



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA
CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA
LA ALDEA TAGUAYNÍ, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

Guillermo Raymundo Sacahuí Culajay
Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA LA ALDEA TAGUAYNÍ, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUILLERMO RAYMUNDO SACAHÚ CULAJAY
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

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. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
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 CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA LA ALDEA TAGUAYNÍ, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 27 de octubre de 2009.

Guillermo Raymundo Sacahuí Culajay



Guatemala, 20 de enero de 2012
Ref.EPS.DOC.90.01.12

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 **Guillermo Raymundo Sacahú Culajay** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200217434**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA LA ALDEA TAGUAYNI, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**.

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. Ángel Roberto Sic García
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
ARSG/ra



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



Guatemala,
27 de enero de 2012

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 CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA LA ALDEA TAGUAYNI, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Guillermo Raymundo Sacahú Culajay, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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



Guatemala,
 17 de febrero de 2012

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

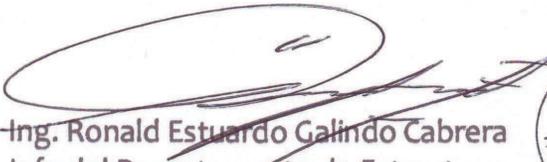
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA LA ALDEA TAGUAYNI, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Guillermo Raymundo Sacahuí Culajay, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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.



Guatemala, 23 de febrero de 2012
Ref.EPS.D.195.02.12

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 CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA LA ALDEA TAGUAYNI, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Guillermo Raymundo Sacahuí Culajay**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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 Zeceña 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



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Guillermo Raymundo Sacahuí Culajay, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA LA ALDEA TAGUAYNI, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril de 2012

/bbdeb.

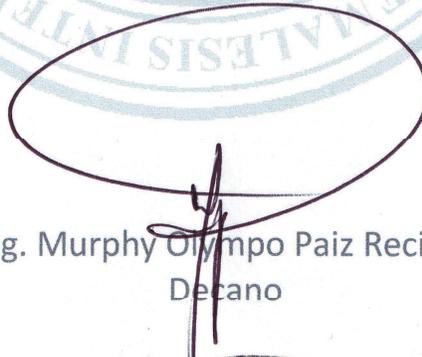
Más de **130** Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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 CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO Y DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA PARA LA ALDEA TAGUAYNÍ, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario **Guillermo Raymundo Sacahuí Culajay**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 13 de abril de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por las bendiciones y sabiduría recibidas en el transcurso de mi vida y permitirme alcanzar este triunfo.
- Mis padres** Guillermo Francisco Sacahuí Pérez y Gloria Antonieta Culajay Avilés, con mucho amor y admiración por el esfuerzo, además del apoyo incondicional que siempre me brindaron para la obtención de este triunfo.
- Mis tíos** Federico, Piedad, Oscar y Elisa (q.e.p.d.), un profundo agradecimiento, a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron a lograr esta hermosa realidad.
- Mi esposa** Marlen Gerónimo Leiva, por todo el amor y el apoyo que me ha brindado; le agradezco la ayuda, orientación y tolerancia que siempre me ha otorgado.
- Mis hermanos** Gloria y Pablo, por ser dos personas que me han brindado siempre su cariño, amistad y apoyo incondicional. Quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes.

