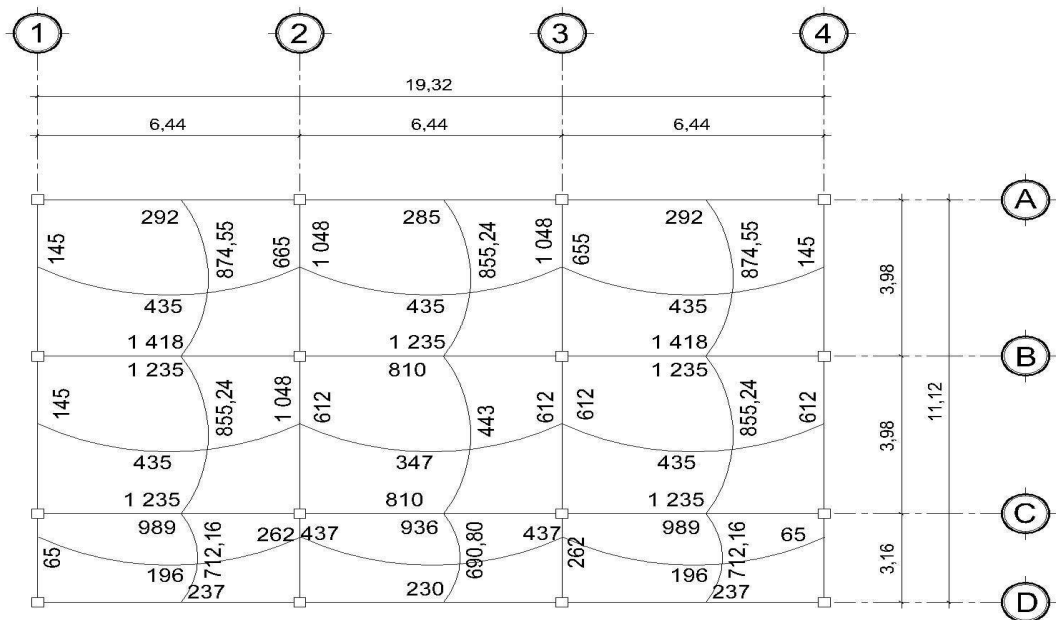
$$M_{a(-)} = (0,077) * (1\ 050,3) * 3,98^2 = 810 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (0,032) * (543,2) * 3,98^2 + (0,053) * (510) * 3,98^2 = 443 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = (0,014) * (1\ 053,2) * 6,44^2 = 612 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,006) * (543,2) * 6,44^2 + (0,01) * (510) * 6,44^2 = 347 \text{ kg-m}$$

Figura 31. Planta de distribución de momentos en losa



Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos: cuando las losas tienen un lado en común y tienen momentos diferentes, se deben balancear dichos momentos antes de proceder a diseñar los refuerzos que requiere. Se puede balancear los momentos de la siguiente manera:

Si $M_{1\text{menor}} > 0,80 \cdot M_{2\text{mayor}}$ $M_b = (M_{2\text{mayor}} + M_{1\text{menor}}) / 2$

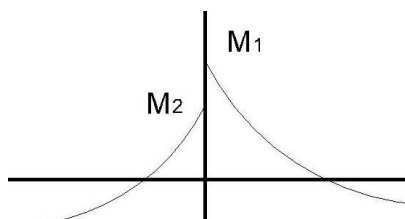
Si $M_{1\text{menor}} < 0,80 \cdot M_{2\text{mayor}}$ Se balancean proporcionalmente a su rigidez y se procede de la siguiente manera:

$$K_1 = \frac{1}{L_1}$$

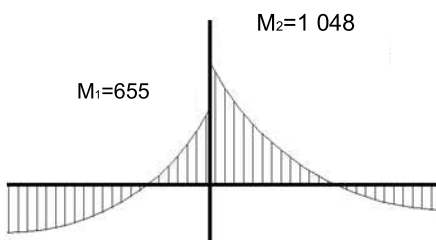
$$K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$



D_1	D_2
$(M_2 - M_1) \cdot D_1 + M_1$	$(M_2 - M_1) \cdot D_2 - M_2$
MB	MB



$$M_2 = (0,80 \cdot 1048) = 838,66 \text{ kg-m}$$

$$M_1 = 655 \text{ kg-m}$$

$M_1 < M_2$ balancear por su rigidez

$$K_1 = \frac{1}{6,44} = 0,16$$

$$K_2 = \frac{1}{6,44} = 0,16$$

$$D_1 = \frac{0,16}{0,16 + 0,16} = 0,50$$

$$D_2 = \frac{0,16}{0,16 + 0,16} = 0,50$$

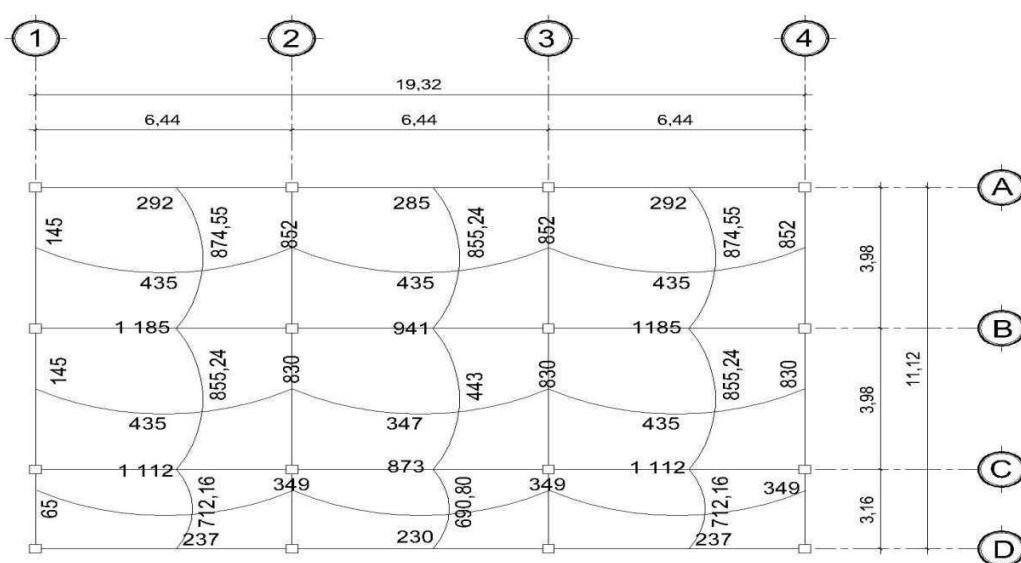
Tabla XIII. Balance de momentos

D ₁	D ₂
$(1\ 048 - 655) \cdot 0,50 + 655$	$(1\ 048 - 655) \cdot 0,50 - 1\ 048$
851,5 kg	-851,5 kg

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del balance de momentos, en todos los puntos necesarios, pueden observarse en la siguiente figura.

Figura 32. Planta de distribución de momentos balanceados en losa



Fuente: elaboración propia.

Diseño de armado de losa: se considera como el diseño de viga con un ancho unitario de 1 metro, el recubrimiento será de 2,5 centímetros y el espesor de 12 centímetros, según el predimensionamiento. Se utilizará varilla No 3.

Cálculo del peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - (\varnothing/2)$$

$$d = 12 - 2,5 - (0,953/2) = 9 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo ($A_{s\text{min}}$) en una losa, se calcula como el 40% del área de acero de una viga, usando un ancho unitario de 1 m.

$$A_{s\text{min}} = \rho_{\text{min}} bd = \frac{14,1}{2\ 810} (100)(9) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{4,52 \text{ cm}^2} = 15,71 \text{ cm}$$

Tomando en cuenta el espaciamiento de la armadura en las secciones críticas, no debe exceder de 2 veces el espesor de la losa, según el ACI 318-99, capítulo 13, sección 13.3.2.

$$S_{\text{max}} = 2t = 2(12) = 24 \text{ cm}$$

Momento que resiste el área de acero mínima

$$M_{A_{s\text{min}}} = \phi \left[A_s \cdot f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{1,7 \cdot f_c \cdot b} \right) \right]$$

$$M_{A_{s\text{min}}} = 0,90 \left[4,52 \cdot 2\ 810 \left(9 - \frac{4,52(2\ 810)}{1,7(210)(100)} \right) \right] = 971,87 \text{ kg-m}$$

Cálculo de área de acero para momentos mayores

$$A_s = \left[(9 \cdot 100) - \sqrt{(9 \cdot 100)^2 - \frac{(1\,147)(100)}{0,003\,825(210)}} \right] \cdot \frac{0,85(210)}{2\,810} = 5,28 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{5,28 \text{ cm}^2} = 13,49 \text{ cm}$$

todas las losas No 3 @ 0.14 m, ambos sentidos.

Chequeo por corte

$$V_{\text{máx}} = \frac{WL}{2} = \frac{1\,393,2(5,50)}{2} = 3\,831,3 \text{ kg}$$

$$V_r = 45t\sqrt{f_c} = 45(12)\sqrt{210} = 7\,825,34 \text{ kg}$$

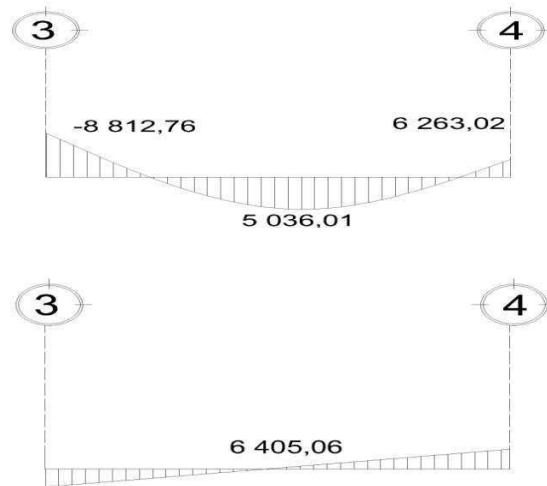
El valor del cortante resistente es mayor al actuante, por lo tanto, es correcto. El armado final se encuentra en apéndice: plano de techos y vigas del edificio.

3.5.5. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales horizontales, que reciben la carga de la losa y la transmiten a las columnas, están sometidas a esfuerzos de tensión, compresión y corte.

Como ejemplo, se diseñará la viga del eje x segundo nivel con los momentos críticos, las dimensiones de la viga serán de 25 centímetros por 40 centímetros.

Figura 33. Diagrama de momento y corte en viga eje B



Fuente: elaboración propia

$$A_{s\min} = \rho_{\min} bd = \frac{14,1}{2\,810} (25)(36) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}} = \phi \left[\frac{\beta f_c}{f_y} \frac{6\,090}{(f_y + 6\,090)} \right] = 0,85 \left[\frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} \frac{6\,090}{(2\,810 + 6\,090)} \right] = 0,036\,947$$

$$A_{s\max} = 0,50 \rho_{\text{bal}} bd = 0,50 (0,036\,947) (25)(36) = 16,63 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero longitudinal, para los momentos dados

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mb}{0,003\,825 f_c}} \right] * \frac{0,85 f_c}{f_y}$$

$$M_{(-)} = 8\,812,76 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(25 \cdot 36) - \sqrt{(25 \cdot 36)^2 - \frac{(8\,812,76)(25)}{0,003825(210)}} \right] \cdot \frac{0,85(210)}{2\,810} = 10,68 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 5\,036,01 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(25 \cdot 36) - \sqrt{(25 \cdot 36)^2 - \frac{(5\,036,01)(25)}{0,003825(210)}} \right] \cdot \frac{0,85(210)}{2\,810} = 5,83 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)} = 6\,263,02 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(25 \cdot 36) - \sqrt{(25 \cdot 36)^2 - \frac{(6\,263,02)(25)}{0,003\,825(210)}} \right] \cdot \frac{0,85(210)}{2\,810} = 7,35 \text{ cm}^2$$

Según el código ACI 318, los requerimientos para el armado de la cama superior e inferior se definen de la siguiente manera.

a. Cama superior al centro: dos varillas mínimo con las dimensiones siguientes, el mayor de los dos.

- $A_{s\min} = 4,52 \text{ cm}^2$
- $33\%A_{s(M-)} = 0,33 \cdot 10,68 = 3,52 \text{ cm}^2$
- Colocar $A_{s\min} = 4,52 \text{ cm}^2$

b. En la cama inferior en apoyos se debe colocar como mínimo dos varillas corridas tomando el mayor:

- $A_{s\min} = 4,52 \text{ cm}^2$

- $50\%A_{s(M-)} = 0,50 \cdot 10,68 = 5,34 \text{ cm}^2$
- $50\%A_{s(M+)} = 0,50 \cdot 5,83 = 2,92 \text{ cm}^2$
- Colocar $A_{s\text{min}} = 4,52 \text{ cm}^2$

El armado final queda de la siguiente manera.

Cama superior: $4,52 \text{ cm}^2$ se cubre con 2 varillas corridas No 6 ($5,70 \text{ cm}^2$)

Cama inferior: $4,52 \text{ cm}^2$ se cubre con 2 varillas corridas No 6 ($5,70 \text{ cm}^2$)

En los momentos donde se necesite más refuerzo se cubrirá con bastones.

Refuerzo a corte: los esfuerzos cortantes serán resistidos por el refuerzo transversal o estribos. A esto se le llama confinamiento, debido a que el efecto es mayor en los apoyos.

Si $V_r > V_{act}$, colocar estribos por armado a $S_{m\acute{a}x} = d/2$

Si $V_r < V_{act}$, calcular S y longitud de confinamiento.

$$V_r = \phi \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bd = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot (25)(36) = 5\ 875,53 \text{ kg}$$

$V_{act} = 5\ 187,70 \text{ kg}$, el esfuerzo resistente es mayor que el actuante, colocar estribos por armado a $S_{m\acute{a}x} = d/2$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}$$

Para la separación de estribos en zona de confinamiento, según el ACI en su capítulo 21.3.3 el armado debe ser:

- Colocar estribos en extremos del elemento, en una longitud igual a dos veces la altura del elemento.

$$S = 2d = 2 \cdot 36 = 72 \text{ cm}$$

- El primer estribo debe estar situado a no más de 5 cm del borde de columna.
- El espaciamiento máximo de los estribos no debe exceder a:

$$d/4 = 36/4 = 9 \text{ cm}$$

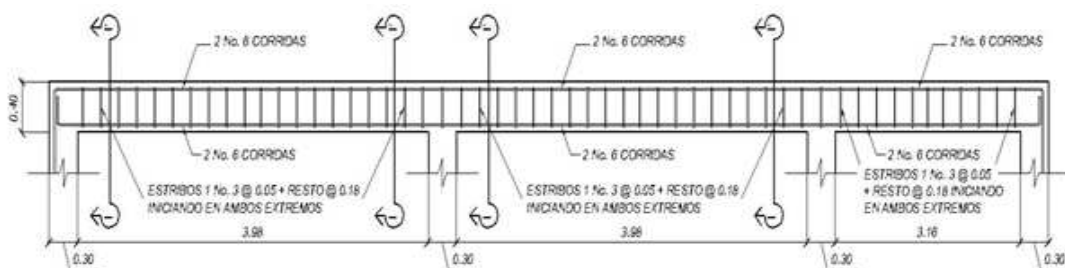
$$8 \phi_{\text{var_long}} = 8 \cdot 1,905 = 15,24 \text{ cm}$$

$$24 \phi_{\text{var_trans}} = 24 \cdot 0,953 = 22,88 \text{ cm}$$

30 centímetros

Por lo tanto la separación de estribos en la zona de confinamiento debe ser de 9 cm y el resto a 18 cm. Ver cuadro resumen de armado de vigas, tabla III, plano de techos y vigas en apéndice. El armado queda de la siguiente manera:

Figura 34. **Detalle de armado de viga tipo 2**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Cuadro de resumen de armado de viga

Viga tipo	Momento en kg-m	Área de acero en cm ²	Armado		Refuerzo transversal No 3
			Corrido	Bastones	
Tipo 1	13 064,92	14,13	2 No. 8	2 No. 6	ESTRIBOS 1 No. 3 @ 0,05 m + 8 No. 3 @ 0,10 + RESTO @ 0,17 extremos
	8 263,78	8,53	2 No. 8	----	
	16 597,58	18,69	2 No. 8	1 No. 6	
Tipo 2	8 812,76	10,68	2 No. 6	1 No. 5	ESTRIBOS 1 No. 3 @ 0,05 m + 8 No. 3 @ 0,09 + RESTO @ 0,18 extremos
	5 036,01	5,83	2 No. 6	----	
	6 263,02	7,35	2 No. 6	1 No. 4	
Tipo 3	7 871,72	8,09	2 No. 6	2 No. 5	ESTRIBOS 1 No. 3 @ 0,05 m + 8 No. 3 @ 0,10 + RESTO @ 0,20 extremos
	2 467,59	2,42	2 No. 6	----	
	8 606,64	8,91	2 No. 6	2 No. 5	
Tipo 4	2 930,81	3,32	2 No. 6	----	ESTRIBOS 1 No. 3 @ 0,05 m + RESTO @ 0,18 extremos
	1 468,61	1,64	2 No. 6	----	
	3 818,16	4,36	2 No. 6	----	

Fuente: elaboración propia.

3.5.6. Diseño de columnas

Las columnas son elementos verticales que absorben la carga completa del edificio para trasladarla a la cimentación. Está sometido principalmente a esfuerzos de compresión axial y momentos flexionantes. Se diseña únicamente la columna crítica para el nivel completo.

Diseño de columna de segundo nivel:

Sección de columna = 30 cm x 30 cm

Sección de vigas = 25 cm x 40 cm

Longitud de columna = 2,60 m

Área tributaria = 25,63 m²

Momento máximo en X $M_x = 7\,043,95 \text{ kg-m}$

Momento máximo en Y $M_y = 7\,848,72 \text{ kg-m}$

Carga axial $CU = 1,4CM + 1,7CV \quad CU = 1,4(388) + 1,7(100) = 713,2 \text{ kg/m}^2$

Factor de carga última

$$F_{cu} = \frac{CU}{CM + CV} \quad F_{cu} = \frac{713,2}{388 + 100} = 1,46$$

Peso de viga

$$P_v = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{concreto}} \cdot L \quad P_v = (0,25)(0,40)(2\,400)(9,5) = 2\,280 \text{ kg}$$

Carga axial última

$$P_u = (A_{\text{losa}} \cdot CU) + (P_{\text{viga}} \cdot F_{cu})$$

$$P_u = (25,63 \cdot 713,2) + (2\,280 \cdot 1,46) = 19\,022,54 \text{ kg} = 19,02 \text{ t}$$

Esbeltez de columnas (E): la esbeltez en una columna está definida por la relación entre la longitud del elemento y su sección transversal l/r . De aquí que se clasifican en corta ($E < 22$), intermedia ($22 < E < 100$), larga ($E > 100$).

La ecuación a utilizar es, $E = \frac{KL_u}{\sigma}$ por lo que es necesario encontrar los valores del coeficiente de rigidez de la columna (K), la longitud efectiva de pandeo (L_u) y el 30% del lado menor de la columna (σ).

Regularmente en las estructuras de concreto reforzado, las columnas se encuentran restringidas por las uniones viga-columna o columna-zapata, por lo que el grado de restricción depende de la relación entre las rigideces de los elementos, se encuentra a través de la siguiente ecuación.

Grado de empotramiento a la rotación

$$\psi = \frac{\sum K_{\text{Col}}}{\sum K_{\text{Viga}}}; \quad K = \frac{I}{L}; \quad I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I_{\text{col}} = \frac{1}{12}(0,30)^4 = 0,000\ 675\ \text{m}^4$$

$$K_{\text{col}} = \frac{0,000\ 675}{2,60} = 0,000\ 260$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12}(0,25)(0,40)^3 = 0,001\ 333\ \text{m}^4$$

$$K_{\text{viga}} = \frac{0,001\ 333}{5,50} = 0,000\ 242$$

$$\psi_a = \frac{0,000\ 260}{0,000\ 242 + 0,000\ 242} = 0,54$$

$$\psi_b = \frac{0,000\ 260 + 0,000\ 260}{0,000\ 242 + 0,000\ 242} = 1,07$$

$$\psi_{\text{prom}} = \frac{0,54 + 1,07}{2} = 0,80$$

Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{20 - \psi_{\text{prom}}}{20} \sqrt{1 + \psi_{\text{prom}}}$$

para $\psi_{\text{prom}} < 2$

$$K = 0,90 \sqrt{1 + \psi_{\text{prom}}}$$

para $\psi_{\text{prom}} \geq 2$

$$K = \frac{20 - 0,80}{20} \sqrt{1 + 0,80} = 1,29$$

$$E = \frac{KL_u}{\sigma} = \frac{(1,29)(2,60)}{(0,30)(0,30)} = 37,23$$

Por lo tanto, se clasifica como una columna intermedia y se procede a magnificar momentos.

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} \quad P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2} \quad EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d} \quad \beta_d = \frac{CMU}{CU}$$

$$\beta_d = \frac{1,4(338)}{713,2} = 0,76$$

$$EI = \frac{0,4(15\ 100\sqrt{210})(1/12*30^4)}{1 + 0,76} = 3,36 \times 10^9$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2(335,38)}{(1,29*2,60)^2} = 294,75 \text{ t}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{19,02}{0,7(294,75)}} = 1,10, \text{ por lo que los momentos de diseño serán}$$

$$M_{dx} = \delta_x M_x = 1,10(7\ 043,95 \text{ kg-m}) = 7\ 748,35 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = \delta_y M_y = 1,08(7\ 848,72 \text{ kg-m}) = 8\ 476,62 \text{ kg-m}$$

Refuerzo longitudinal (método de *Bressler*) consiste en determinar el perfil de falla de la columna y determinar la cantidad de acero longitudinal.