Mis abuelos

María Raymunda Pérez (q.e.p.d.) y Raymundo Sacahuí (q.e.p.d.), quienes no pudieron verme llegar a este día, pero confiaron y creyeron en mí; sé que donde estén me acompañan.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Ángel Roberto Sic García	Por brindarme su valiosa asesoría y apoyo incondicional.
Toda mi familia	Por su aprecio y por el apoyo que siempre me han manifestado.
Mis compañeros y amigos	Por compartir momentos inolvidables, formando nuestras vidas hacia el éxito.
La Facultad de Ingeniería	Por haber permitido mi formación académica.
Municipalidad de La Unión, Zacapa	Por la colaboración en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XXIII
RESUMEN	XXIX
OBJETIVOS.....	XXXI
INTRODUCCIÓN	XXXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de La Unión.....	1
1.1.1. Aspectos físico	1
1.1.1.1. Ubicación	1
1.1.1.2. Localización	2
1.1.1.3. División política	2
1.1.1.4. Clima	3
1.1.1.5. Topografía e hidrografía	3
1.1.1.6. Producción agrícola.....	4
1.1.1.7. Población	4
1.1.2. Aspectos de infraestructura.....	4
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 La Unión.....	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 CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO, LA UNIÓN, ZACAPA.....	9
2.1.	Descripción general del proyecto	9
2.2.	Levantamiento topográfico	9
2.2.1.	Planimetría.....	10
2.2.2.	Altimetría.....	10
2.3.	Partes de un alcantarillado.....	10
2.3.1.	Colector	10
2.3.2.	Pozo de visita	11
2.3.3.	Conexiones domiciliarias	12
2.4.	Período de diseño	13
2.5.	Población futura	14
2.5.1.	Método geométrico	14
2.6.	Determinación de caudales.....	14
2.6.1.	Población tributaria	15
2.6.2.	Dotación.....	15
2.6.3.	Factor de retorno al sistema	16
2.6.4.	Caudal domiciliar	16
2.6.5.	Caudal industrial	17
2.6.6.	Caudal comercial	17
2.6.7.	Caudal por conexiones ilícitas	18
2.6.8.	Caudal por infiltración	18
2.6.9.	Caudal medio.....	19
2.6.10.	Factor de caudal medio	19
2.6.11.	Factor de <i>Harmond</i>	20
2.6.12.	Caudal de diseño.....	21
2.7.	Fundamentos hidráulicos	21
2.7.1.	Ecuación de <i>Manning</i> para flujo de canales	22

2.7.2.	Relaciones hidráulicas	22
2.8.	Parámetros de diseño hidráulico	23
2.8.1.	Coeficiente de rugosidad.....	23
2.8.2.	Sección llena y parcialmente llena	24
2.8.3.	Velocidad mínima y máxima	25
2.8.4.	Diámetro colector	25
2.8.5.	Profundidad del colector	25
2.8.6.	Profundidad mínima del colector.....	26
2.8.7.	Ancho de zanja	26
2.8.8.	Volumen de excavación	27
2.8.9.	Cotas invert.....	28
2.8.10.	Ubicación de pozos de visita.....	28
2.8.11.	Profundidad de los pozos de visita.....	29
2.8.12.	Características de las conexiones domiciliarias.....	32
2.8.13.	Diseño hidráulico.....	33
2.9.	Desfogue	38
2.10.	Propuesta de tratamiento	38
2.10.1.	Fosa séptica.....	38
2.10.1.1.	Cálculo de volumen.....	39
2.10.1.2.	Diseño de losa	40
2.10.1.3.	Diseño de muro.....	49
2.11.	Administración, operación y mantenimiento	56
2.12.	Elaboración de planos	56
2.13.	Elaboración de presupuesto	57
2.13.1.	Estudio de tarifa	58
2.13.2.	Valor presente neto.....	60
2.13.3.	Tasa interna de retorno	63
2.14.	Elaboración de estudio de impacto ambiental	64

3.	DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA, ALDEA TAGUAYNÍ, LA UNIÓN, ZACAPA	67
3.1.	Diseño de centro de albergue.....	67
3.1.1.	Descripción del proyecto.....	67
3.1.2.	Descripción del área disponible	67
3.1.3.	Estudio de suelos	67
3.1.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo	68
3.1.4.	Normas para el diseño de edificios.....	69
3.1.4.1.	Criterios generales.....	69
3.1.4.2.	Criterios de conjunto	69
3.1.4.3.	Criterios de iluminación.....	70
3.1.4.4.	Otros criterios.....	72
3.1.5.	Diseño arquitectónico	72
3.1.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno	73
3.1.5.2.	Distribución de ambientes.....	73
3.1.5.3.	Altura del edificio.....	73
3.1.6.	Selección del sistema estructural a usar.....	73
3.1.6.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales	74
3.1.6.2.	Cargas de diseño.....	78
3.1.6.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles	78
3.1.6.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles	82
3.1.6.3.	Análisis de marcos dúctiles por medio de un <i>software</i> , y comprobación por un método de análisis estructural numérico.....	86
3.1.6.3.1.	Comprobación de los resultados por el método de <i>Kani</i>	88

3.1.6.4.	Envolvente de momentos.....	109
3.1.6.5.	Diseño estructural	116
3.1.6.6.	Diseño de losas.....	117
3.1.6.7.	Diseño de vigas.....	127
3.1.6.8.	Diseño de columnas.....	134
3.1.6.9.	Diseño de gradas	147
3.1.6.10.	Diseño de cimientos	156
3.1.6.11.	Diseño de cubierta	169
3.1.6.12.	Diseño de mampostería reforzada por el método simplificado.....	177
3.1.6.12.1.	Consideraciones del análisis ..	177
3.1.6.12.2.	Limitaciones del método simple	178
3.1.6.12.3.	Procedimiento de análisis	179
3.1.6.12.4.	Diseño de cimientos.....	198
3.1.7.	Instalaciones	209
3.1.7.1.	Drenajes.....	209
3.1.7.2.	Agua potable	211
3.1.7.3.	Electricidad.....	212
3.1.8.	Diseño de planos constructivos.....	213
3.1.9.	Presupuesto	214
3.1.10.	Evaluación de impacto ambiental inicial (EIA).....	216
CONCLUSIONES		225
RECOMENDACIONES		227
BIBLIOGRAFÍA.....		229
APÉNDICES		231
ANEXOS		237

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Localización del municipio de La Unión, Zacapa.....	2
2. Pozo de visita	12
3. Conexión domiciliar	13
4. Planta distribución de losas.....	41
5. Planta de distribución de momentos en losas	44
6. Muro de fosa séptica	49
7. Planta típica de edificio.....	75
8. Marco eje 2, cargas verticales y horizontales, eje X.....	87
9. Marco eje B, cargas verticales y horizontales, eje Y	87
10. Marco eje B, carga muerta, eje Y	88
11. Método de Kani, carga muerta, eje Y	97
12. Método de Kani, carga viva, eje Y	98
13. Método de Kani, carga de sismo, eje Y	99
14. Método de Kani, carga muerta, eje X	100
15. Método de Kani, carga viva, eje X.....	101
16. Método de Kani, carga de sismo, eje X.....	102
17. Diagrama de momentos en vigas carga muerta, eje X.....	103
18. Diagrama de momentos en columnas carga muerta, eje X.....	103
19. Diagrama de momentos en vigas carga viva, eje X.....	104
20. Diagrama de momentos en columnas carga viva, eje X.....	104
21. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica, eje X.....	105
22. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica, eje X.....	105
23. Diagrama de momentos en vigas carga muerta, eje Y.....	106