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_o}$$

Cálculo de parámetros independientes.

$$\gamma_{x,y} = \frac{d - d'}{h} = \frac{27 - 3}{30} = 0,80$$

$$\left(\frac{e}{h}\right)_x = \left(\frac{M_x}{P_u h}\right)_x = \left(\frac{7\,043,95}{19\,022,56(0,30)}\right) = 0,93$$

$$\left(\frac{e}{h}\right)_y = \left(\frac{M_y}{P_u h}\right)_y = \left(\frac{7\,848,72}{19\,022,56(0,30)}\right) = 0,77$$

Área de acero: según el Código ACI, el área de acero debe estar entre un 1% a un 8% del área transversal de la columna, de tal manera que el área considerada será:

$$A_s = 0,025(30^2) = 22,50 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 8 varillas No 6 que equivale a 22,80 cm²

Cuantía de acero para el área de acero

$$\rho_w = \frac{A_s f_y}{0,85 A_g f_c} = \frac{22,80(2\,810)}{0,85(30^2)(210)} = 0,40$$

Valores de los coeficientes del diagrama de interacción

$$K'_x = 0,24 \quad K'_y = 0,30, \text{ ver anexo, diagrama de interacción}$$

$$P'_o = 0,70 \left[0,85 \cdot 210 \cdot 30^2 + 22,8 \cdot 2\,810 \right] = 157,31 \text{ t}$$

$$P'_x = 0,24(210 \cdot 30^2) = 45,36 \text{ t}$$

$$P'_y = 0,30(210 \cdot 30^2) = 56,70 \text{ t}$$

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{45,36} + \frac{1}{56,70} - \frac{1}{157,31}$$

$$P'_u = 30,01 \text{ t}$$

$$P'_u > \frac{P_u}{0,7}$$

$$30,01 > \frac{19,01}{0,7} = 27,16$$

Debido a que la carga axial última que resiste la columna, es mayor a la carga actuante última, se considera adecuado el armado propuesto.

Refuerzo transversal: al igual que las vigas, las columnas también sufren esfuerzos de corte máximos en los nudos, por lo que es necesario reforzar estas áreas a través de un confinamiento adecuado, se utilizarán estribos No 3.

$$V_r = \phi \cdot 0,53 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,85 \cdot 0,53 \sqrt{210} \cdot (30)(27) = 5,288 \text{ kg}$$

El esfuerzo resistente del concreto es mayor que el actuante, es necesario diseñar de acuerdo con el código ACI.

$$\text{Estribos se colocarán a } S_{\text{máx}} = \frac{d}{2} = \frac{27}{2} = 13 \text{ cm}$$

Longitud de confinamiento: la mayor de las siguientes.

$$16\emptyset_{\text{var_long}} = 16(1,905) = 30,48 \text{ cm}$$

$$48\emptyset_{\text{var_trans}} = 48(0,953) = 45,72 \text{ cm}$$

Se utilizará una longitud de confinamiento, igual a 50 centímetros.

Espacio entre estribos en zona confinada;

Relación volumétrica ρ_s

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{0,85f_c}{f_y} \right) \quad A_{ch} = d_x * d_y = 24 * 24 = 576 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{900}{576} - 1 \right) \left(\frac{0,85(210)}{2810} \right) = 0,016$$

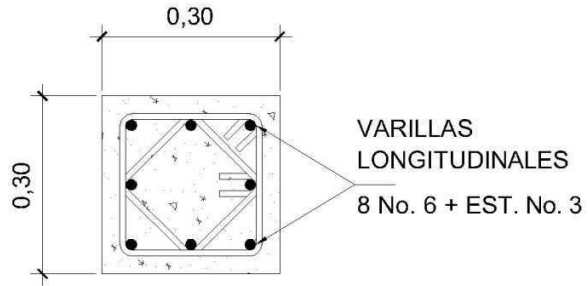
$$S = \frac{4 * A_v}{\rho_s L} = \frac{4(0,71)}{0,016(24)} = 7,35 \text{ cm}$$

Colocar estribos a cada 7 centímetros en zona confinada

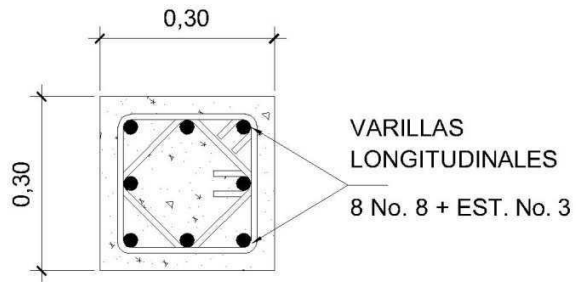
Se colocaran estribos rotados a 45° alternados, según el código ACI 318, en el capítulo 7.10.5, debido a las barras longitudinales en las caras.

Este método de cálculo se aplicó para la columna del primer nivel, con los momentos y corte máximos de nivel. A continuación se muestran los resultados del diseño.

Figura 35. **Sección de columnas típicas de nivel**



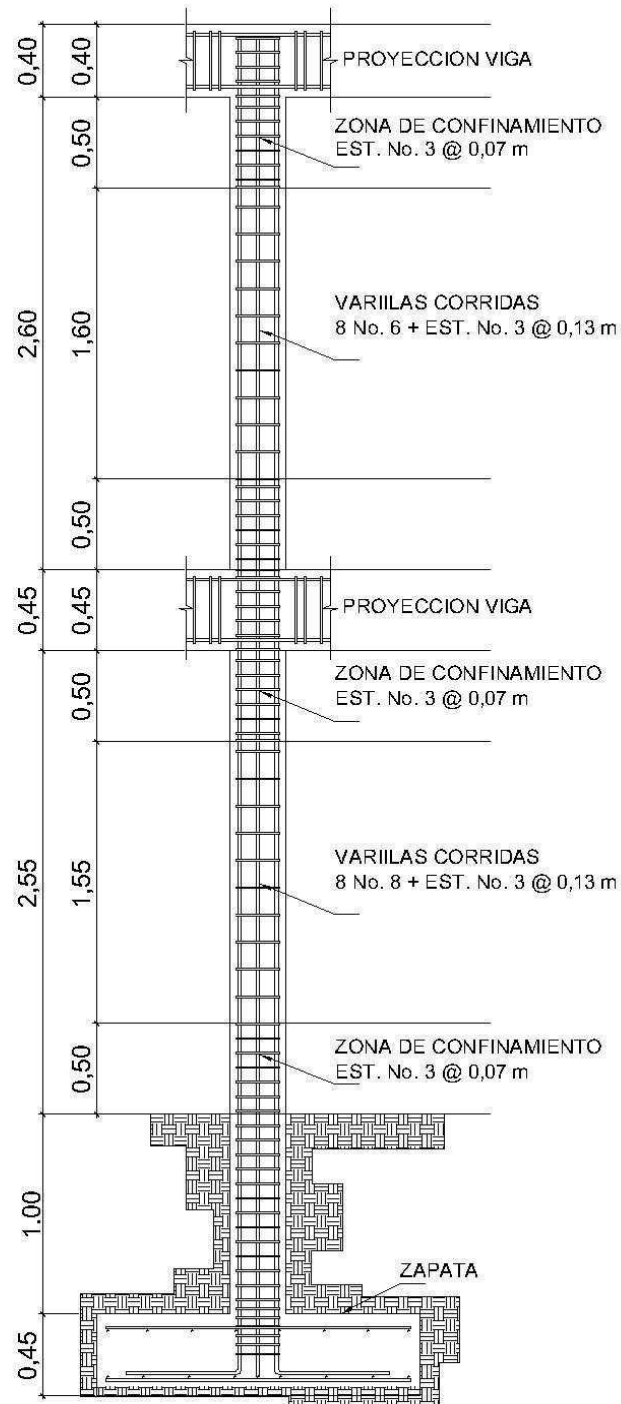
COLUMNA TÍPICA 2 do. NIVEL
ESCALA.: 1:10 COLUMNA TIPO "C2"



COLUMNA TÍPICA 1er. NIVEL
ESCALA.: 1:10 COLUMNA TIPO "C1"

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Detalle de armado de columnas típicas



Fuente: elaboración propia.

3.5.7. Diseño de gradas

El ritmo general de vida exige que las escaleras puedan ser recorridas de modo rápido y seguro, con el menor gasto de energía posible. Para su ubicación se debe tomar en cuenta que la circulación en los diferentes niveles no sea problemática; además, debe tener iluminación y ventilación aceptable.

La forma, disposición y ubicación que se le da a una escalera depende principalmente de las dimensiones e importancia de la edificación, del espacio que el proyecto les otorgue y finalmente del material y tipo de construcción escogida.

El que una escalera sea cómoda y segura depende de su relación de pendiente o relación de dimensiones de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella. Las siguientes relaciones nos pueden garantizar la comodidad de una escalera.

Donde:

c = contrahuella y H = huella

$c \leq 20$ cm

$H > c$

$2c + H \leq 64$ cm (valor cercano)

$c + H = 45$ a 48 cm

$c \cdot H = 480$ a 500 cm²

Procedimiento para el diseño de la escalera

Número de escalones mínimo = $h/c = 3,06/0,17 = 18$ escalones. Se tomaran 9 contrahuellas antes del descanso.

Número de huellas = Núm. contrahuellas – 1 = 9 – 1 = 8 huellas

Relaciones de comodidad:

$$c = 17 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$$

$$H = 29 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

$$2c + H = 2 \cdot 17 + 29 = 63 \leq 64 \text{ cm}$$

$$c + H = 0,17 + 29 = 46 \text{ cm}$$

$$c \cdot H = 17 \cdot 29 = 493 \text{ cm}^2$$

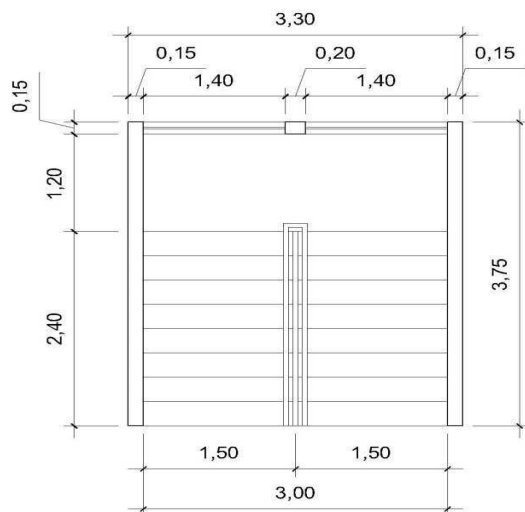
Por lo tanto se obtienen 9 contrahuellas de 17 cm y 8 huellas de 29 cm.

Espesor de la losa

$$t = L/21 = 3,30/21 = 0,15 \text{ m}$$

Tomar $t = 0,15 \text{ m}$

Figura 37. Dimensiones de escalera



Datos

$$\text{Carga viva} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Fuente: elaboración propia.

Integración de cargas

Carga muerta

Peso propio de la escalera

$$\gamma_c \left(t + \frac{c}{2} \right) = 2\,400 \left(0,15 + \frac{0,17}{2} \right) = 564 \text{ kg/m}^2$$

Acabados = 100 kg/m²

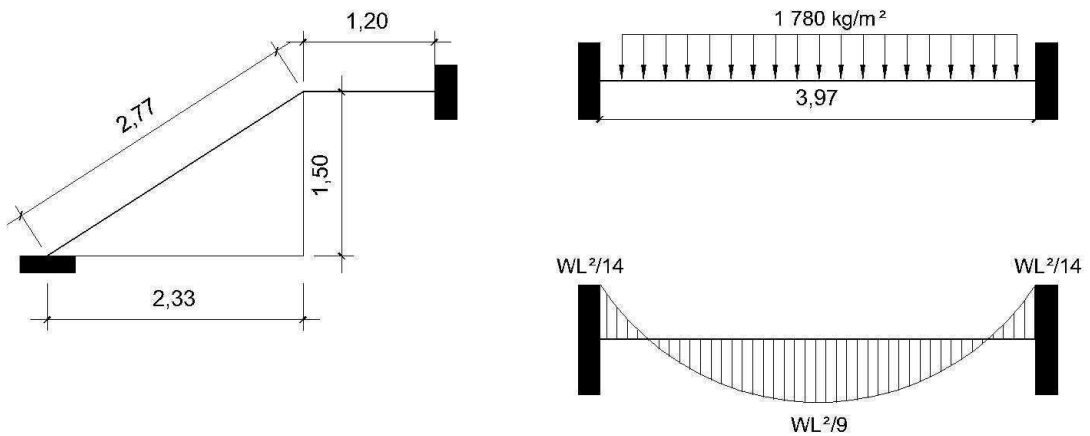
Total = 664 kg/m²

Carga viva

Edificación escolar = 500 kg/m²

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V = 1,4(664) + 1,7(500) = 1\,780 \text{ kg/m}^2$$

Figura 38. Distribución de carga y momentos en gradas



Fuente: elaboración propia.

$$D = \sqrt{(2,33)^2 + (1,50)^2} = 2,77 \text{ m}$$

Cálculo de momentos

$$M_{(+)} = \frac{Cu \cdot L^2}{9} = \frac{1\,780(3,97)^2}{9} = 3\,117,16 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-)} = \frac{Cu \cdot L^2}{14} = \frac{1\,780(3,97)^2}{14} = 2\,003,88 \text{ kg-m}$$

Límites para el acero

$$b = 100 \text{ cm} \quad f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 7,5 \text{ cm} \quad f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \left(\frac{14,1}{F_y} \right) (b \cdot d) = \left(\frac{14,1}{2\,810} \right) (100 \cdot 7,5) = 3,76 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0,50 \rho_b b d = 0,50 \cdot 0,036\,95 \cdot 100 \cdot 7,5 = 13,86 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left[b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{M \cdot b}{0,003\,825 \cdot f'_c}} \right] \cdot \left[\frac{0,85 f'_c}{F_y} \right]$$

$M_{(+)} = 3\,117,16 \text{ kg-m} = A_s = 21,11 \text{ cm}^2$; usar $A_{s_{\max}} = 13,86 \text{ cm}^2$; usar varilla No. 5 @ 0,15 m

$M_{(-)} = 2\,003,88 \text{ kg-m} = A_s = 12,10 \text{ cm}^2$; usar varilla No. 5 @ 0,15 m

Acero por temperatura = $A_{st} = 0,002 b \cdot t = 0,002 \cdot 100 \cdot 10 = 2 \text{ cm}^2$.

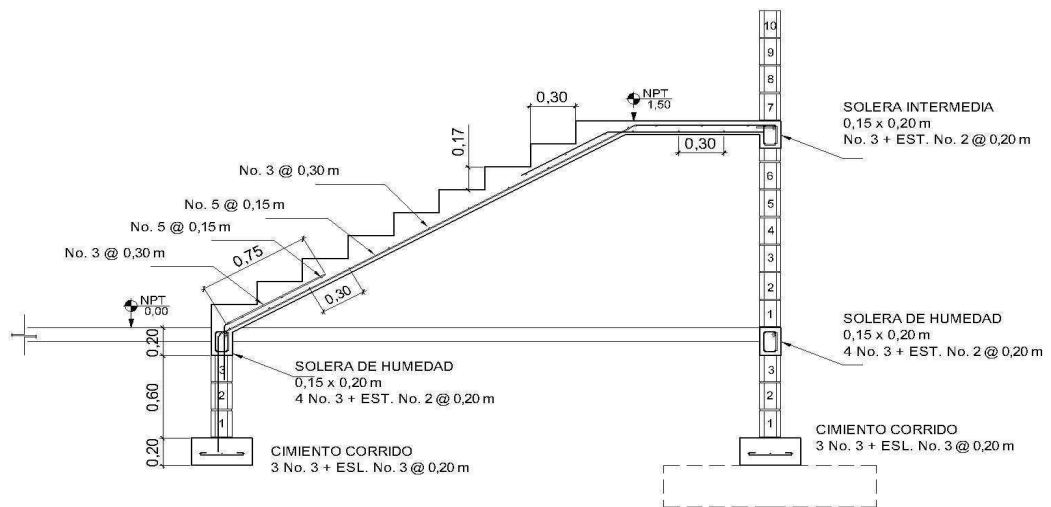
$S_{\max} = 3t = 3(10) = 30 \text{ cm}$, por lo tanto se refuerza con varilla No. 3 @ 0,30 m

El acero por temperatura debe colocarse en el otro sentido, tomando en consideración lo siguiente:

- Se debe alternar cuando exista cama doble de refuerzo principal

- Se coloca en el espacio formado por la cama superior e inferior del refuerzo principal

Figura 39. Detalle de armado de escalera



Fuente: elaboración propia.

3.5.8. Diseño de cimientos

Cimiento, es aquella parte de la estructura que se coloca generalmente por debajo de la superficie del terreno y que transmite las cargas al suelo o rocas subyacentes. Las dos disposiciones ó requisitos esenciales en el diseño de cimentaciones son, que el asentamiento total de la estructura esté limitado a una cantidad tolerablemente pequeña y que en lo posible, el asentamiento diferencial de las distintas partes de la estructura se elimine. Para limitar los asentamientos de la manera indicada es necesario:

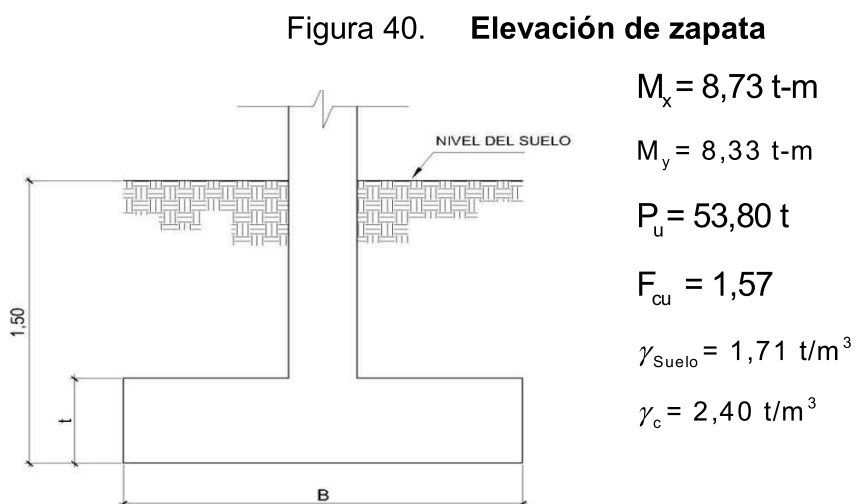
- Transmitir la carga de la estructura hasta un estrato de suelo que tenga la resistencia suficiente.

- Distribuir la carga sobre un área suficientemente grande de este estrato para minimizar las presiones de contacto.

Zapata

Las zapatas para columnas individuales son por lo general cuadradas, algunas veces rectangulares, y representan el tipo de cimentación más sencillo y económico. Su utilización para columnas exteriores tiene algunas dificultades si los derechos de propiedad impiden la utilización de zapatas que se extiendan más allá de los muros exteriores. En este caso, se utilizan zapatas combinadas o zapatas amarradas para permitir el diseño de una zapata que no se extienda más allá del muro o columna.

Datos: los datos necesarios para el diseño de las zapatas, se toman del análisis estructural y de los estudios de suelo realizados en el lugar. Los datos a utilizarse para el diseño de la zapata, son los siguientes.



Fuente: elaboración propia.

$$V_s = 30 \text{ t/m}^2$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

Cargas de trabajo

$$P_T = \frac{53,8}{1,57} = 34,29 \text{ t}$$

$$M_{dx} = \frac{8730}{1,57} = 5,56 \text{ t-m}$$

$$M_{dy} = \frac{8325}{1,57} = 5,31 \text{ t-m}$$

Predimensionamiento

$$A_z = \frac{1,5P_T}{V_s} = \frac{1,5(34,29)}{30} = 1,71 \text{ m}^2$$

Se propone una zapata de 1,75 m cuadrada con $A_z = 3,0625 \text{ m}^2$

Presión al suelo

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{Md_x}{S_x} \pm \frac{Md_y}{S_y}$$

$$S_x = S_y = \frac{1,75 \cdot 1,75^2}{6} = 0,893 \text{ m}^2$$

$$P = P_T + P_{Col} + P_{Suelo} + P_{Cim}$$

$$P = 34,29 + 0,3^2(2,4)(7,5) + 1,75(1,50)(3,06) + 2,4(0,45)(3,06) = 47,26 \text{ t}$$

$$q = \frac{47,26}{3,06} \pm \frac{5,56}{0,893} \pm \frac{5,31}{0,893}$$

$$q_{\text{máx}} = 15,44 + 6,23 + 5,95 = 27,62 \text{ t/m}^2 < V_s$$

$$q_{\text{mín}} = 15,44 - 6,23 - 5,95 = 3,27 \text{ t/m}^2 > 0$$

La presión que la estructura ejerce al suelo es menor a la que puede soportar y mayor que cero, las dimensiones de la zapata son correctas.

$$q_{\text{dis}} = 1,57 (27,62 \text{ t/m}^2) = 43,31 \text{ t/m}^2$$

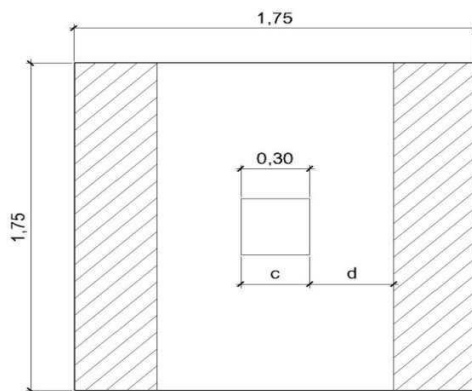
Peralte efectivo

$$d = 45 - 7,5 - (1,97/2) = 36,5 \text{ cm}$$

Chequeo por esfuerzo cortante

Diseño de zapata por esfuerzo cortante

Figura 41. **Diagrama esfuerzo cortante**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{\text{act}} = q_{\text{dis}} \left(\frac{B_{\text{Zap}} - B_{\text{Col}}}{2} - d \right) H_{\text{Zap}} = 43,31 \left(\frac{1,75 - 0,30}{2} - 0,365 \right) * 1,75 = 27,27 \text{ t}$$

$$V_r = \phi * 0,53\sqrt{f_c} * b d = 0,85 * 0,53\sqrt{210} * (175)(36,5) = 41,71 \text{ t}$$

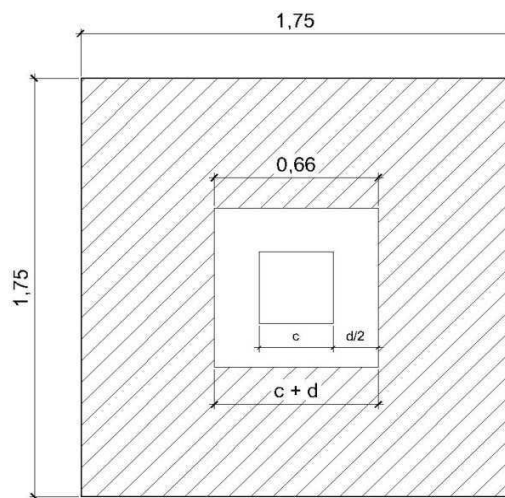
Resiste debido a que el corte actuante es menor al que puede soportar la estructura, el peralte seleccionado es correcto.

Chequeo por corte punzonante

$$b_o = 4(c + d) = 4(30 + 36,5) = 266 \text{ cm}$$

Diseño de zapata por esfuerzo de corte punzonante

Figura 42. **Diagrama esfuerzo corte punzonante**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = q_{dis} (A_{Zap} - (c + d)^2) = 43,31(1,75^2 - (0,665)^2) = 113,47 \text{ t}$$

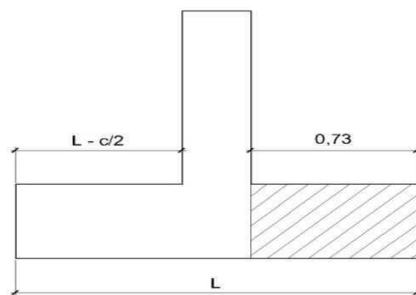
$$V_r = \phi * 1,06\sqrt{f_c} * b d = 0,85 * 1,06\sqrt{210} * (266)(36,5) = 126,82 \text{ t}$$

El corte que resiste la zapata es mucho mayor que el actuante, no hay problema con el corte punzonante.

Diseño del refuerzo: el suelo causa presión a la zapata, por lo que produce un momento flector, es necesario reforzarla con acero estructural de la siguiente manera:

Diseño de zapata por esfuerzo flexionante

Figura 43. **Diagrama esfuerzo flexionante**



Fuente: elaboración propia.

$$M_U = \frac{q_{dis} * L^2}{2} = \frac{43,31 * (1,75/2 - 0,3/2)^2}{2} = 11,38 \text{ t-m}$$

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mb}{0,003825f_c}} \right] * \frac{0,85f_c}{f_y}$$

$$A_s = \left[(73 * 36,5) - \sqrt{(73 * 36,5)^2 - \frac{11381(73)}{0,003825(210)}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 12,81 \text{ cm}^2$$

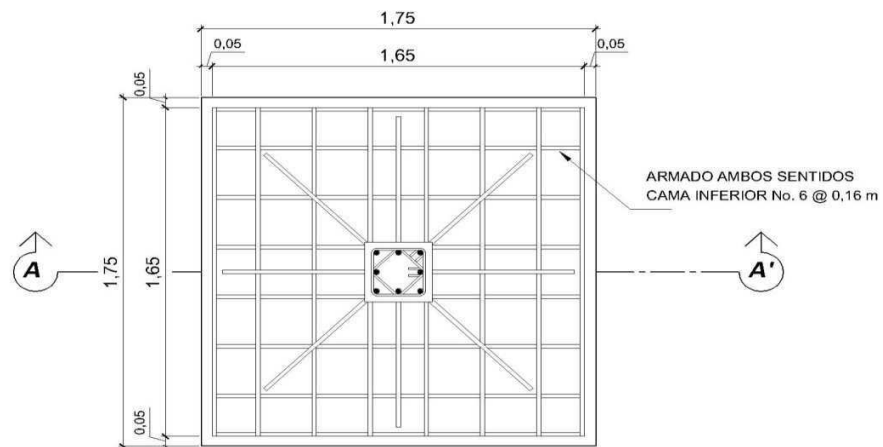
$$A_{smin} = \frac{14,1}{f_y} bd = \frac{14,1}{2810} (73)(36,5) = 13,36 \text{ cm}^2, \text{ como } A_s < A_{smin}, \text{ colocar } A_{smin}$$

$$S = \frac{A_v b}{A_s} = \frac{2,85 \cdot 73}{13,36} = 15,57 \text{ cm} \text{ Se utilizará No 6 @ 0,16 m cama inferior.}$$

Para cama superior, colocar $A_{STemp} = 0,002bt = 0,002(73)(45) = 6,57 \text{ cm}^2$

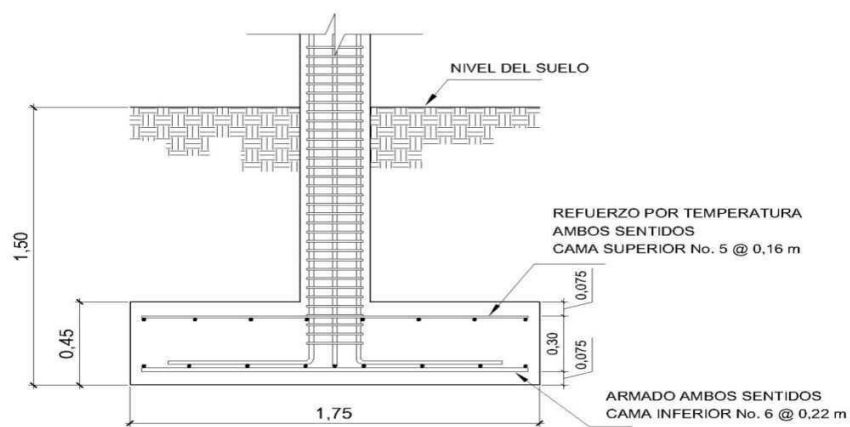
$$S = \frac{A_v b}{A_{STemp}} = \frac{1,97 \cdot 73}{6,57} = 21,89 \text{ cm} \text{ Se utilizará No5 @ 0.22 m cama superior.}$$

Figura 44. **Detalle de armado de zapata planta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Detalle de elevación armado de zapata**



Fuente: elaboración propia.

3.6. Instalaciones

3.6.1. Drenaje pluvial

El objetivo del drenaje pluvial es la evacuación de las aguas provenientes de la escorrentía producida por la precipitación pluvial, debiendo diseñarse el sistema de acuerdo a los requisitos siguientes:

Las bajadas deben ubicarse si es posible en paredes que den al exterior de la edificación, protegidas con mortero, concreto u otro material.

El área máxima para drenar con un bajante, según su diámetro es la siguiente:

Tabla XV. Área máxima a drenar con tubería PVC para drenaje pluvial

Diámetro (plg)	Área máxima (m ²)
2	30
2 1/2	60
3	100
4	210
6	625
Para intensidad de lluvia de 200 mm/h	

Fuente: McCormac, Jack C. Diseño de acabados. p.192.

Por lo tanto para la instalación de drenaje pluvial se utilizó tubería p.v.c. ø 3" con pendiente de 1%

3.6.2. Electricidad

Diseño de instalaciones eléctricas de la escuela

Con base en el manual de “Normas para acometidas de servicio eléctrico de la empresa eléctrica de Guatemala (EEGSA)”, en la sección V: apartamentos, edificios, centros comerciales y construcciones similares.

Normas y códigos para instalación comercial:

Acometida:

Conjunto de conductores, componentes y materiales utilizados para transmitir la electricidad desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica. La instalación de la acometida consta de los siguientes elementos básicos:

- Poste de distribución
- Poste de acometida
- Cables de acometida
- Contador o medidor
- Caja socket para contador
- Medios de protección
- Tableros de distribución

De acuerdo a lo anterior, se colocara un contador, un tablero principal con tierra física neutro, dos tableros de distribución con tierra física aislada. Para conexión de electrodos a tierra se debe colocar una varilla de cobre de una longitud mínima de 2,5 metros y $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

Circuitos:

Según la norma los circuitos de iluminación y tomacorrientes se protegerán con un flip-on de 15 a 20 amperios por cada 10 unidades como máximo, basándose principalmente en lo que determinen los cálculos.

Se consideró el método del total de potencia que son los *Watts* o *Kilowatts* que suman todas las lámparas, tomacorrientes y el resto de conexiones eléctricas y, así lograr la iluminación adecuada en cada área específica.

15 lámparas de 40 *Watts* por 2 tubos cada lámpara = 1 200 watts

9 tomacorrientes de 300 *Watts* cada uno = 2 700 *Watts*

Sumatoria = 3 900 *Watts*

En base a lo especificado por la norma, y teniendo una potencia de 3 900 *Watts*, se colocaran 6 circuitos, tres para iluminación y tres circuitos para fuerza en cada nivel del edificio.

Conductores:

El calibre de los conductores será de acuerdo estrictamente al cálculo respectivo, pero en ningún momento podrá ser menor de 12 AWG, TW.

Para el cálculo del calibre de la iluminación, se debe determinar la corriente de los 3 circuitos para cada nivel:

(5 lámparas) 350 *Watts* = 1 750 *Watts*

$$I_{\text{alumbrado}} = \frac{P}{V} = \frac{1750 \text{ watts}}{120} = 14,58 \text{ A}$$

Tomando en cuenta que la longitud promedio entre cada lámpara de 3 metros, se determina que el calibre del conductor requerido para cargas nominales de 120 voltios con un 2% de caída de voltaje es 12 AWG, TW.

Para el cálculo del calibre de fuerza, se debe determinar la corriente del circuito para cada nivel, tomando en cuenta el uso simultaneo de los tomacorrientes, y la conexión de computadoras:

400 Watts * 6 tomacorrientes = 2400 Watts

$$I_{\text{fuerza}} = \frac{P}{V} = \frac{2400 \text{ watts}}{120} = 20 \text{ A}$$

Tomando en cuenta que la longitud promedio entre cada tomacorriente de 5 metros, se determina que el calibre del conductor requerido para cargas nominales de 120 voltios con un 2% de caída de voltaje es 12 AWG, TW.

Debido a que la corriente es de 14,58 A para iluminación y de 20 A para fuerza, se colocara un flip-on de 20 A por cada circuito, dando como resultado es uso de 5 flip-on por nivel, ver planos 14 y 15 de instalaciones eléctricas (iluminación y fuerza) para la distribución de los circuitos.

Tubería y ductos:

Se utilizara tubería plástica (poliducto), en caso de quedar enterrada o bajo tierra, se deberá proteger con concreto pobre, las uniones deberán ser completamente impermeables.

En cada uno de los salones escolares, se colocaran 4 lámparas, lo cual genera que se necesite introducir de 4 a 5 conductores dentro del ducto, por tanto para un calibre 12 AWG, TW con 5 conductores se necesita un diámetro de $\frac{3}{4}$ ".

3.7. Diseño de planos constructivos

Los planos que se elaboraron son: planta amueblada, planta acotada, planta de acabados, planta de cimentación y columnas, planta de techos y vigas, detalles de gradas y muros, planta de drenajes y planta de instalación eléctrica.

3.8. Presupuesto

La integración del presupuesto fue realizada con costos directos: materiales de construcción, mano de obra calificada y no calificada, dentro de los costos indirectos: utilidades, administración, supervisión e imprevistos equivalentes al 25%.

Los precios de los materiales se cotizaron en la cabecera municipal de Rabinal, Baja Verapaz para los salarios de mano de obra se consideraron los que la municipalidad asigna para casos similares.

Tabla XVI. **Presupuesto de ampliación de la Escuela Ricardo Juárez Arellano**

CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO						
No	RENLÓN	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total	
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	LIMPIEZA Y NIVELACIÓN	m ²	214,84	Q 15,00	Q	3,221,91
1.2	TRAZO Y ESTAQUEADO	m ²	214,84	Q 58,55	Q	12 579,59
2	CIMENTACIÓN					
2.1	EXCAVACIÓN	m ³	91,11	Q 59,41	Q	5,412,49
2.2	ZAPATAS	Unidad	16,00	Q 3 953,25	Q	63 252,08
2.4	RELLENO	m ³	85,35	Q 50,00	Q	4 267,50
3	MUROS					

Continuación de la tabla XVI

3.1	MUROS DE 0,15X0,20X0,40m	m ²	305,28	Q	166,48	Q	50 822,64
3.2	SOLERAS						
3.2.1	Solera hidrófuga de 0,15x0,20 m	ml	89,56	Q	233,91	Q	20 949,29
3.2.2	Solera intermedia de 0,15x0,20 m	ml	89,56	Q	233,91	Q	20 948,98
3.2.3	Solera en sillar de 0,15x0,15 m	ml	36,56	Q	218,24	Q	7 978,92
4	ESTRUCTURAS						
4.1	COLUMNAS						
4.1.1	Columna tipo C1 (primer nivel)	Unidad	16,00	Q	4 228,92	Q	67 662,76
4.1.2	Columna tipo C2 (segundo nivel)	Unidad	16,00	Q	4 106,89	Q	65 710,24
	Columna tipo C3 (primer nivel)	Unidad	208,00	Q	198,36	Q	41 258,88
4.1.3	Columna tipo C4 (segundo nivel)	Unidad	8,00	Q	675,28	Q	5 402,23
4.2	VIGAS						
4.2.1	Viga tipo 1	Unidad	16,00	Q	3 854,14	Q	61 666,26
4.2.2	Viga tipo 2	Unidad	16,00	Q	2 824,15	Q	45 186,44
4.2.3	Viga tipo 3	Unidad	15,00	Q	2 429,94	Q	36 449,09
4.2.4	Viga tipo 4	Unidad	15,00	Q	2 119,74	Q	31 796,17
5	TECHOS						
5.1	LOSA TRADICIONAL						
5.1.1	Losa primer nivel	m ²	214,84	Q	519,21	Q	111 546,22
5.1.2	Losa segundo nivel	m ²	214,84	Q	423,54	Q	90 992,54
6	GRADAS						
6.1	GRADAS	Global	1,00	Q	85,220,36	Q	85 220,36
7	ACABADOS						
7.1	ACABADO DE PISO						
7.1.1	Piso de granito	m ²	178,16	Q	138,00	Q	24 586,08
7.1.2	Base de concreto para piso	m ²	178,16	Q	60,00	Q	10 689,60
7.2	ACABADO DE MURO						
7.2.1	Repello	m ²	670,36	Q	55,00	Q	36 869,80
7.2.2	Cernido vertical	m ²	670,36	Q	60,00	Q	40 221,60
7.3	TALLADO						
7.3.1	Columnas	m ²	77,30	Q	50,00	Q	3 865,00
7.3.2	Vigas	m ²	163,23	Q	50,00	Q	8 161,50
7.3.3	Losas	m ²	428,32	Q	60,00	Q	25 699,20
8	SISTEMA DE DRENAJE						
8.1	DRENAJE PLUVIAL	Global	1,00	Q	25 680,32	Q	25 680,32
9	SISTEMA ELÉCTRICO						
9.1	ILUMINACIÓN	Global	1,00	Q	18 069,69	Q	18 069,69
9.2	FUERZA	Global	1,00	Q	6 780,80	Q	6 780,80
10	PUERTAS Y VENTANAS						
10.1	PUERTAS Y VENTANAS	Global	1,00	Q	31 200,00	Q	31 200,00
11	OTROS						
11.1	BARANDAS	m ²	30,20	Q	27,95	Q	844,09
COSTO TOTAL DEL PROYECTO							Q 1 066 040,51

Fuente: elaboración propia.

3.8. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental se llevó a cabo por medio de una boleta de riesgo que presenta el Ministerio de Ambiente, dicha boleta fue proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación (DMP), del municipio de Rabinal. Los resultados obtenidos durante la evaluación fueron de 168 puntos. En la boleta se especifica que para un valor arriba de 400 puntos se debe reformular el proyecto, y si muestra un valor arriba de los 1 000 puntos, se rechazará el proyecto por completo, ya que representa un gran riesgo para el ambiente.

Tabla XVII. **Boleta de identificación y evaluación ambiental**

Boleta de identificación y evaluación de riesgo en proyectos de inversión pública.												
Proyecto:	DISEÑO DEL EDIFICIO DE AMPLIACION DE LA ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO											
Localización:	MUNICIPIO DE RABINAL, BAJA VERAPAZ											
Identificación y evaluación de riesgo programas / proyectos	N.A.	Expuesto al evento	Genera el evento	Nula				Baja				Total = A * V
				Minima				Media				
Origen del evento	Factor	Tipo de Evento		Amenaza				Vulnerabilidad				R = amenaza * vulner.
				0	4	8	10	2	4	8	10	
Naturales	Meteorológicos	Huracanes, ciclones y tifones		X				X				0
		Tornados (vientos fuertes)		X				X				0
		Tormenta trópic			X			X				8
		Onda térmica fría			X			X				16
		Onda térmica cálida		X				X				0
		Inundaciones			X			X				8
		Sequías que provocan pérdidas agrícolas		X				X				0
		Otros: Especifique										0
	Topográficos o geotécnicos	Derrumbes				X			X			8
		Deslizamientos				X			X			8
		Lahares		X				X				0
		Flujos de lodo y agua		X				X				0
		Otros										0
	Tectónicos o geológicos	Terremotos (sismos)				X			X			16
		Erupciones volcánicas		X				X				0
Maremotos (tsunamis)			X				X				0	
Otros											0	

Continuación de la tabla XVII

Origen del evento	Factor	Tipo de Evento	0	4	8	10	2	4	8	10				
Antrópico - Social	Derechos humanos	Violación de derechos humanos		X			X					8		
		Genera pobreza y exclusión social		X			X						8	
		Genera discriminación (género, étnia, discapacidad)		X				X					0	
		Ocurrencia de epidemias			X			X					8	
		Otros												
	Seguridad ciudadana	Asesinatos y crímenes			X			X					8	
		Delincuencia organizada		X				X					0	
		Delincuencia común		X				X					0	
		Conflictos limítrofes		X				X					0	
		Ocurrencia de guerra		X				X					0	
		Ocurrencia de terrorismo		X				X					0	
		Otros												
	Entorno político económico-social	Crisis política (pérdida democracia)		X				X					0	
		Crisis gobernabilidad (alteración orden público)			X			X					8	
		Crisis económica (empobrecimiento)			X			X					8	
		Crisis social (conflictos entre pobladores)			X			X					8	
		Otros												
	Manejo del ambiente	Destrucción de hábitats naturales.			X			X					8	
		Radiación solar intensa			X			X					8	
		Descarga de sólidos y líquidos a cuerpos de agua			X			X					8	
		Descarga de partículas sólidas al aire			X			X					8	
		Contaminación por ruido superior a 90 DB		X				X					0	
		Contaminación de suelos			X			X					8	
		Sobreexplotación de recursos naturales		X				X					0	
		Desertificación		X				X					0	
		Incendios forestales		X				X					0	
		Otros												
	Accidentes	Fallas industriales y tecnológicas		X				X					0	
		De transporte aéreo, acuático y terrestre		X				X					0	
		Derrame de productos petroleros		X				X					0	
		Depósitos industriales y químicos		X				X					0	
		Colapso de estructuras		X				X					0	
		Explosiones		X				X					0	
		Centrales eléctricas, térmicas y geotérmicas.		X				X					0	
		Oleoductos		X				X					0	
		Coheterias		X				X					0	
		Urbanización desordenada			X			X					8	
		Edificios, ruinas, monumentos abandonados		X				X					0	
		Otros												
	Factor	Escala	Descripción											
	Amenaza	Nula	No apreciable										TOTAL	168
		Mínima	Visible, sin importancia para la estabilidad del sistema											
Moderada		Alteración notable, pero en un ámbito reducido												
Severa		Alteración notable, extensa consecuencias dañinas y mortales												
Vulnerabilidad	Baja	Población es afectada en forma mínima, no existe peligro de muerte												
	Media	Población es afectada focalmente, existe peligro de muerte												
	Alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte												
	Extrem. alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte, sin capacidad de recuperación.												
Escala de decisión	Bajo	Menor 400 (se acepta el proyecto con medidas mitigación)												
	Medio	Mayor de 401 hasta 1000 (reformular el proyecto)												
(puntos de riesgo) 168 PUNTOS	Alto	Mayor de 1000 (se rechaza el proyecto, reformularlo)												

Fuente: Dirección Departamental de Planificación de Rabinal, Baja Verapaz.

CONCLUSIONES

1. La construcción del sistema de alcantarillado de el barrio el Tamarindo de la cabecera municipal del municipio de Rabinal, Baja Verapaz contribuirá al saneamiento ambiental y evitará la generación de enfermedades, debidas a la disposición de aguas servidas en lugares públicos. Beneficiará directamente a 673 habitantes en la actualidad, con un costo de Q 4 950 010,83 (cuatrocientos mil novecientos cincuenta con diez quetzales y ochenta y tres centavos).
2. El diseño estructural de la edificación se analizó bajo las condiciones de carga de acuerdo a la utilización de la misma; además, se consideró el efecto que puede producir un sismo en determinado momento. El edificio de ampliación de la Escuela Ricardo Juárez Arellano está diseñado con el método de SEAOC, para fuerzas inducidas por sismo. El diseño estructural se realizó con el código ACI 318 y norma AGIES.
3. El aporte técnico que el Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Ingeniería hizo a la Municipalidad de Rabinal, consistió en la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio el Tamarindo y un edificio de ampliación para la escuela Ricardo Juárez Arellano, las cuales surgieron como consecuencia de un diagnóstico de servicios básicos e infraestructura, por lo que se considera que la municipalidad debe llevarla a la realidad en el menor tiempo posible, por los beneficios que aportan al municipio.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Rabinal, Baja Verapaz:

1. Capacitar a los miembros del COCODE, del sector de la cabecera municipal, para el mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado sanitario, para que posea un funcionamiento y durabilidad adecuada.
2. Desarrollar una campaña de educación sanitaria a la población del municipio, acerca de la utilidad del servicio de alcantarillado sanitario. Lo anterior, evitará que se depositen desechos sólidos dentro de las tuberías, ya que pueden ocasionar obstrucciones al flujo adecuado del caudal sanitario.
3. La construcción de ambos proyectos deberá ser ejecutada y supervisada por personal altamente calificado, para cumplir con las especificaciones que cada proyecto demanda, ya que así se garantiza la funcionalidad y durabilidad de los mismos.
4. Actualizar los precios unitarios de cada renglón de trabajo de los proyectos, previo a la contratación de servicios profesionales, ya que están sujetos a variar debido a factores económicos y de inflación en los precios de los materiales y mano de obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute, ACI 318-99. *Código de diseño de hormigón armado y comentarios*. 1999. 586 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES 2002. 22 p.
3. CABRERA SEIS, Jadenon Vinicio. “*Guía teórica y práctica del curso de Cimentaciones 1*”. Trabajo de graduación de la Universidad de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994. p. 97-102
4. Instituto de Fomento Municipal,. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Segunda Revisión. Guatemala: INFOM, UNEPAR 1997. 100 p.
5. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 13ª ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 772 p. ISBN: 958600953X
6. ROJAS PALACIOS, Melvin Raúl. “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Marroquín y edificación de dos niveles para salón comunal en el caserío el Tigre, municipio de Salcajá, departamento de Quetzaltenango”. Trabajo de graduación de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, Guatemala, 2009. 121 p.