24.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta, eje Y	106
25.	Diagrama de momentos en vigas carga viva, eje Y	107
26.	Diagrama de momentos en columnas carga viva, eje Y	107
27.	Diagrama de momentos en vigas carga sísmica, eje Y	108
28.	Diagrama de momentos en columnas carga sísmica, eje Y	108
29.	Diagrama de momentos últimos en vigas, eje X	112
30.	Diagrama de momentos últimos en columnas, eje X	113
31.	Diagrama de cortes últimos en vigas, eje X	113
32.	Diagrama de cortes últimos en columnas, eje X	114
33.	Diagrama de momentos últimos en vigas, eje Y	114
34.	Diagrama de momentos últimos en columnas, eje Y	115
35.	Diagrama de cortes últimos en vigas, eje Y	115
36.	Diagrama de cortes últimos en columnas, eje Y	116
37.	Planta de distribución de losas.....	117
38.	Planta de distribución de momentos en losas	120
39.	Planta de distribución de momentos balanceados en losa	122
40.	Diagrama de momento y corte en viga eje B	127
41.	Detalle de armado de viga tipo V-3	133
42.	Sección de columnas típicas de nivel	145
43.	Detalle de armado de columnas típicas	146
44.	Distribución momento en gradas.....	150
45.	Detalle de escalera	155
46.	Elevación de zapata	157
47.	Diagrama de esfuerzo cortante	162
48.	Diagrama de esfuerzo corte punzonante	164
49.	Diagrama esfuerzo flexionante.....	166
50.	Detalle de armado de zapata planta	168
51.	Detalle de elevación armado de zapata	169
52.	Área tributaria para el diseño de costaneras.....	171

53. Área tributaria para el diseño de tendales	177
54. Planta de muros	191
55. Cimiento corrido	199
56. Diagrama de corte simple.....	204
57. Diagrama de sección crítica por flexión.....	205
58. Detalle de elevación armado de cimiento corrido.....	208

TABLAS

I. Factores de rugosidad.....	24
II. Profundidad mínima de tubería	26
III. Ancho de zanja, según profundidad del colector.....	27
IV. Datos de diseño	34
V. Cálculo de momentos actuantes en el muro respecto a cero.....	51
VI. Presupuesto de alcantarillado sanitario.....	57
VII. Evaluación de impacto ambiental del alcantarillado sanitario	65
VIII. Resultados finales de factor de giro en cada nudo	93
IX. Balance de momentos.....	122
X. Cuadro de resumen de armado de viga	134
XI. Valores de módulo de sección para costanera	173
XII. Centro de masa.....	192
XIII. Configuración de muros	193
XIV. Configuración de muros	193
XV. Configuración de muros	193
XVI. Cálculo del corte actuante en muros.....	196
XVII. Cálculo de refuerzo en muros	197
XVIII. Cálculo de refuerzo en muro 1	197
XIX. Cálculo de refuerzo en muros 2-3	198
XX. Diseño de línea principal de drenaje	209

XXI.	Diseño de línea principal de agua potable	211
XXII.	Diseño de la instalación eléctrica.....	213
XXIII.	Presupuesto de centro de albergue	214

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Adim	Adimensional
h_i	Altura de pozo de visita
A	Área
As	Área de acero de refuerzo
As_{máx}	Área de acero máximo
As_{mín}	Área de acero mínimo
As_{temp}	Área de acero por temperatura
A_{varilla}	Área de varilla
A_z	Área de zapata
A_g	Área gruesa, área total de la sección
A_t	Área tributaria
P	Carga aplicada a la columna

P'₀	Carga axial de resistencia de la columna
P_u	Carga axial última
P_{CR}	Carga crítica de pandeo de <i>Euler</i>
P'ᵤ	Carga de resistencia de la columna
P'ᵤₓ	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ex
P'ᵤᵧ	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey
P'	Carga de trabajo actuando en la columna
CM	Carga muerta
CU	Carga última
CV	Carga viva
Q	Caudal a sección llena
Q_{com}	Caudal comercial
Q_{ci}	Caudal conexiones ilícitas
q_{dis}	Caudal de diseño
Q_{inf}	Caudal de infiltración

Q_{dom}	Caudal domiciliar
Q_{ind}	Caudal industrial
Q_{medio}	Caudal medio
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
CM	Centro de masa
CMC	Centro de masa combinado
CR	Centro de rigidez
CF	Coefficiente de fricción
K'	Coefficiente de fricción activa y pasiva
n'	Coefficiente de rugosidad, depende del tipo de material de la tubería
C	Coefficiente para el cálculo de momentos en losas
c	Contrahuella
V	Corte basal