APÉNDICES

ENSAYO TRIAXIAL



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

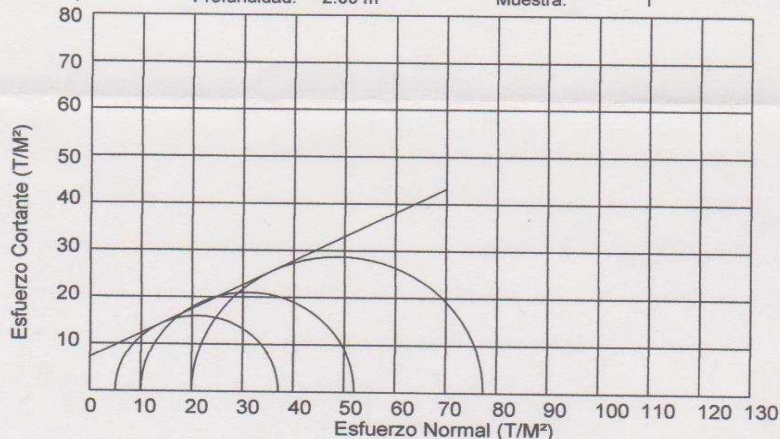


Nº 19336

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 241 S.S. O.T.: 28,304

INTERESADO: Byron Enrique Vásques Valdizon
 PROYECTO: EPS- Escuela de 6 aulas, Ricardo Juarez Arellano
 Ubicación: Rabinal, Baja Verapaz
 Fecha: 29 de junio del 2011
 pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 27.25$	COHESIÓN: $C_u = 7.2$
---	---

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arcilloso color café
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESIÓN LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	11.28	18.43	31.15
PRESIÓN INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACIÓN EN ROTURA Er (%)	3.0	5.0	8.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.44	1.44	1.44
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.71	1.71	1.71
HUMEDAD (%H)	19.9	19.9	19.9

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

MEMORIA DE CÁLCULO DE DRENAJE SANITARIO

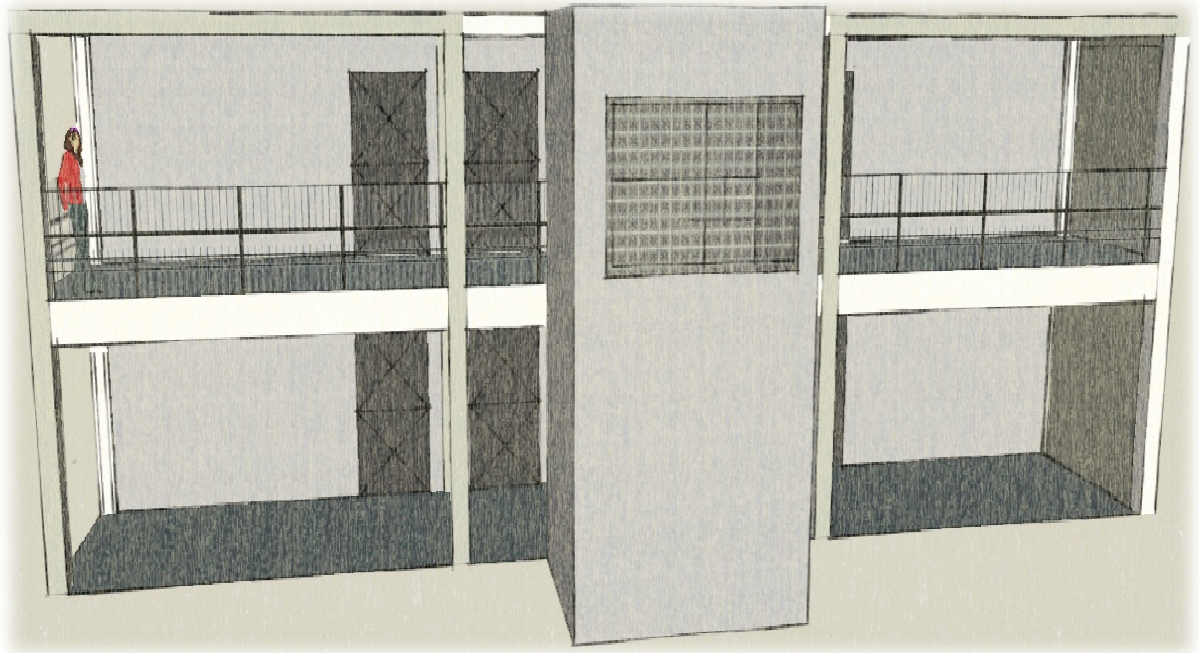
De	A	Cota de Terreno		D.H. (m)	S%	Viviendas		Habitantes		fqm	F.H.		qdiseño (l/s)		β pulg	S% tubo	Area (m ²)	Seccion Llena	
		Inicial	Final			Local	Acum	Actual	Futuro		Actual	Futuro	Actual	Futuro				Velocidad	Caudal
1	2	99,67	100,10	93,86	-0,46	7	7	42	70	0,0020	4,33	4,28	0,364	0,602	6	1,60	0,01824	1,432	26,123
2	3	100,10	100,20	47,25	-0,21	18	25	150	251	0,0020	4,19	4,11	1,257	2,063	6	0,60	0,01824	0,877	15,997
3	4	100,20	100,48	46,39	-0,60	19	44	264	442	0,0020	4,10	4,00	2,166	3,534	6	0,40	0,01824	0,716	13,061
4	5	100,48	100,42	13,13	0,43	20	64	384	642	0,0020	4,03	3,92	3,095	5,031	6	0,20	0,01824	0,506	9,236
5	ex1	100,42	99,81	44,69	1,37	3	67	402	673	0,0020	4,02	3,90	3,233	5,252	6	0,20	0,01824	0,506	9,236
6	ex2	99,81	97,68	44,69	4,77	3	67	402	673	0,0020	4,02	3,90	3,233	5,252	6	0,50	0,01824	0,801	14,603
7	ex3	97,68	95,67	44,69	4,49	3	67	402	673	0,0020	4,02	3,90	3,233	5,252	6	0,50	0,01824	0,801	14,603
Tramo 3																			
2,2	2,1	99,01	99,24	93,00	-0,25	5	5	30	50	0,0020	4,35	4,31	0,261	0,433	6	1,10	0,01824	1,187	21,660
2,1	2	99,24	100,10	95,00	-0,91	5	10	60	100	0,0020	4,30	4,24	0,516	0,852	6	0,60	0,01824	0,877	15,997
Tramo 2																			
3,2	3,1	99,25	99,40	91,48	-0,17	6	6	36	60	0,0020	4,34	4,30	0,313	0,518	6	0,90	0,01824	1,074	19,592
3,1	3	99,40	100,20	90,00	-0,89	6	12	72	120	0,0020	4,28	4,22	0,616	1,017	6	0,50	0,01824	0,801	14,603
Tramo 1																			
4,2	4,1	99,64	99,86	83,94	-0,27	7	7	42	70	0,0020	4,33	4,28	0,364	0,602	6	0,80	0,01824	1,013	18,472
4,1	4	99,86	100,48	90,00	-0,69	7	14	84	141	0,0020	4,26	4,20	0,716	1,180	6	0,50	0,01824	0,801	14,603

Fuente: elaboración propia.

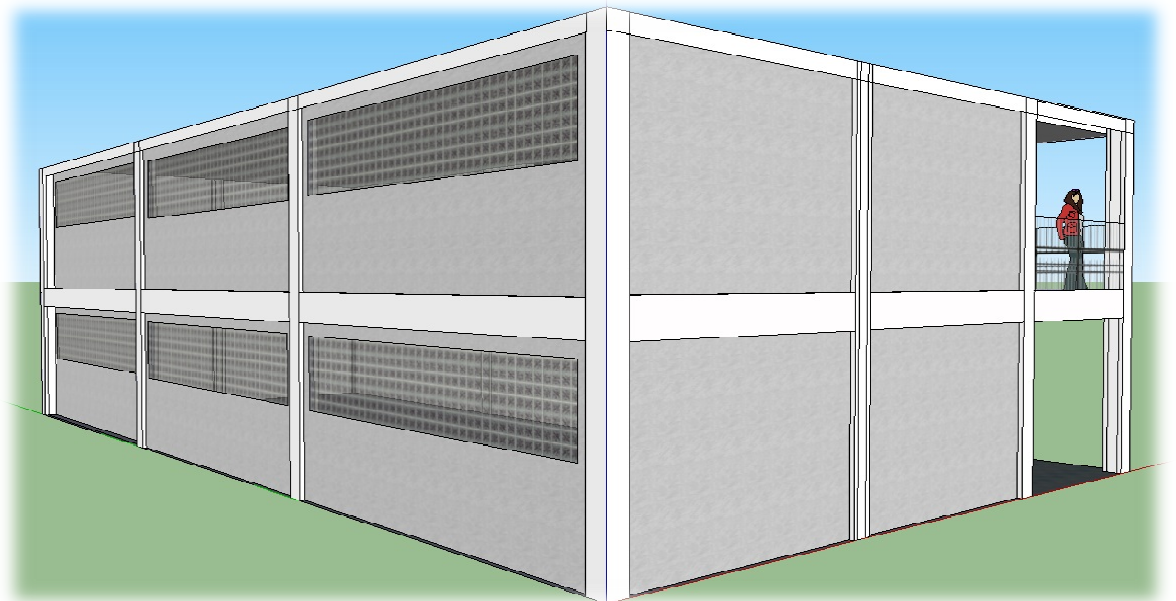
Relacion Actual		Chek Actual	Relacion Futuro		Chek Futuro	Cotas Invert		Alturas Pozos		Ancho Zanja(m)	Volumen Excav. (m3)	Volumen Relleno (m3)
q/Q	d/D	V	q/Q	d/D	V	Salida	Entrada	Incio	Final			
0,013922	0,0825	0,51	0,023037	0,1050	0,59	98,27	96,76	1,40	3,34	0,80	177,85	177,83
0,078597	0,2000	0,54	0,128958	0,2450	0,61	95,92	95,63	4,18	4,57	0,80	165,37	165,35
0,165805	0,2500	0,53	0,270596	0,3600	0,61	95,58	95,40	4,62	5,08	0,80	179,95	179,93
0,335156	0,4000	0,46	0,544720	0,5300	0,52	95,35	95,32	5,13	5,10	0,80	53,73	53,72
0,350049	0,3700	0,46	0,568618	0,5300	0,52	95,27	95,18	5,15	4,63	0,80	174,82	174,80
0,221390	0,4100	0,65	0,359626	1,4800	0,74	95,13	94,91	4,68	2,77	0,80	133,09	133,07
0,221390	1,4100	0,64	0,359626	2,4800	0,74	94,86	94,64	2,82		1,80	113,47	113,46
0,012063	0,0775	0,40	0,019993	0,1000	0,48	97,61	96,59	1,40	2,65	0,80	150,77	150,75
0,032242	0,1100	0,41	0,053248	0,1575	0,47	96,54	95,97	2,70	4,13	0,80	259,77	259,75
0,015955	0,0825	0,40	0,026421	0,1025	0,46	97,85	97,02	1,40	2,37	0,80	138,11	138,09
0,042204	0,1300	0,40	0,069624	0,1650	0,46	96,97	96,52	2,43	3,68	0,80	219,62	219,60
0,019688	0,0900	0,40	0,032579	0,1125	0,47	98,24	97,56	1,40	2,30	0,80	124,11	124,10
0,049049	0,1500	0,42	0,080834	0,1750	0,48	97,51	97,06	2,35	3,42	0,80	207,47	207,45

Fuente: elaboración propia.

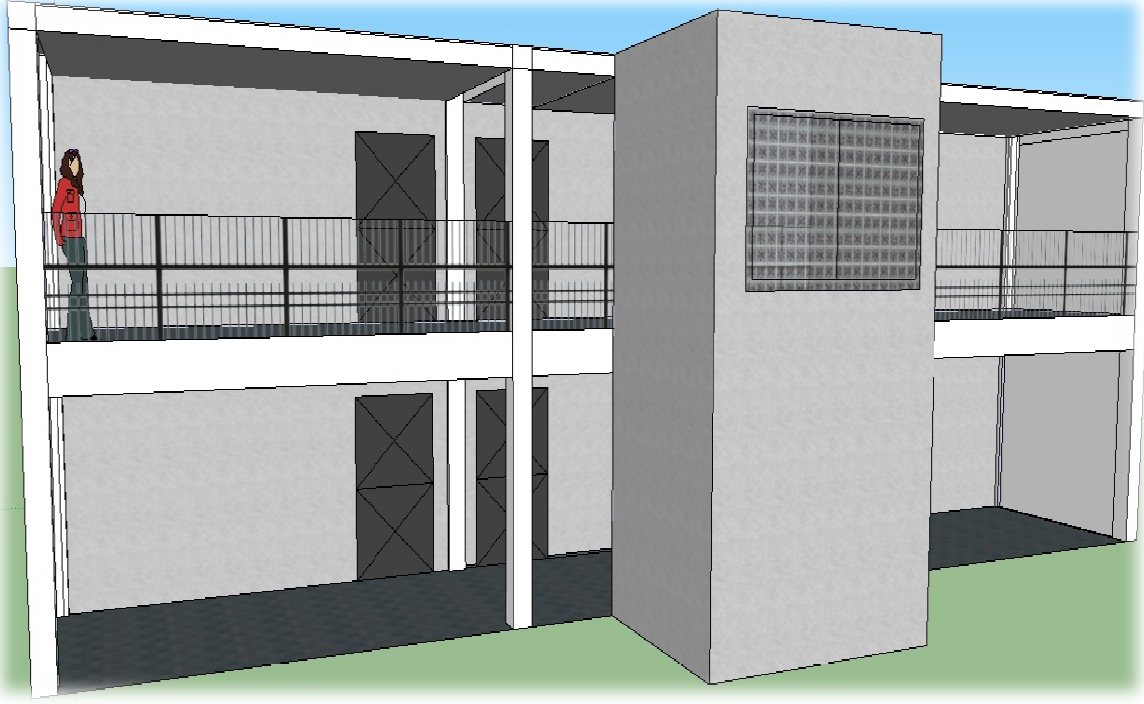
DISEÑO 3D DE ESCUELA RICARDO JUÁREZ ARELLANO



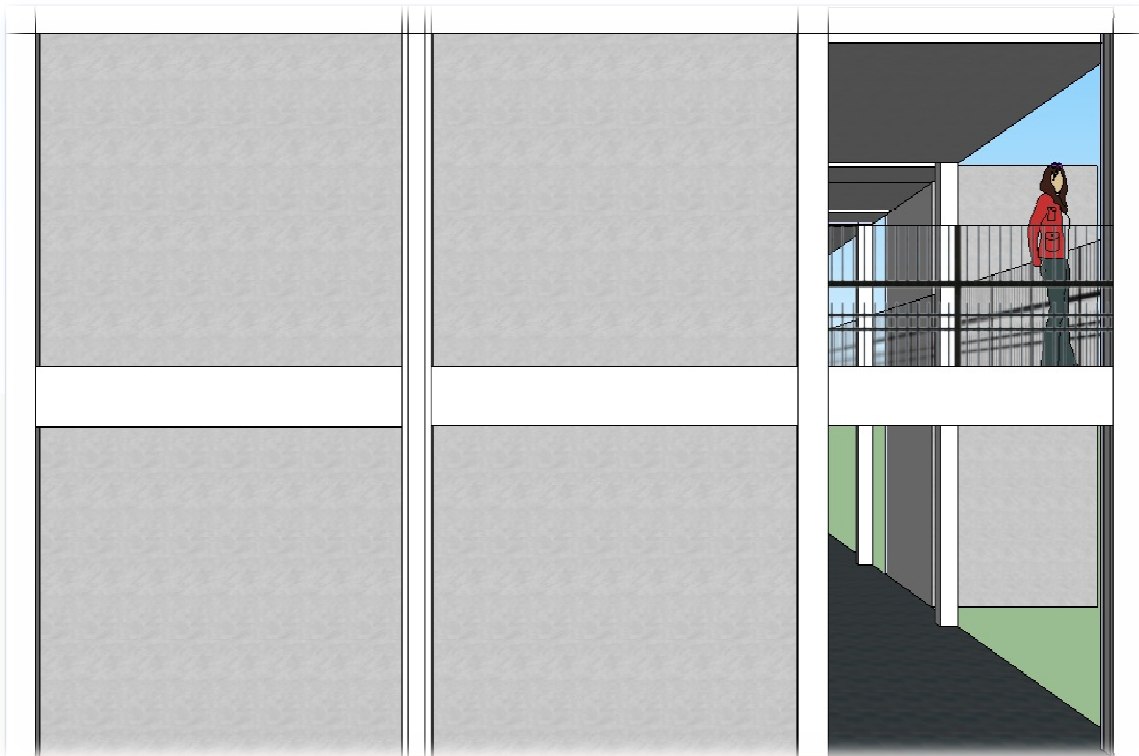
Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

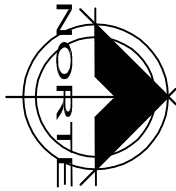


Fuente: elaboración propia.

PLANOS CONSTRUCTIVOS

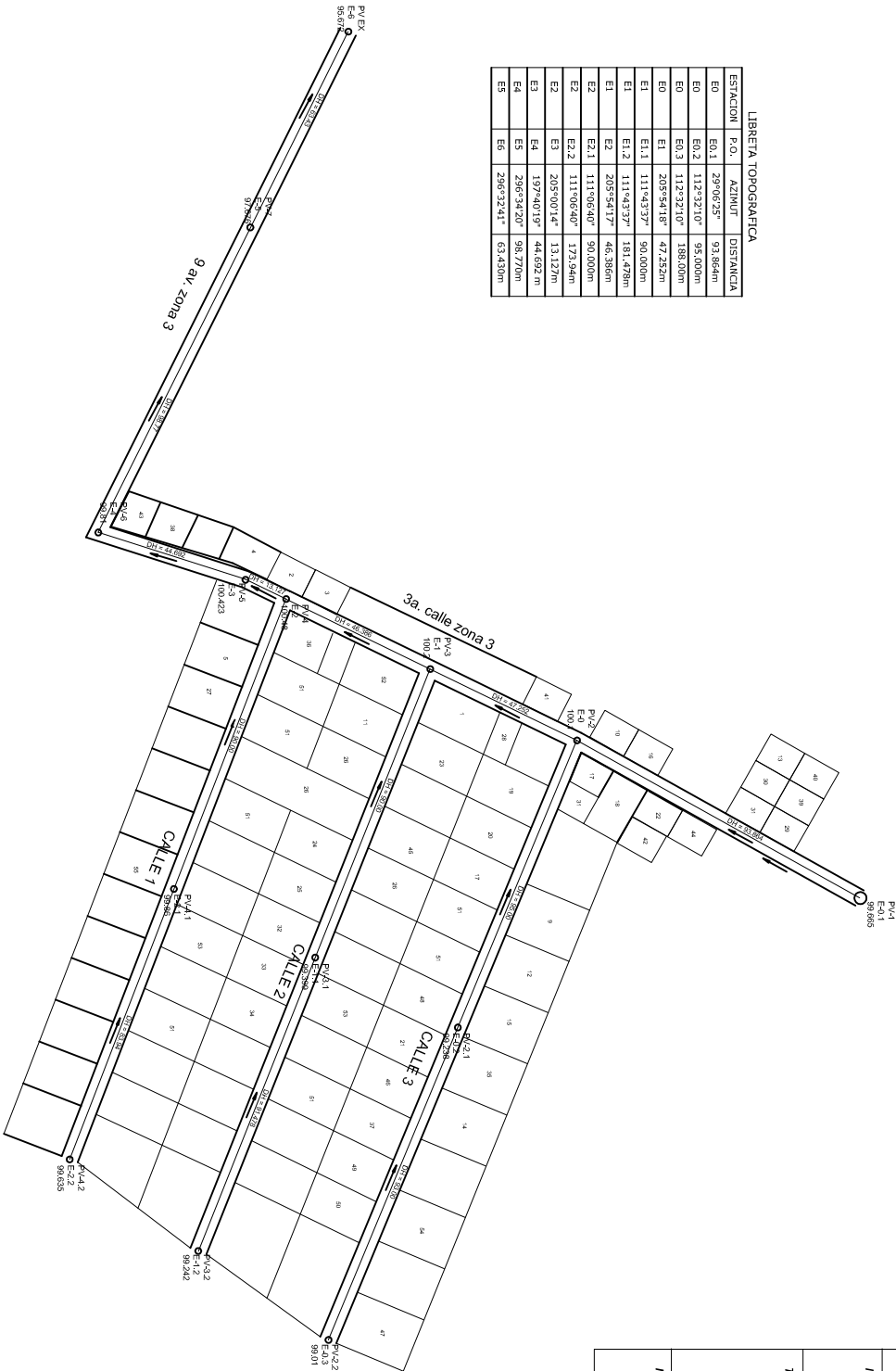
1. Sistema de alcantarillado sanitario
 - 1.1. Planta general
 - 1.2. Planta general y perfiles
 - 1.3. Planta general y perfiles
 - 1.4. Planta general y perfiles
 - 1.5. Planta general y perfiles
 - 1.6. Detalles de pozo de visita y conexión domiciliar
 - 1.7. Detalles de pozo de visita con disipador

2. Edificio escolar de dos niveles
 - 2.1. Planta de conjunto
 - 2.2. Planta amueblada
 - 2.3. Planta acotada
 - 2.4. Planta de acabados
 - 2.5. Elevaciones y secciones
 - 2.6. Planta de cimentación y columnas
 - 2.7. Detalles estructurales
 - 2.8. Planta de losas y vigas
 - 2.9. Detalles de vigas
 - 2.10. Planta de iluminación
 - 2.11. Planta de fuerza
 - 2.12. Planta de drenaje pluvial



LIBRETA TOPOGRAFICA

ESTACION	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA
E0	E0.1	29°06'25"	93.864m
E0	E0.2	112°32'10"	95.000m
E0	E0.3	112°32'10"	188.00m
E0	E1	205°54'18"	47.252m
E1	E1.1	111°43'37"	90.000m
E1	E1.2	111°43'37"	181.478m
E1	E2	205°54'17"	46.386m
E2	E2.1	111°06'40"	90.000m
E2	E2.2	111°06'40"	172.94m
E2	E3	205°00'14"	13.127m
E3	E4	197°40'19"	44.692 m
E4	E5	296°34'20"	98.770m
E5	E6	286°32'41"	63.430m



PLANTA DE CONJUNTO

Escala: 1:100

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO:

- El Concreto debe tener una resistencia a la compresión de 310 kg/cm².
- El agregado grueso debe tener un diámetro máximo de 12".
- El recubrimiento mínimo para la base será de 7 cm y de 3 a 5 cm para la topografía.

ACERO:

- El acero debe tener un $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$

MAMPONERIA:

- Se utilizará ladrillo Tuyo de 0.065' X 0.11' X 0.23' m.
- La mampostería será conforme a la norma ASTM C-48.
- El ladrillo Tuyo tendrá una resistencia a la compresión mínima de 84 kg/cm².

MORTERO:

- Preparado 1:3 una de cemento por tres de arena.
- El agua a utilizar deberá ser limpia y libre de cualquier sustancia dañina.
- El cemento a utilizar es Portland tipo 1, ASTM C-150.
- Se utilizará arena de río seca, ASTM C-144.

TUBERIA:

- Toda la tubería será y deberá cumplir con la norma ASTM D - 3034, no debe utilizarse tubería de diámetro menor a lo especificado en planos.
- Las uniones realizadas entre tramos de tuberías, así como entre líneas y El empaque de hule utilizado para el sellado entre tuberías, entre tubos y conexiones cumplir con los requerimientos de la norma ASTM F 477.
- Toda la tubería se colocará alineada y con la pendiente especificada en planos.

NOTAS:

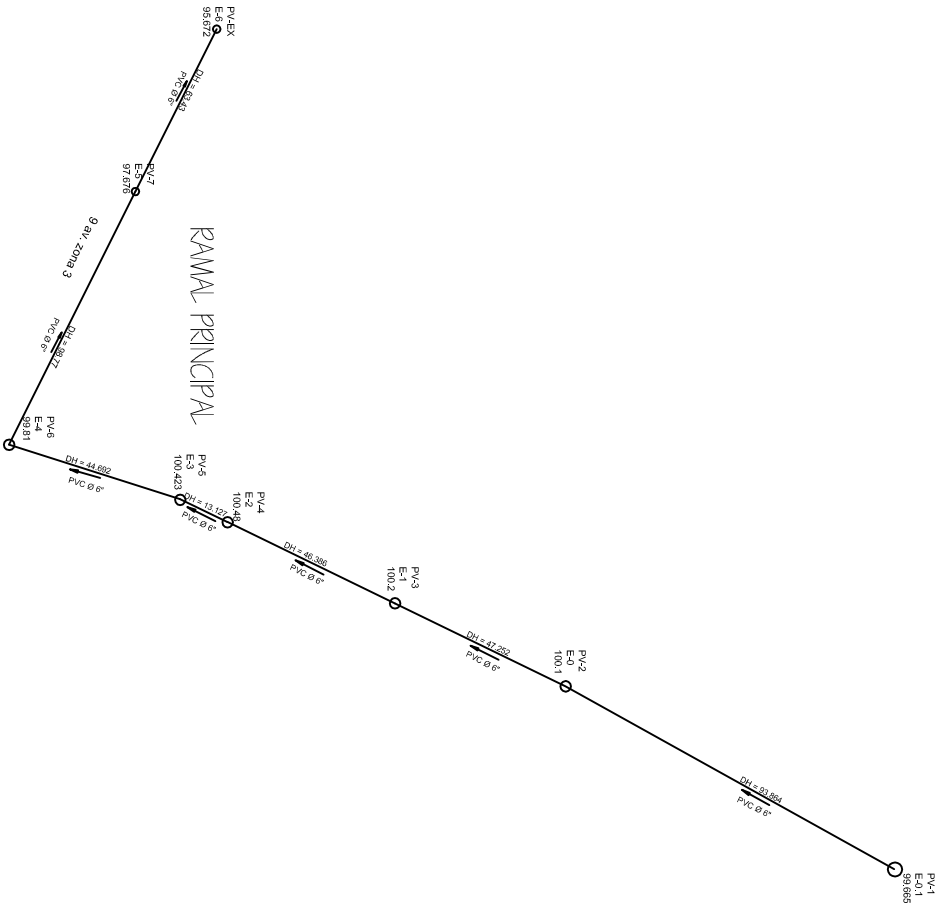
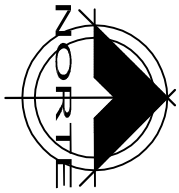
- Las topógrafas y brochetas deberán marcarse según las especificaciones del ACI 318, antes de su colocación de acuerdo al plano de red general.
- Los puntos de control serán de 0.40 m a 3.00 m, por reconstrucción del tabicamiento de losa.
- Se utilizaron topógrafas de 0.40 m a 3.00 m, por reconstrucción del tabicamiento de losa.

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
□	VIVIENDAS
—	POZO DE VISITA
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
E-1	ESTACION TOPOGRAFICA
EX	EXISTENTE



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuela Profesional de Ingeniería

Autor: ING. JUAN CARLOS GONZALEZ Fecha: 11/11/2024	Asesor: ING. JUAN CARLOS GONZALEZ Fecha: 11/11/2024
Título: PLANTA DE CONJUNTO	
Tema: INGENIERIA CIVIL	
Grado: INGENIERO CIVIL	
Carrera: INGENIERIA CIVIL	
Año: 1/1	



PLANTA DE DISTRIBUCION (PMI APUVEDO)

ESCALA: 1:1000

ESTACION	TIPO DE TUBERIA	DIAMETRO	LONGITUD	PERCENTUAL DE PENDIENTE
0+00	8 TUBERIAS	PVC Ø 8"	47.25	0.41%
0+47.25	8 TUBERIAS	PVC Ø 8"	40.40	0.41%
0+87.65	8 TUBERIAS	PVC Ø 8"	13.13	0.41%
0+100.00	8 TUBERIAS	PVC Ø 8"	44.70	0.41%
0+144.70	8 TUBERIAS	PVC Ø 8"	98.77	0.41%
0+243.47	8 TUBERIAS	PVC Ø 8"	63.43	0.41%

PERFIL

(PMI APUVEDO)

ESCALA: 1:1000

NOMENCLATURA	
●	POZO DE VISTA
○	RAMAL DE DERIVAJE
→	DIRECCION DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	PERFIL DE VISTA (PV)
—	TUBERIA PVC, NORMA ASTM D2004
E	ESTACION
EX	EXISTENTE
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA



Universidad Simón Bolívar
FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuela Profesional de Sanituario

PROFESOR ASISTENTE

PROFESOR

PROFESOR

PROFESOR

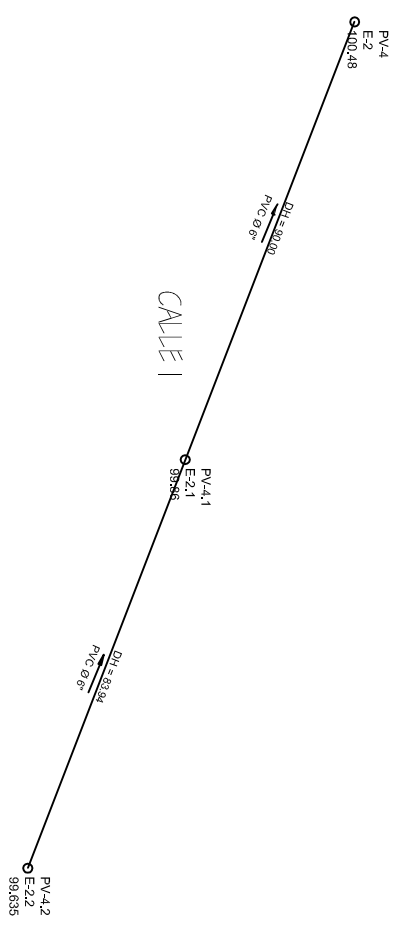
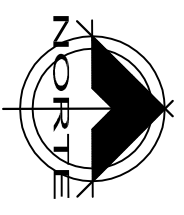
PROFESOR

APROBADO POR: [Signature]

FECHA DE ENTREGA: [Date]

FECHA DE ENTREGA: [Date]

FECHA DE ENTREGA: [Date]



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN

(PV-4.2 APV-4)

ESCALA: 1:1000

100	PV-4.1	h = 5.13	ST = 40.89%	PV-4.2	h = 1.40
99					
98					
97					
96					
95					
94					
93					
92					
91					

CIE = 97.06
 CIE = 97.51
 CIE = 97.56
 CIE = 98.24
 STD = 0.56%
 STD = 0.80%
 13 TUBOS PVC Ø 8" 90.00
 14 TUBOS PVC Ø 8" 83.94

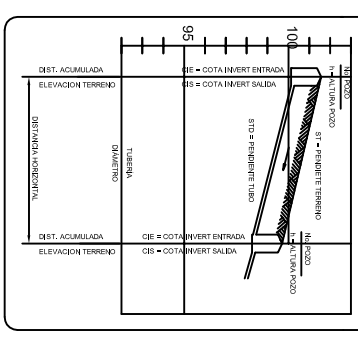
PERFIL

(PV-4.2 APV-4)

ESCALA: 1:1000

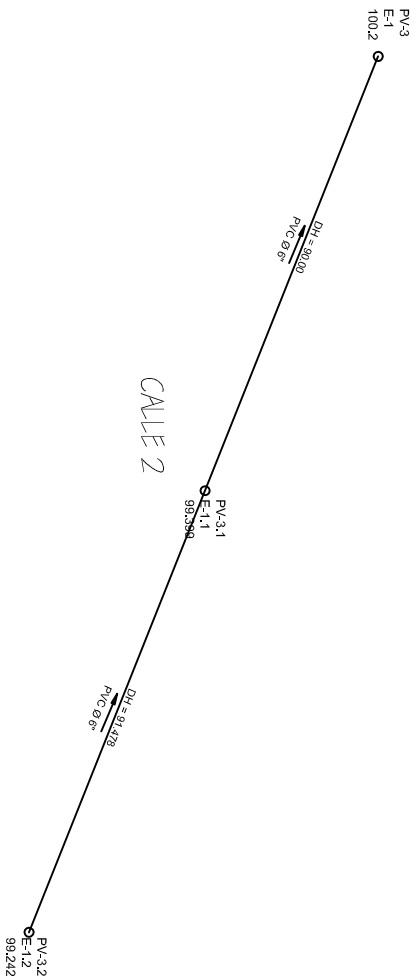
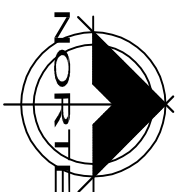
NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISTA
—○—	BOMBA DE DRENALJE
—	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISTA (e.v.)
—	TUBERÍA PVC NORRIA ASTH D-3004
E	ESTACIÓN
∅	DIÁMETRO DE TUBERÍA



Universidad San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
 Escudo Politécnico, Guatemala

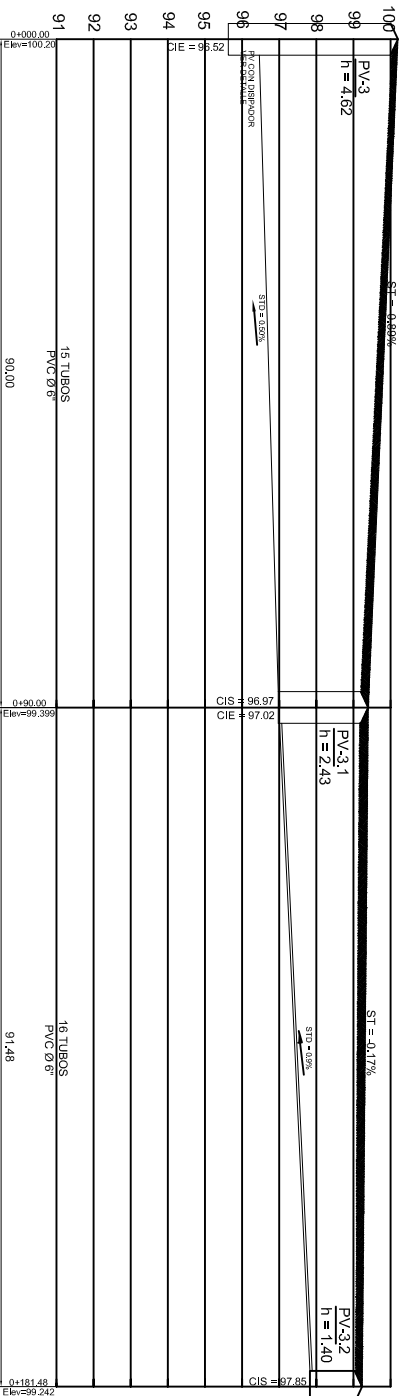
Nombre: JUAN CARLOS GARCIA
 Matrícula: 111111
 Fecha: 11/11/2024
 Tema: 3/7



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN

(PV-3.2 A/PV-3)

ESCALA: 1:100



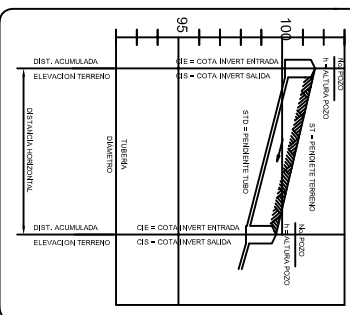
PERFIL

(PV-3.2 A/PV-3)

ESCALA: 1:100

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCION
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE OBRERA
—	DIRECCION DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERIA PVC: NOMENCLATURA
E	ESTACION
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA



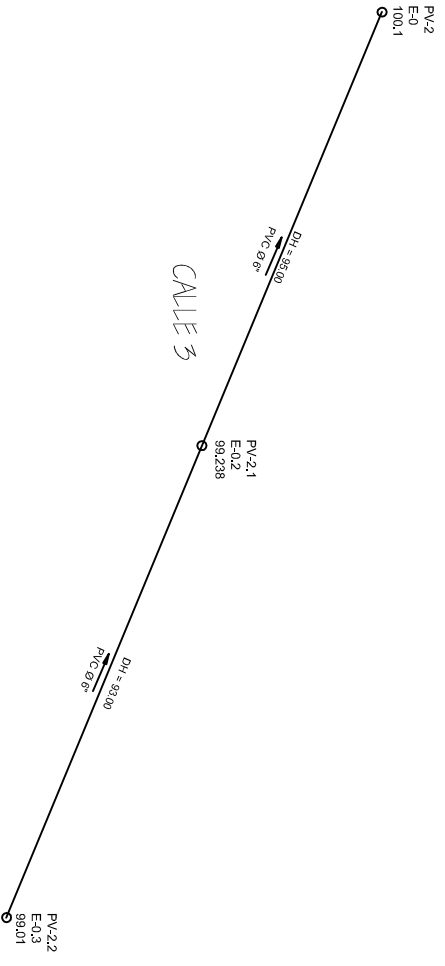
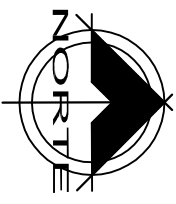
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuelas: Ingeniería San Carlos

Nombre: JUAN PABLO TORRES
 P.A.S. 111.00

Apellido: TORRES
 P.A.S. 111.00

Curso: 4to semestre
 P.A.S. 111.00

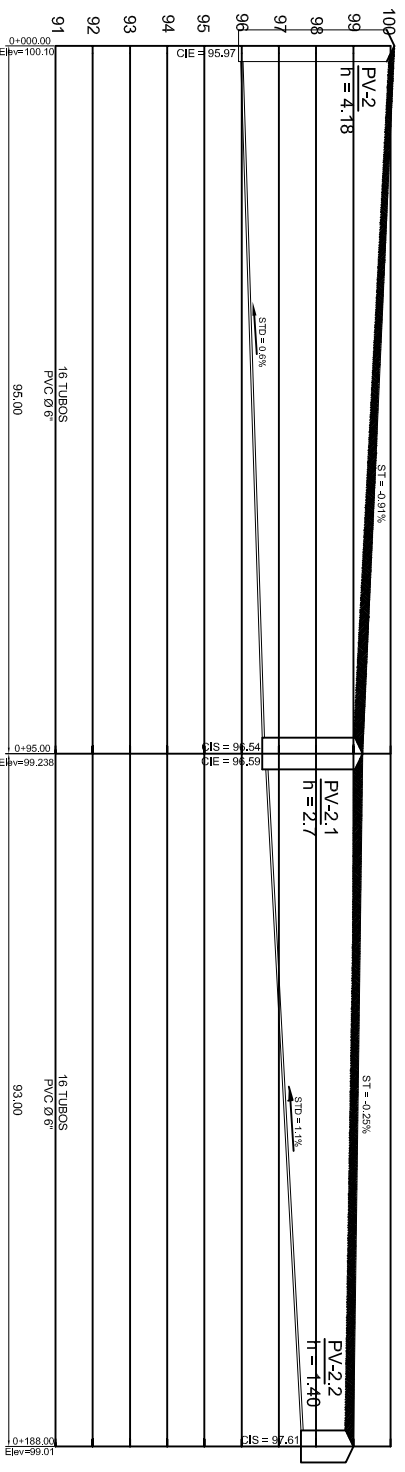
Fecha: 4/7
 P.A.S. 111.00



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN

(PV-2.2 A/PV-2)

ESCALA: 1:200



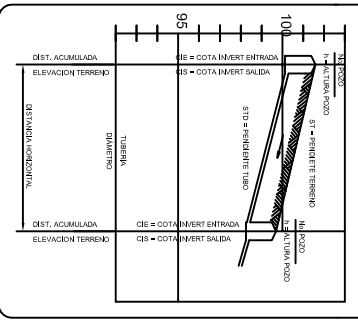
PERFIL

(PV-2.2 A/PV-2)

ESCALA: 1:200

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción
○	POZO DE VISTA
—○—	RAMAL DE BRENDAJE
—	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISTA (P.V.)
—	TIBERIA PVC: NORMA ASTM D2004
E	ESTACIÓN
∅	DIÁMETRO DE TIBERIA



Universidad San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional de Ingeniería

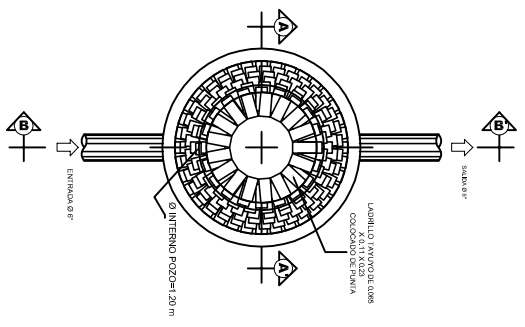
Nombre del Proyecto: [Blank]

Nombre del Cliente: [Blank]

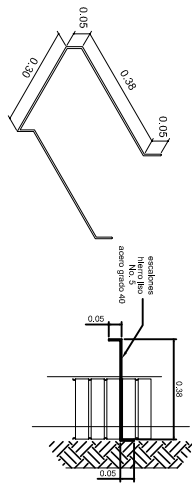
Fecha de Emisión: [Blank]

Escala: [Blank]

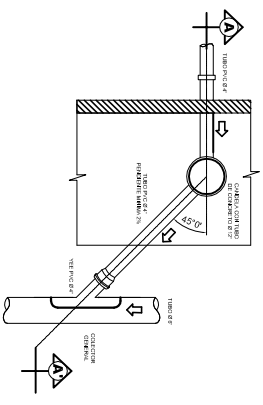
Hoja No. 5/7



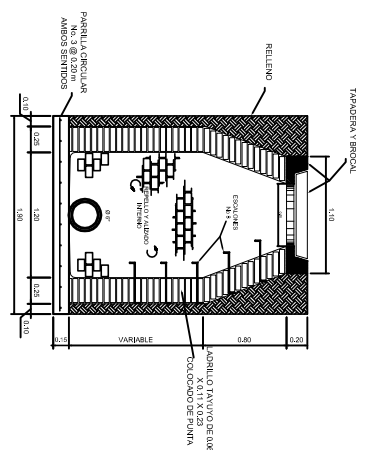
PLANTA DE POZO



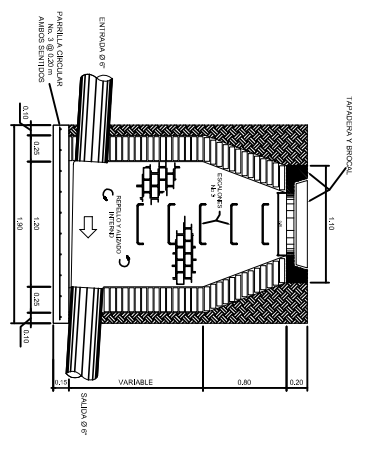
ESCALÓN



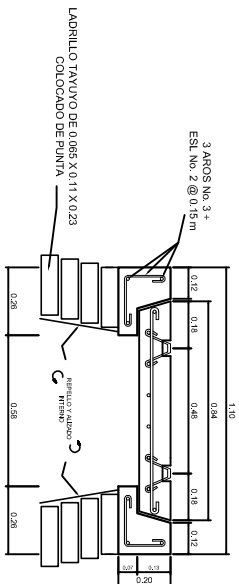
PLANTA



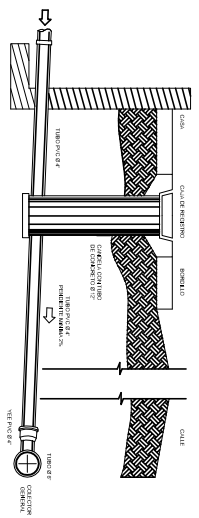
SECCIÓN A-A'



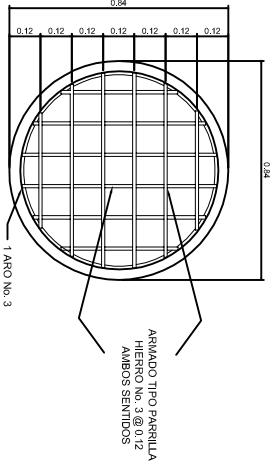
SECCIÓN B-B'



TAPADERA Y BROCAL



SECCIÓN A-A'



PLANTA TAPADERA

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO:	<ol style="list-style-type: none"> El concreto debe tener una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm². El agregado grueso debe tener un diámetro mínimo de 1/2". El recubrimiento mínimo para la base será de 7 cm y de 3 a 5 cm para la tapadera.
ACERO:	<ol style="list-style-type: none"> El acero debe tener un fy = 2810 kg/cm².
MAMPUESTERA:	<ol style="list-style-type: none"> Se utilizará ladrillo T rayo de 0.065 x 0.11 x 0.23 m. El mortero será tipo M según la norma ASTM C-150. El ladrillo y/o piedra son resistentes a la compresión mínima de 84 kg/cm².
MORTERO:	<ol style="list-style-type: none"> Proporción 1:3, una de cemento por tres de arena. El agua a utilizar debe ser limpia y libre de cualquier sustancia dañina. El cemento a utilizar es Portland tipo 1, ASTM C-150. Se utilizará arena de río seca, ASTM C-144c.
TUBERIA:	<ol style="list-style-type: none"> Toda la tubería será y deberá cumplir con la norma ASTM D - 3034, no debe utilizarse tubería de aluminio negro o no especificado en planos. Las conexiones, cumplir con los requerimientos establecidos en la norma ASTM D 2712. El empalme de huele utilizado para el sello entre tuberías, entre lidos y conexiones cumplir con los requerimientos de la norma ASTM F-477. Toda la tubería se colocará alineada y con la pendiente especificada en planos.
NOTAS:	<ol style="list-style-type: none"> Tas tapaderas y brocales deberán curarse según las especificaciones del concreto. Los pozos deberán identificarse de acuerdo al plano de red general.



Universidad San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuelas Profesionales Superiores

Identificación de Ingeniería

PAUSA VERIFICAR

TÍTULO DE INGENIERO EN INGENIERIA EN INGENIERIA

CONSEJO DIRECTIVO

RECTOR

VICE RECTOR

SECRETARIO

ASISTENTE

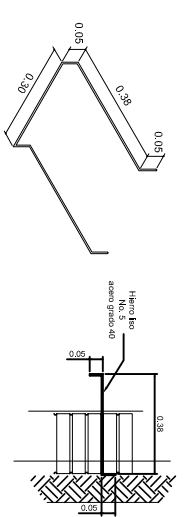
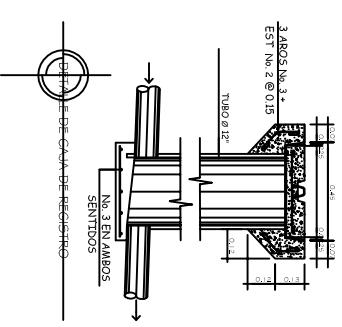
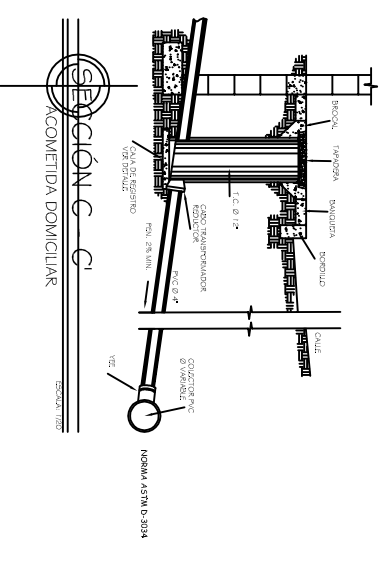
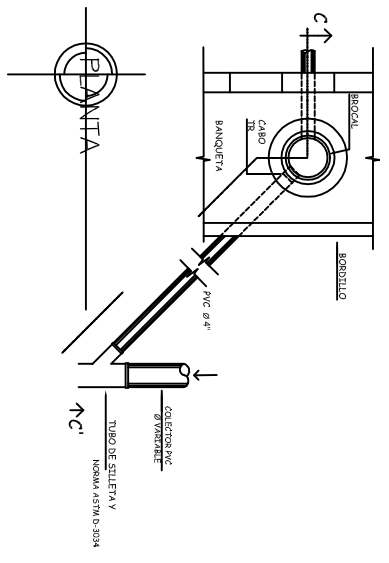
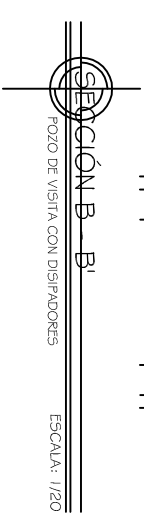
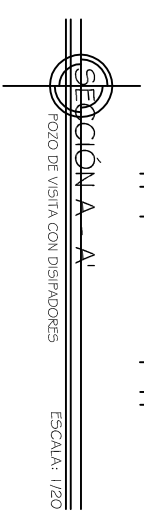
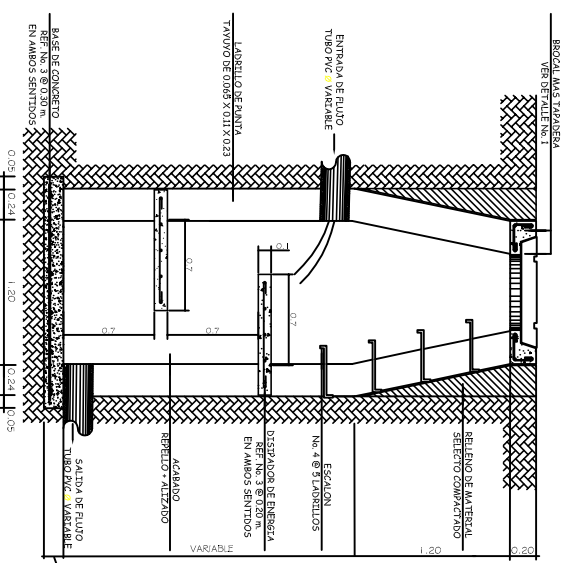
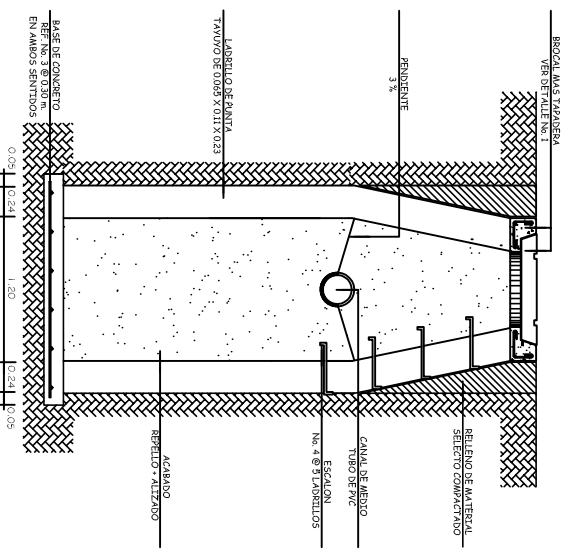
ESTUDIANTE

FECHA

LUGAR

HOJA No.

6/7



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- ACERO DE REFUERZO
- El acero deberá tener un fy = 2,600 kg/cm²
 - Sección al menos en forma de doble para varillas del No. 3 al No. 6 y en forma de triple para varillas de No. 7 y superiores.
 - Longitud de desarrollo de varilla sujeta a tensión y tracción, No. 4 0.30 mts. No. 5 y No. 6 0.36 mts.
 - Todas las varillas se doblarán en frío.
 - Código de diseño ACI 318-71.

- CONCRETO
- El concreto deberá tener un fc = 21.0 kg/cm²
 - El concreto apilastremo mínimo remojable 29.31 sacos de cemento.
 - El agregado grueso (lechón) deberá tener un diámetro mínimo 1/2" y un máximo de 1.18"
 - Recubrimientos mínimos:
 - para la base sera de 7 cms. en el brocal
 - para la zapatera sera de 3 y 5 cms
 - Relación 1:2:3 para 1 m³. 9 sacos de cemento, 12 de arena, 12 de pedrim.

- CARGAS
- 1.1. concreto 2,400 kg/m³
- SABIDTA
- 1.2. Proporción 1:3:1 (1 de cemento + 3 de arena de 6)
 - 1.3. El agua a utilizar será limpia libre de ácidos, sal y sustancias químicas.
 - 1.4. El cemento a utilizar será tipo Portland TPO 1, según la norma C-159 ASTM.
 - 1.5. La arena a utilizar será del río, conforme a la norma.


- TUBERÍA DE CEMENTO
- 1.6. La tubería conforme a la norma C-14 de la ASTM, no deberá utilizar tubería de cemento tener un fy = 2,600 kg/cm²
 - 1.7. Toda la tubería se colocará alineada con el desarrollo de los pines.
 - 1.8. La unión de los tubos se hará con sarta en ambos lados con proporción 1:3 y se cubrirá con papel o material para evitar el fraguado violento.

NOTAS

(a) Los brocales y tapaveras de los pozos, deberán cumplir según las especificaciones del ACI, antes de su colocación.

(b) La tubería deberá instalarse a cada lado del tubo.

(c) Cualquier cambio o modificación en esta detallé será acordado por el diseñador y el ejecutor responsable de la obra.



Universidad San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería

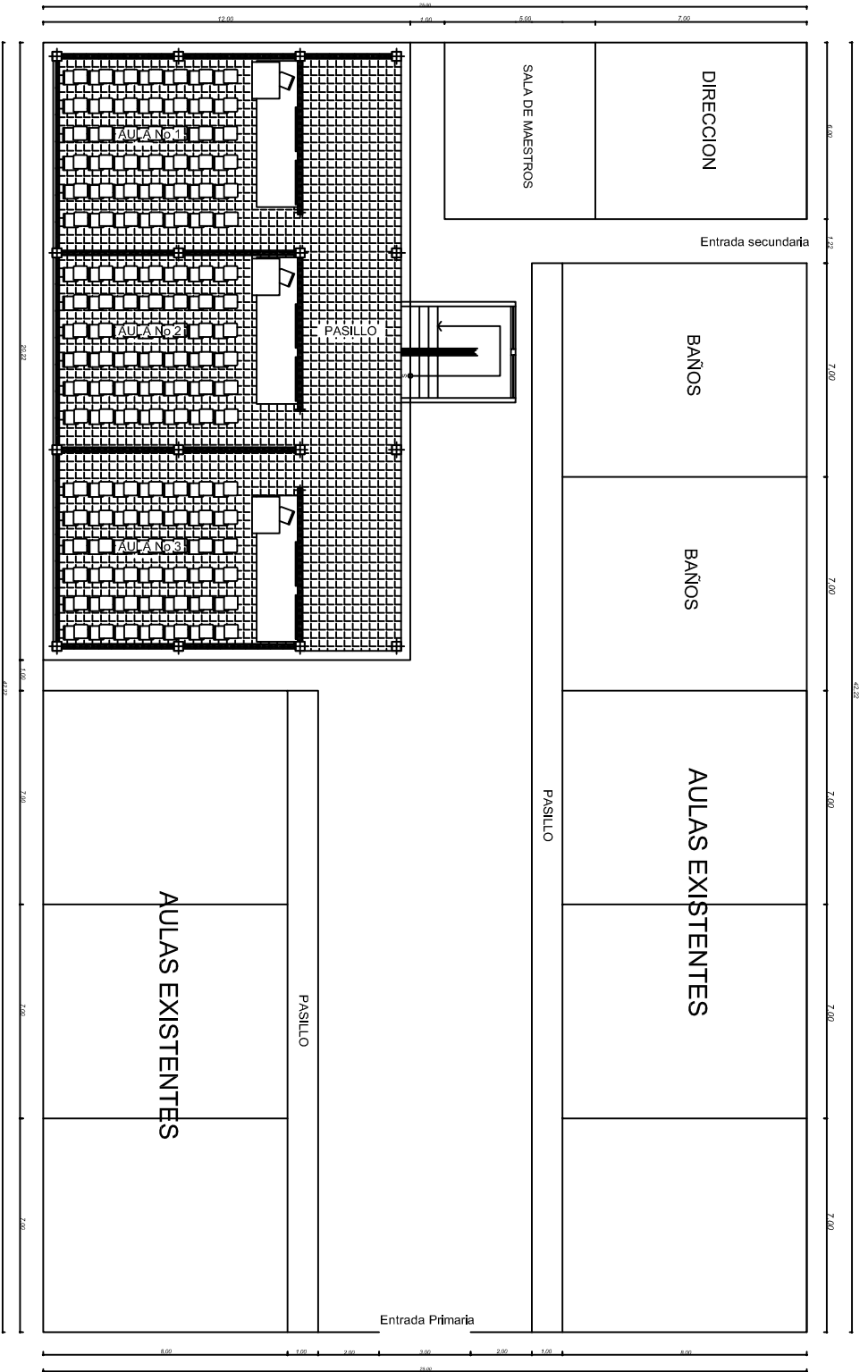
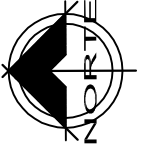
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANALIZOS SANEAMIENTO EN EL PUEBLO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS.

PROFESOR: DR. RICARDO A. HERRERA

ALUMNO: _____

FECHA DE ENTREGA: _____

NOTA No. 7/7



PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA: 1:75



Universidad San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuelas: Forestal, Agrícola

PROFESOR	MÓDULO DE INGENIERIA EN AGRICULTURA
TEMA	ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ACUEDUCTO
FECHA	1/12
PROFESOR	JUAN FRANCISCO
FECHA	1/12

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ o $3,000 \text{ psi}$
 $f_y = 2870 \text{ kg/cm}^2$ o $40,000 \text{ psi}$
 Block Pomez de $f_m = 35 \text{ kg/cm}^2$
 Agregado Grueso = $1/2"$

CARGAS VIVAS UTILIZADAS

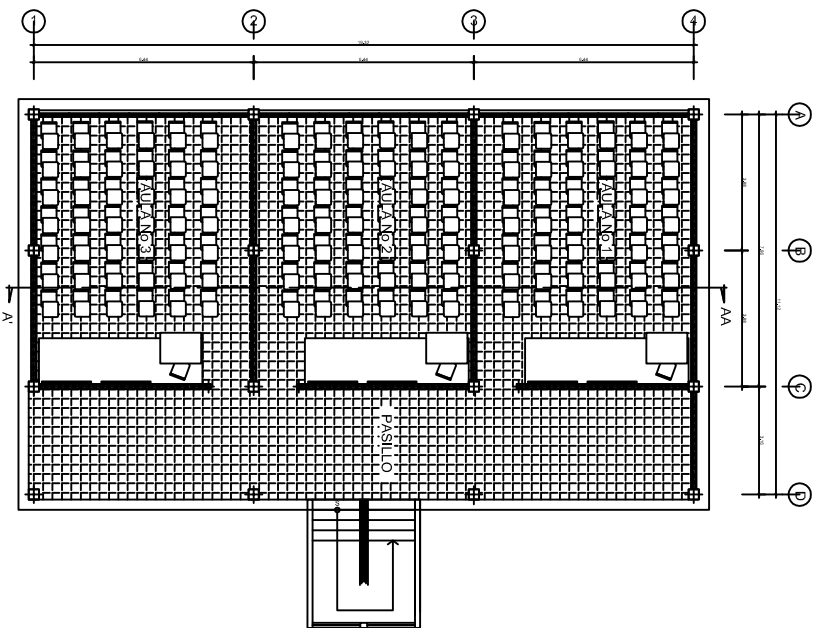
AULAS = 300 kg/cm^2
 PASILLOS = 500 kg/cm^2
 TECHOS = 100 kg/cm^2
 ACABADOS = 80 kg/cm^2

NOTAS:

Prieto a la construcción, realicen ensayo dinamico para verificar valor soporte del suelo.

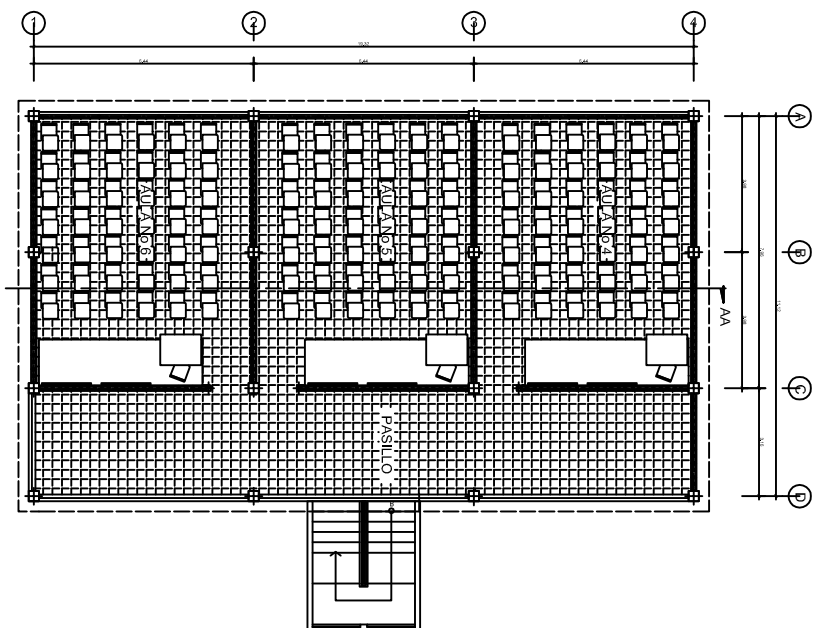
CALIDAD DE LOS MATERIALES

CEMENTO: TIPO I, HECHO CON HERRAJES EN SCORRE DE 42 MRS, DEBEVA DE SER FRESCO Y DE REGENTE PRODUCCION, SE DESHARRA EL CEMENTO QUE HAYA ENFRIADO O QUE HAYA FORMADO GRANULOS EN SU SUPERFICIE.
 ARENA DE RIO:
 LAVADA Y LIBRE DE MATERIA ORGANICA, RAICES, ANIDILAS ETC. SO GRANULOMETRIA DEBE SER CONFORME A LA NORMA ASTM 200.
 UNIFORME, TAMANO MAXIMO PARA EL AGREGADO PARA CIMENTACION O HERRAJE, TAMANO MAXIMO PARA LA RESISTENCIA PARA CIMENTACION REACCIONAR O DEBILITAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.
 CONCRETO DE ACABOS: 0.60 M 20.5 LITROS SACOS DE CEMENTO EL CONCRETO PARA CIMENTACION DEBEN SER MEZCLADOS POR MEDIO MECANICOS YA SEA POR MEZCLADORES DE 1 O 2 SACOS DE CEMENTO O CONCRETO PREMEZCLADO EN CAMIONES.
 PARA LA COLOCACION DEL CONCRETO PARA LAS VIBRADO DEBE SER EN UN ORDEN DE SUPERFICIE PARA LOGRAR UN ACABADO ACORDONAMIENTO.
 -RELACION AGUJERAMENTO PARA ENTARREDORES DEL CONCRETO EMPALMADO PARA ENTARREDORES.
 AL PASAR DE UNO A OTRO, SE DEBE CONSERVAR EL CONTACTO ENTRE LAS SUPERFICIES PARA LOGRAR UN ACABADO UNIFORME QUE NO PRODUCE PROBLEMAS DE ADHERENCIA.



PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75



PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUAYAMA
FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuela Profesional de Sismos

MANUEL TORRES
 INGENIERO

CONSEJO DIRECTIVO

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN CENTRO EDUCATIVO

PROYECTO

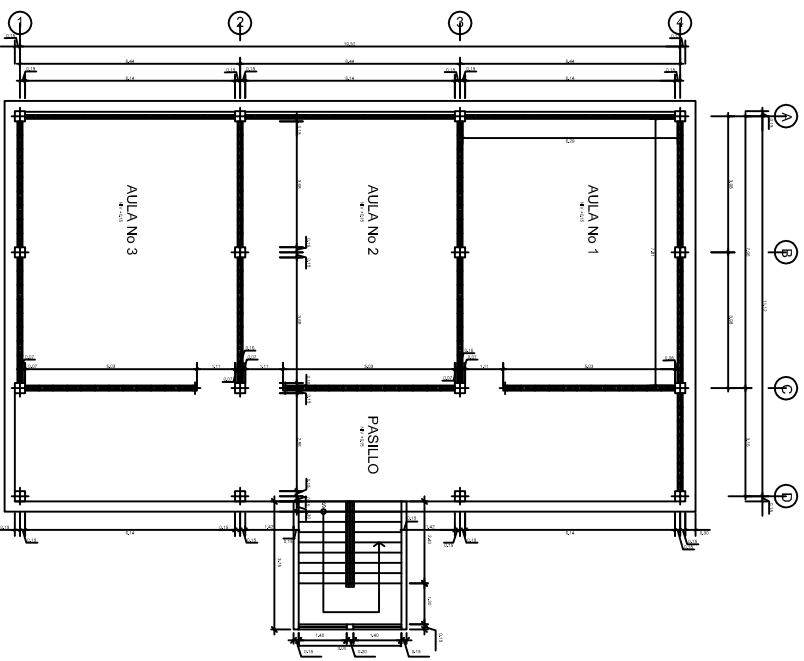
FECHA DE EMISION

FECHA

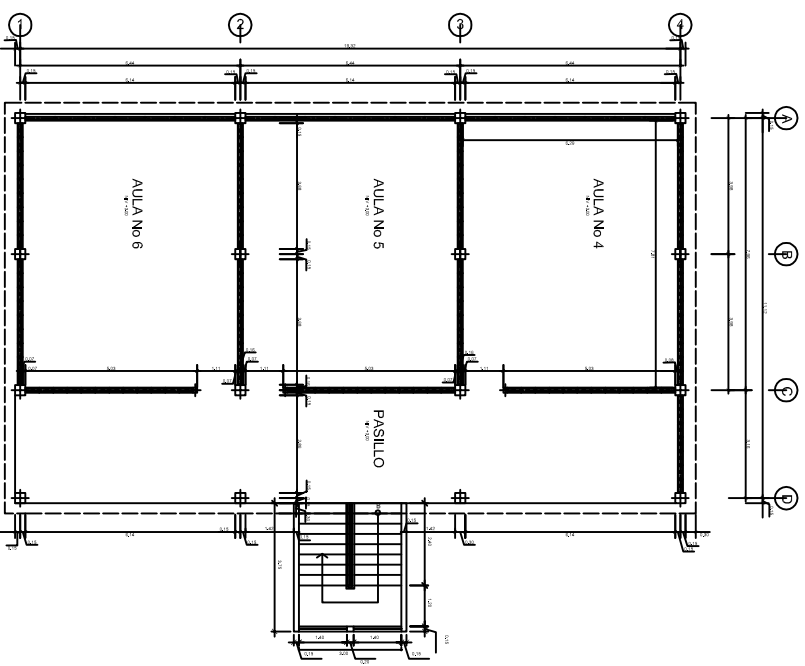
FECHA DE EMISION

FECHA

2/12



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/75



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/75



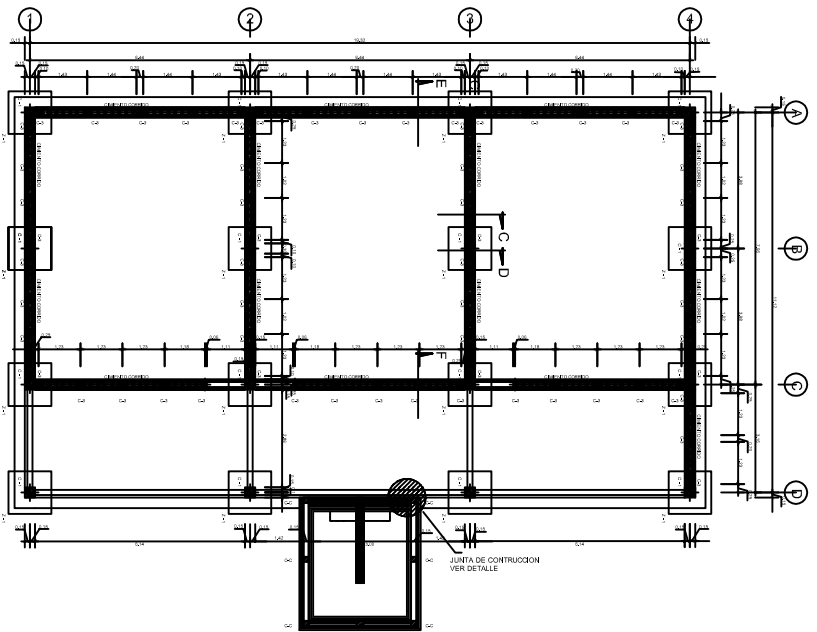
Universidad Simón Bolívar
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional de Ingeniería

MODULO DE DISEÑO
DISEÑO DE ESTRUCTURAS

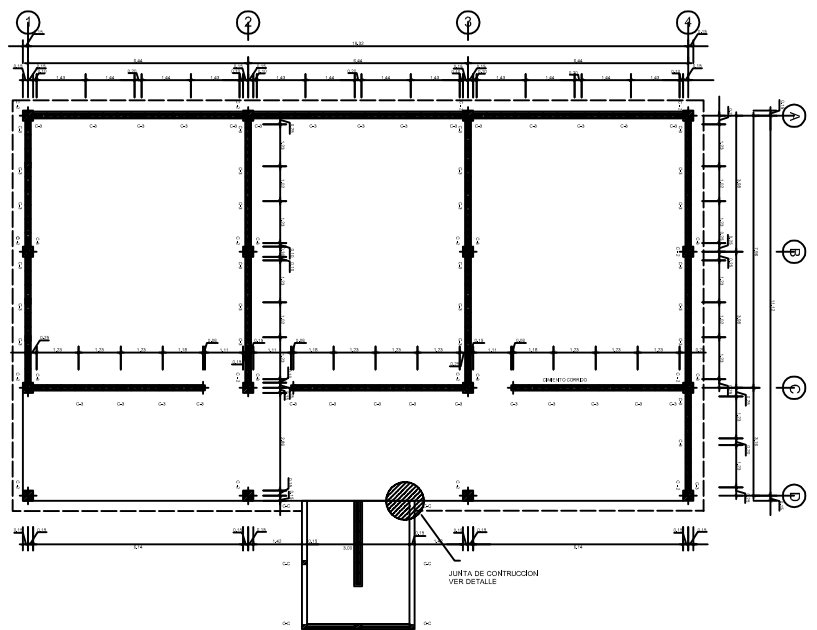
ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACOTADA

PROFESOR: DR. CARLOS...

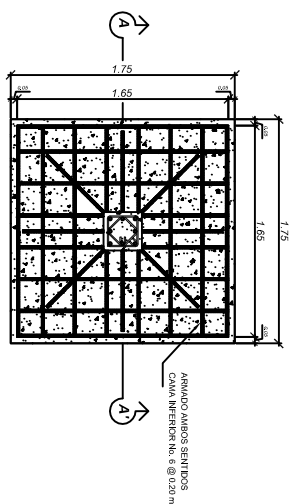
ALUMNO: ...



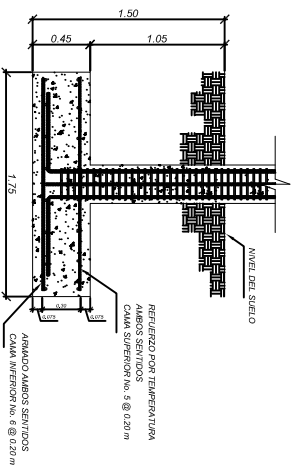
PLANTA DE CIMENTACION
ESCALA: 1:75



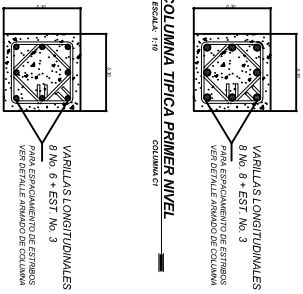
PLANTA DE COLUMNAS
ESCALA: 1:75



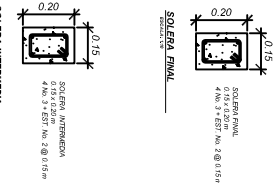
PLANETA ZAPATA
ESCALA: 1:20



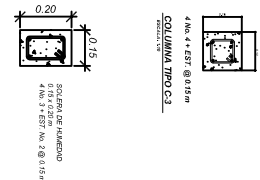
SECCION A-A
ESCALA: 1:20



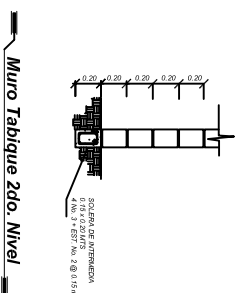
COLUMNA TIPICA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1:10



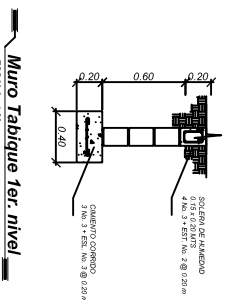
SOLETA FINAL
ESCALA: 1:15



SOLETA TIPICA
ESCALA: 1:15



Muro Tabique 2do. Nivel
ESCALA: 1:20



Muro Tabique 1er. Nivel
ESCALA: 1:20



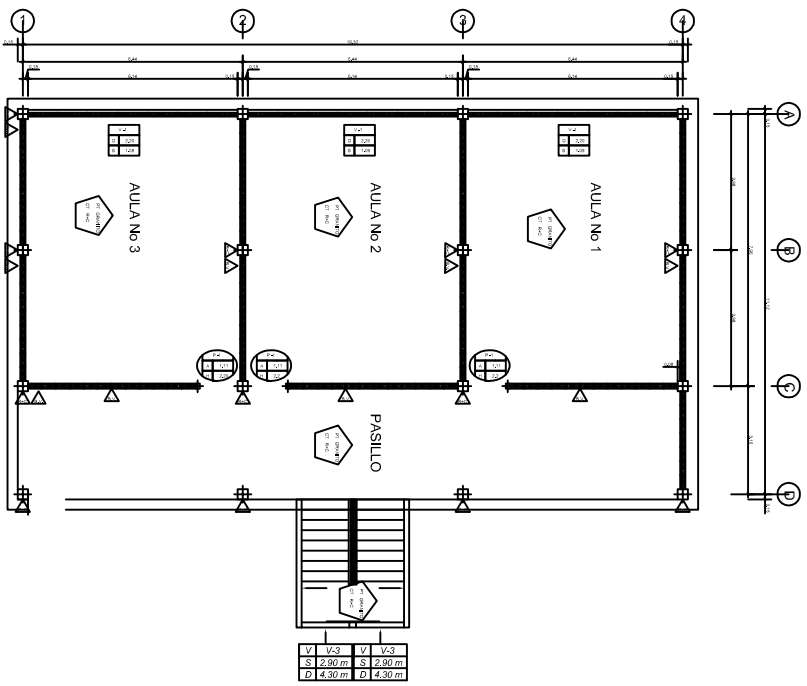
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Ingeniería en Sistemas

INGENIERO EN SISTEMAS
MAGUI PAVI BARRAL
BOB WERRY

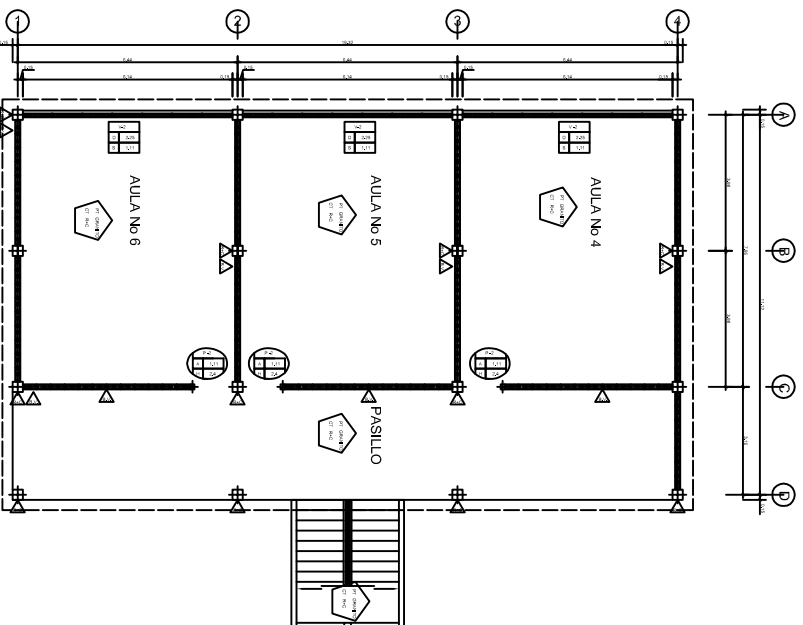
ANEXO DE LA ESCALA 1:200 JARDINES
PLAN DE DISEÑO DE COLUMNAS

FECHA: 11/11/2017
TITULO: DISEÑO DE COLUMNAS Y MUROS TABIQUE

NO. DE PAGINAS: 4/12



PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/75



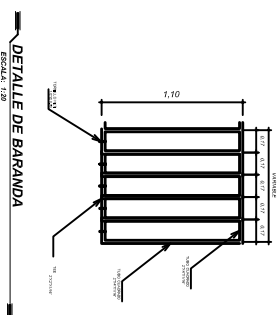
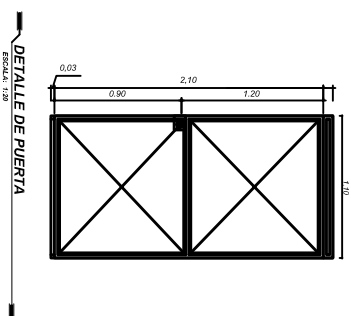
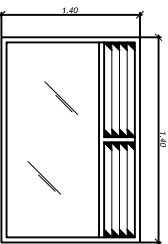
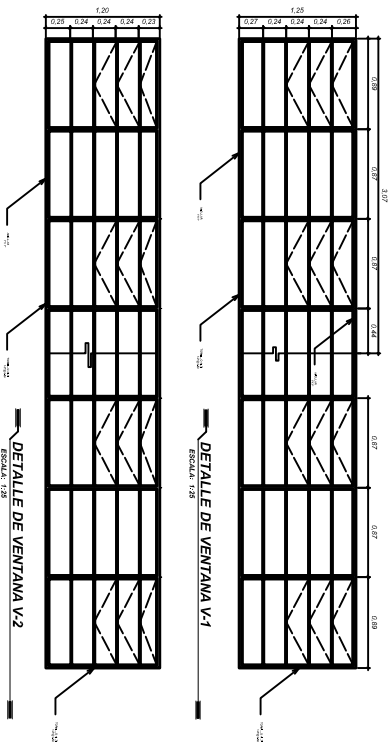
PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/75

PLANILLA DE VENTANAS			
TIPO	DIVTEL	ANCHO	UNIDADES
V-1	2,80m	6,14m	3
V-2	2,80m	6,14m	3
V-3	4,30m	1,40m	2

Continuación de mano derecha de p. 17
* 100% Laminado de 10mm
* 100% Laminado de 3mm

PLANILLA DE PUERTAS			
TIPO	DIVTEL	ANCHO	UNIDADES
PUERTA	2,10m	1,10m	8

MATERIALES: Madera



SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA	
	INDICA ACABADO EN PISO, CIELO Y PARED
	INDICA TIPO DE PUERTA Y ANCHO DE VANO
	INDICA TIPO DE VENTANA, SILAR Y DIVTEL
	PISO GRABATO
	REBILLO Y CERRADO

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional de Ingeniería

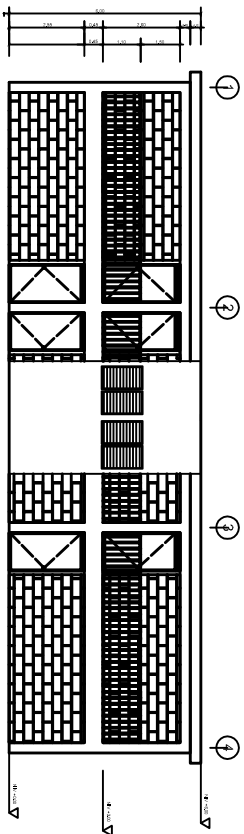
Nombre: _____

Apellido: _____

Matrícula: _____

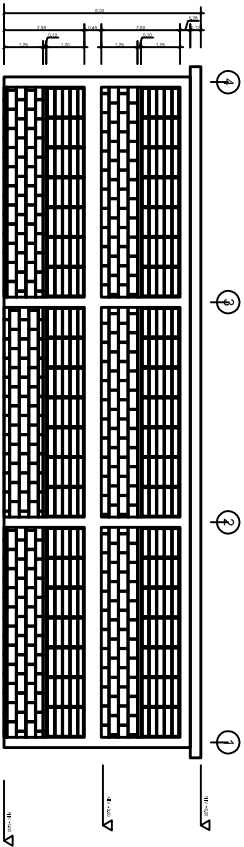
Fecha: _____

Grado: **5/12**



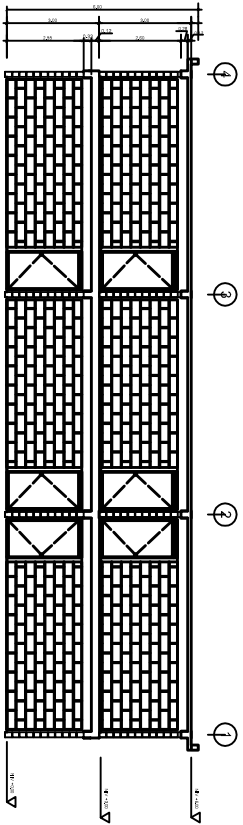
ELEVACION FRONTAL

ESCALA: 1:50



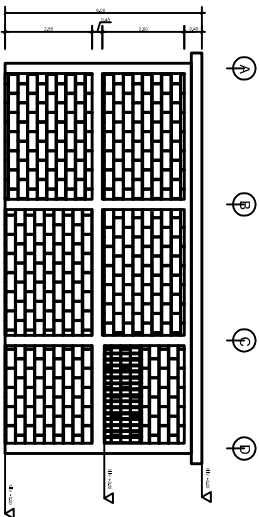
ELEVACION POSTERIOR

ESCALA: 1:50



CORTE AA

ESCALA: 1:50



ELEVACION DERECHA

ESCALA: 1:50



Universidad San Carlos de Calatrava
FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuela Técnica Superior

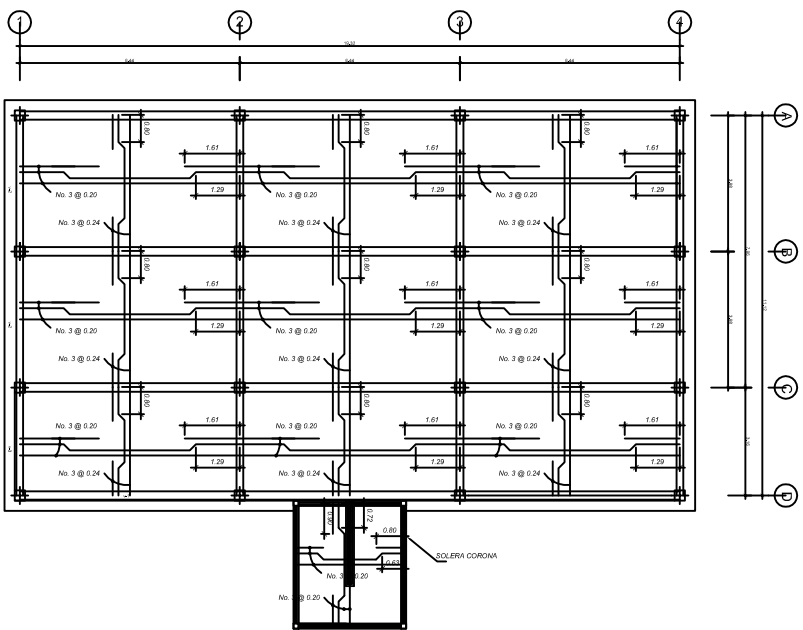
INGENIERIA DE ENFERMERIA

PLAN GENERAL

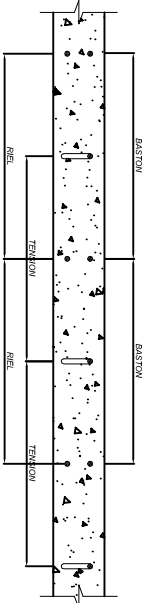
APROBACIÓN DEL PLAN GENERAL

FECHA: 11/11/11

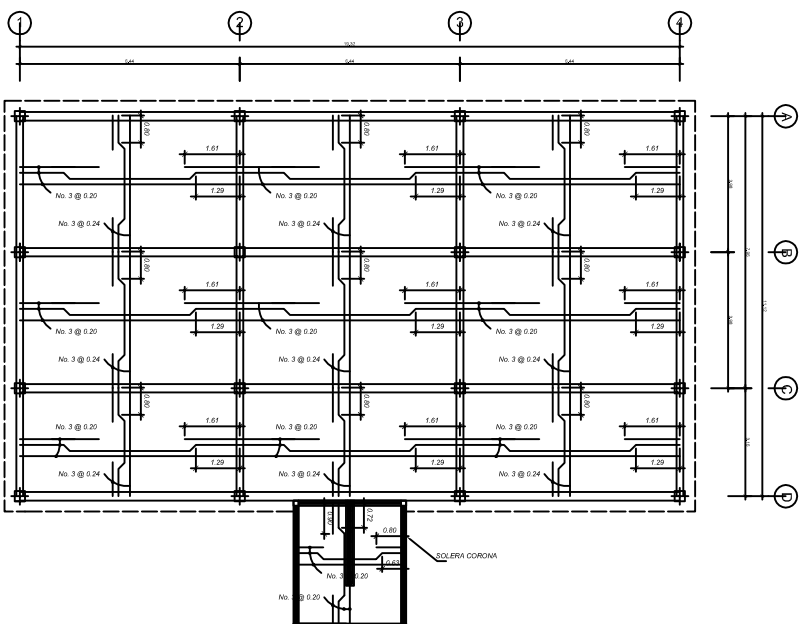
TRAYECTORIA



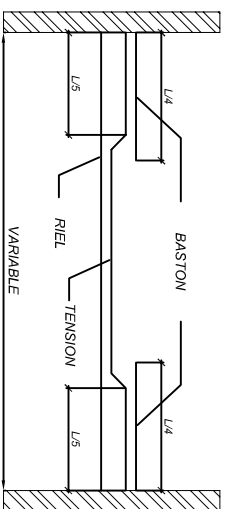
PLANTA DE LOSA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/75



SECCION DE LOSA
SIN ESCALA



PLANTA DE LOSA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/75



PLANTA DE LOSA
SIN ESCALA

RECURRIMIENTOS	
VIGAS	4.00 cm
COLUINAS	3.00 cm
LOSAS	2.50 cm
CIMENTOS	7.5 cm



Universidad San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional de Ingeniería

IDENTIFICACION

INDICACION

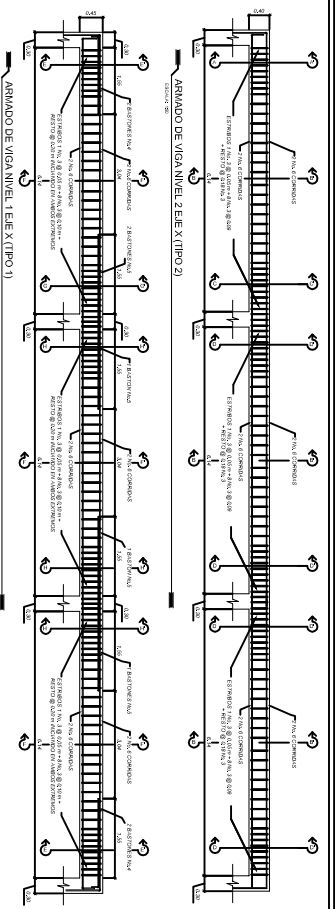
INDICACION

INDICACION

APROBADO POR EL COMITÉ DE CALIFICACION DE TRABAJOS

FECHA DE CALIFICACION

FECHA DE CALIFICACION



ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- f_c = 210 kg/cm² o 3,000 psi.
 - f_y = 2810 kg/cm² o 40,000 psi.
 - Block Pomez de Im = 35 kg/cm².
 - Aggregado Greso = 1/2".
- CARGAS VIVAS UTILIZADAS**
- AULAS = 300 kg/cm²
 - PASOS = 100 kg/cm²
 - TECHOS = 100 kg/cm²
 - ACABADOS = 60 kg/cm²

NOTAS:

Presio a la construcción, realizar ensayo dinamico para verificar valor espante del suelo.

GANCHO STYANDER A 135°

El doblaje del gancho será 4 veces el diametro de la varilla, no menor de 6.5 cm, ni mayor de 10cm.

- TRAPASAPES MINIMOS
- No 3 = 0.35 m
- No 5 = 0.50 m
- No 6 = 0.75 m

Especificaciones de acuerdo al Código ACI - 318-99 y las normas Guatemaltecas ACIES.

Varilla No.	L _{min} -"	2.8 x L _{min} -"	3.3 x L _{min} -"
3	11	31	38
4	14	38	50
5	18	48	63
6	22	54	75

Nota 2: 2.8 x L_{min}

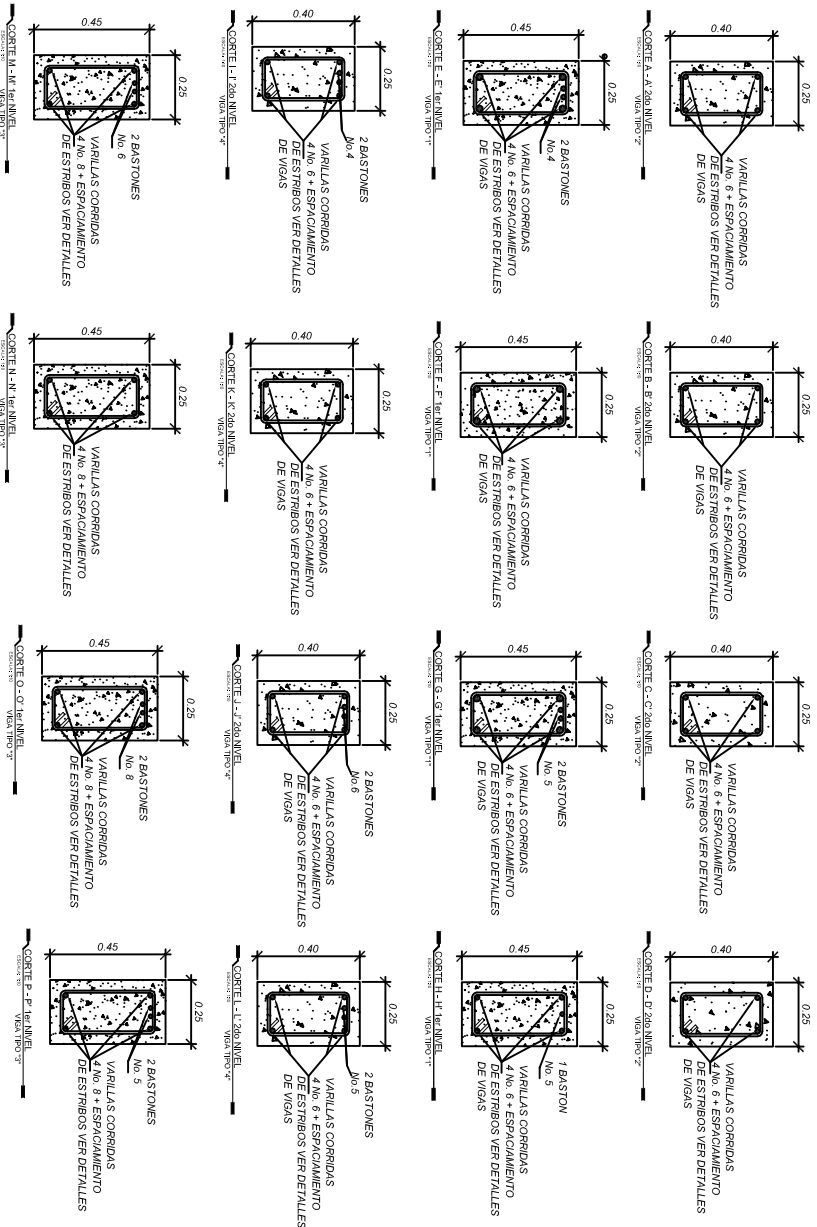
1. Varilla, Lomas y Yocomin.

2. Barrete rebaja a 4 espantos del concreto es = 0.30 m

3. Barrete rebaja 3 espantos del concreto es = 0.30 m

4. Barrete rebaja 2 espantos del concreto es = 0.30 m

Cuadro 2:



GANCHOS DE REFUERZO	CORTE A-A			CORTE B-B			CORTE C-C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
GANCHO	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
6	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
7	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
8	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
9	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
11	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
12	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

QUALIDAD DE LOS MATERIALES:

CEMENTO: TIPO MEDIOGRADO COMÚN, PULVEDINOS EN SACOS DE 42.5kg. EL CEMENTO QUE HAYA ENTRENADO O QUE HAYA FUNDADO GRANULOS POR UNDA INCIÓN

-ARENA DE RIO DE MATERIA ORGÁNICA, RANOS ARCILLAS ETC.

-PIERNA O GRAVA GRAN BASALTA O ANESTICA LAVADA

-SISTEMA DE DRENAJE DEBEN SER UNIFORME

SISTEMA DE DRENAJE DEBEN SER UNIFORME

MAYOR Y PISO DE 12"

DEBEN SER UTILIZADOS OTROS MATERIALES QUE PUEDAN

CONCRETO DE 3000PSI, 0.04/27 8 LITROS/COSOS DE CEMENTO

-EL CONCRETO DEBEN SER MEZCLADOS POR MEDIO

CONCRETO PREMEZCLADO EN COMANES.

-PARA LA COLOCACION DE EL CONCRETO PARA LOSA Y MURDO

DEBEN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO

-SELECCION Y GUARDAMIENTO MAXIMA PERSISITENTE

DEL CONCRETO PRINCIPALMENTE SE PARA POR RIGOROSO CONTINIO CON

ALTA POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

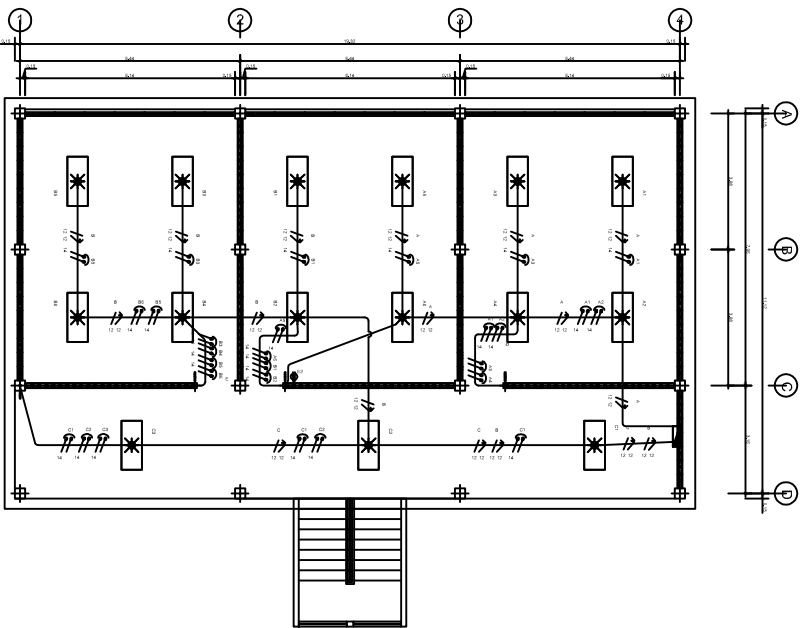
MAYOR POR UN MINIMO DE 30 DIAS OBER POR RIGOROSO CONTINIO CON

UNIVERSIDAD SAN CARLOS GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Eduardo Perales Sanchez

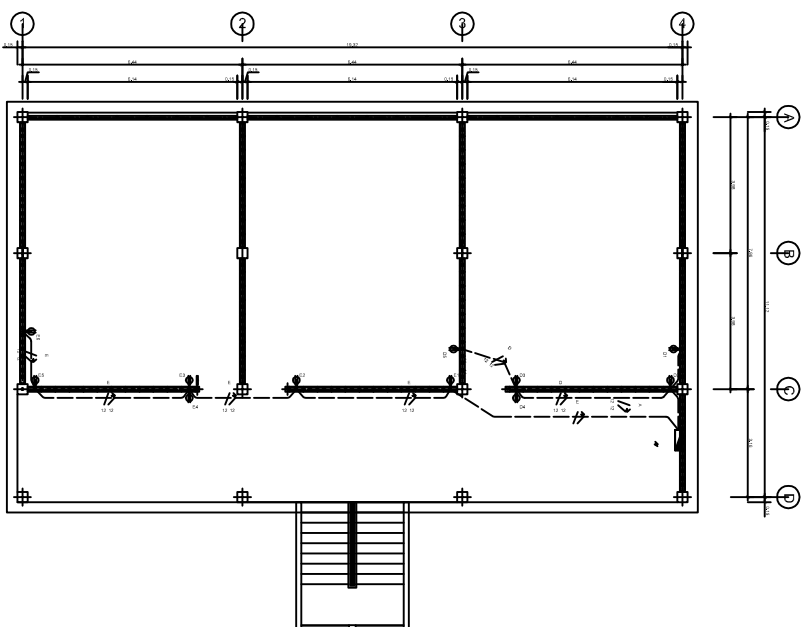


AV. LA PAZ 2310 GUATEMALA

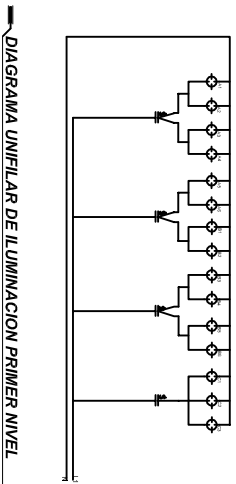
TEL: 2240 8500



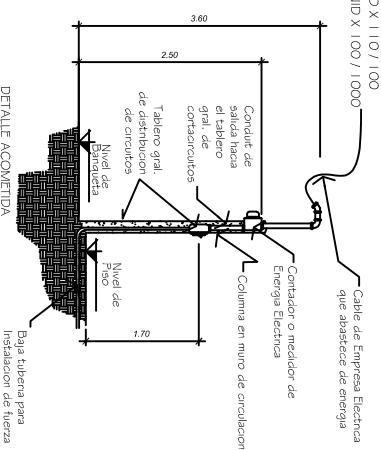
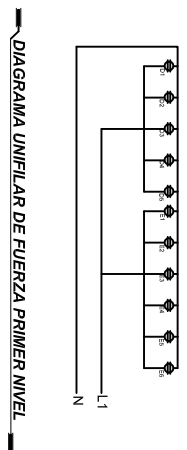
PLANTA DE ILUMINACION PRIMER NIVEL
ESCALA: 1:75



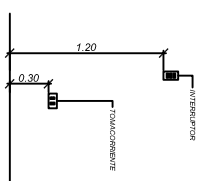
PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1:75



SIMBOLOGIA	
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LAMPARA DE CIELO
	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4"
	LINEA VIVA
	LINEA NEUTRA
	LINEA RETORNO
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	PUENTE 3way



NOTA:
Se recomienda que el tablero general de distribución de circuitos sea colocado a una altura de 1.50 mts. a 1.70 mts. metros sobre el nivel del piso, para evitar que niños manipulen los WPP, o sea o cosas similares.



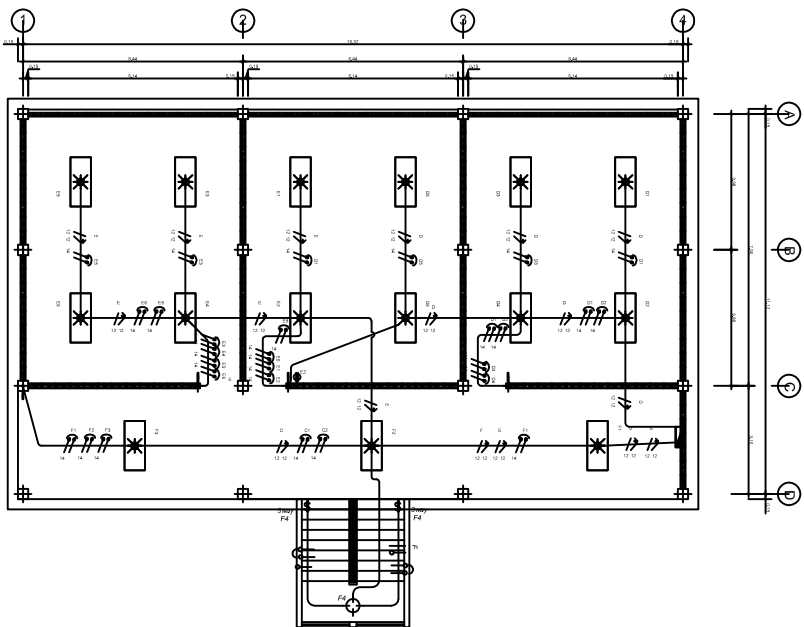
ALTURA TOMAS
ESCALA: 1:100

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional: Sistemas

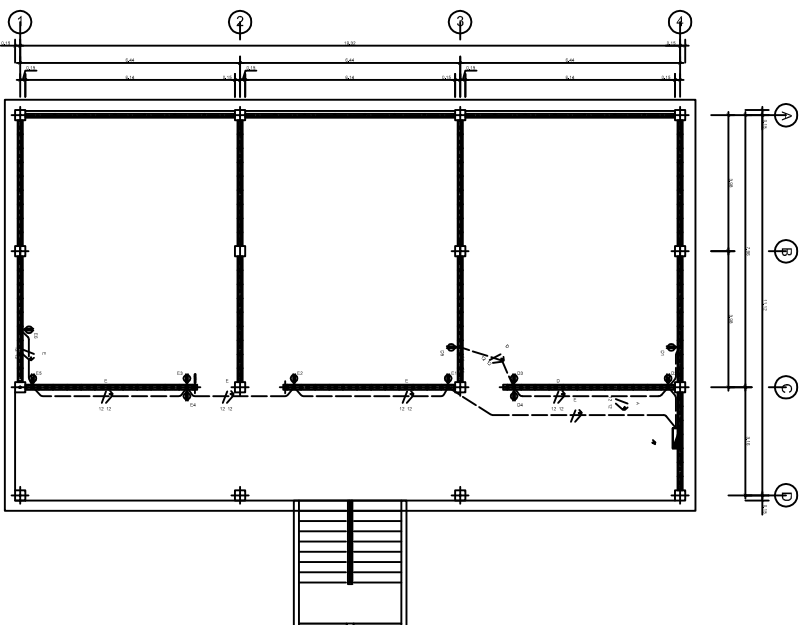
Nombre: **RAFAEL ANTONIO JIMENEZ**

Matrícula: **107/12**

Fecha: **10/12**



PLANTA DE ILUMINACION SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1:75



PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1:75

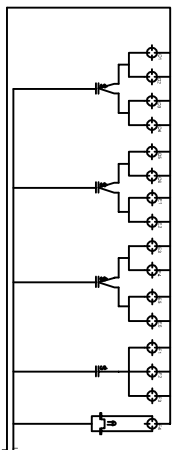


DIAGRAMA UNIFILAR DE ILUMINACION SEGUNDO NIVEL

SIMBOLOGIA	
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LAMPARA DE CIELO
	TUBO PVC ELECTRICO Ø 94"
	LINEA VIVA
	LINEA NEUTRA
	LINEA RETORNO
	INTERRUPTOR SIMPLE INT. 20 S.M.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE INT. 20 S.M.P.T.
	PUENTE 3way

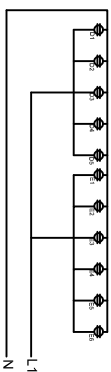
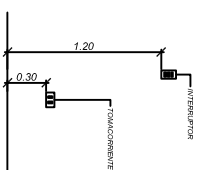


DIAGRAMA UNIFILAR DE FUERZA SEGUNDO NIVEL



ALTIMETRIA
ESCALA: 1:100



Universidad San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional de Ingeniería

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE ENERGÍA

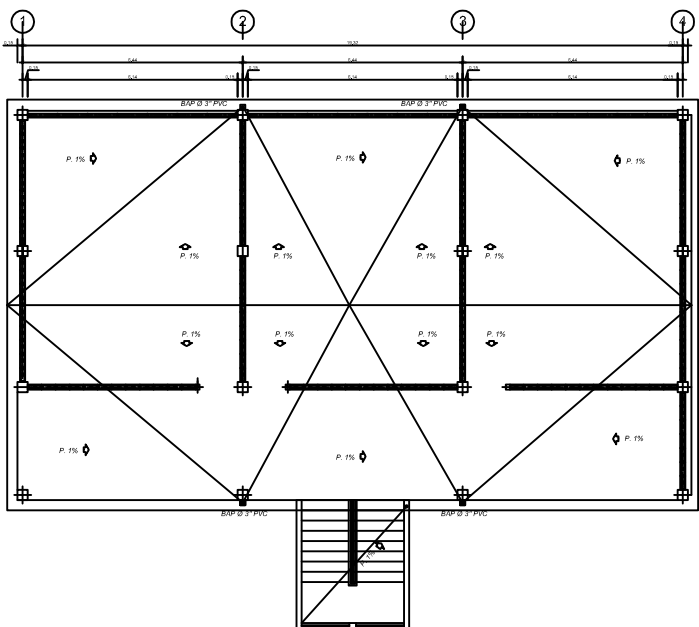
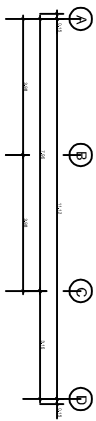
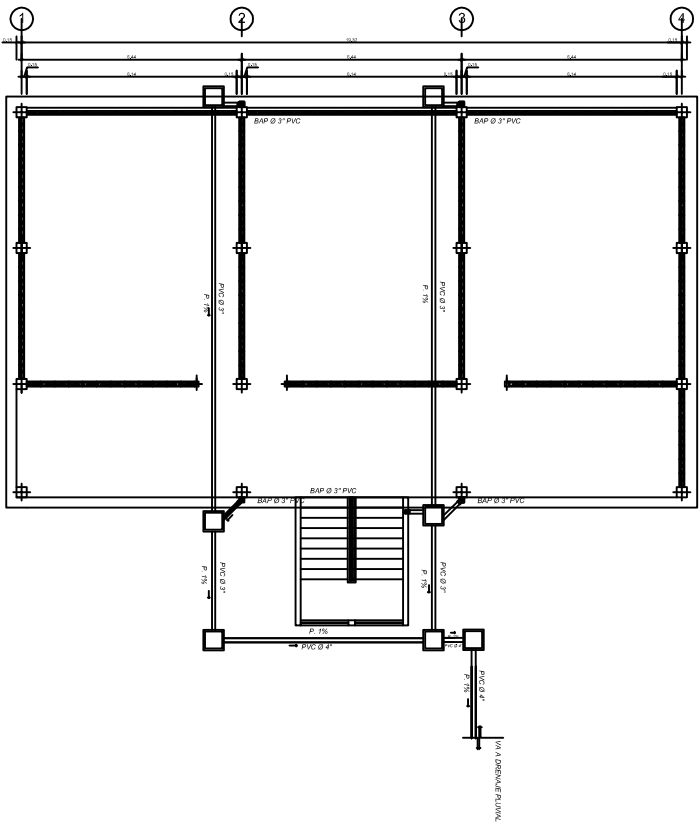
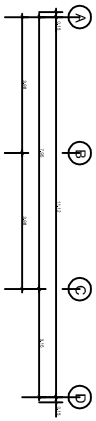
ANÁLISIS DE SISTEMAS DE ENERGÍA

PROFESOR: DR. JUAN CARLOS GARCÍA

ALUMNO: JUAN CARLOS GARCÍA

FECHA: 17/12

17/12



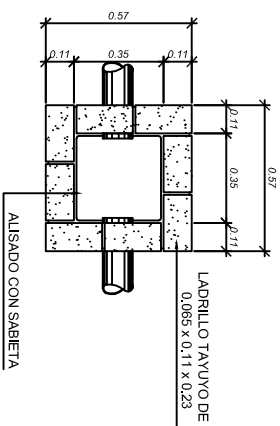
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL PRIMER NIVEL

ESCALA: 1:75

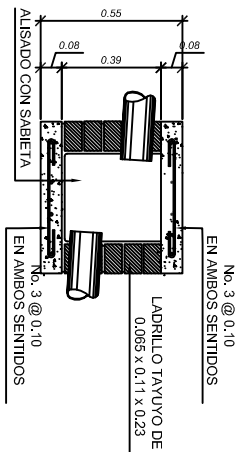
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1:75

SIMBOLOGIA	
	TUBO PVC DE AGUA PLUVIA
	VEE HORIZONTAL
	CODDO 90°
	CODDO 45°
	BALAJA AGUA PLUVIA PVC Ø 3"
	PENSIÓN 1% PEND.
	CAJA UNION



DETALLE DE CAJA UNION
ESCALA: 1:10



SECCION
ESCALA: 1:10



Universidad San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional: Saneamiento

ALUMNO: JUAN CARLOS GONZALEZ

NO. DE IDENTIFICACION: 123456789

ASIGNATURA: DISEÑO DE OBRAS DE SANEAMIENTO

TÍTULO: DISEÑO DE OBRAS DE SANEAMIENTO

FECHA: 12/12