$V_{\text{máx}}$	Corte máximo actuante
V_r	Corte resistente
CT	Cota de terreno
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida
ρ	Cuantía de acero
ρ_{bal}	Cuantía de acero balanceada
$\rho_{\text{mín}}$	Cuantía de acero mínima
ρ_w	Cuantía de acero para el área de acero
D_p	Deflexión permisible
D_r	Deflexión real
D	Desplante
\emptyset	Diámetro de la tubería
di	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado

DH	Distancia horizontal
Dot.	Dotación
E	Esbeltez de la columna
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
S_{máx}	Espaciamiento máximo del acero de refuerzo
t	Espesor de losa
e	Excentricidad
F_{cu}	Factor de carga última
f_{qm}	Factor de caudal medio
β_d	Factor de flujo plástico
FH	Factor de <i>Harmond</i>
Ø	Factor de reducción
FR	Factor de retorno
F.S.	Factor de seguridad
F_f	Fuerza de fricción

F_{ni}	Fuerza por nivel, en el nivel i
q'	Gasto de aguas negras
h	Habitantes
H	Huella
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
kg	Kilogramo
kg-m	Kilogramo por cada metro
kg/m²	Kilogramo por metro cuadrado
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
km	Kilómetro
a	Lado corto de la losa
b	Lado largo de la losa
lb	Libras
l	Litros
l/h/año	Litros por habitante por año

l/h/d	Litros por habitante por día
l/s	Litros por segundo
L'	Lodos
L	Longitud
δ	Magnificador de momentos
PVC	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
S_x	Módulo de sección

M_b	Momento balanceado
I	Momento de inercia
M_v	Momento de volteo
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
MP	Momento polar
$M_{(+)}$	Momento positivo
M_u	Momento último
M_x	Momento último actuando en el sentido X
M_y	Momento último actuando en el sentido Y
# com.	Número de comercios
# ind.	Número de industrias
N	Número de personas servidas

s	Pendiente del terreno
d	Peralte efectivo del elemento en sección
P_{losa}	Perímetro de losa
n	Período de diseño
PL	Período de limpieza
T	Período de retención
P_{col}	Peso de la columna
P_{cim}	Peso de la zapata
P_{suelo}	Peso del suelo
γ	Peso específico
P_f	Población futura
P_o	Población inicial
PV	Pozo de visita
P_a	Presión activa
P_p	Presión pasiva

q	Presión sobre el suelo
q_u	Presión última sobre el suelo
plg	Pulgada
R	Reacción en los apoyos
rec	Recubrimiento mínimo
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
V/v	Relación de velocidades
m'	Relación entre los claros de la losa a/b
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto
F_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
V_r	Resistencia al esfuerzo cortante del concreto
K	Rigidez de un elemento
r	Tasa de crecimiento
t	Tonelada

t/m²	Tonelada por metro cuadrado
V	Velocidad del flujo a sección llena
v	Velocidad del flujo dentro de la alcantarilla

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero necesario 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 alturas o cotas siguientes.
Bases de diseño	Bases técnicas utilizadas para la creación de los proyectos, varían de acuerdo con el tipo de proyecto.
Carga muerta	Peso constante 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, en un determinado punto de observación durante un instante.
Cimentación	Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible.
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, para consolidar 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 necesaria para consumo, requerida por una persona en un día.
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Especificaciones	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo con 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 cargas de tensión o compresión, presentando deformaciones uniformes para 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>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 este.
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 La Unión, departamento de Zacapa, posee comunidades que carecen de servicios básicos para la población, en el presente trabajo de graduación se diagnosticaron, analizaron y priorizaron las necesidades de servicios básicos y de infraestructura, aportando soluciones de carácter técnico contenidas en; la fase de investigación y 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 el caserío Oratorio, aldea Campana posea un sistema de drenaje sanitario, por lo que se realizó el diseño del mismo, basándose en especificaciones técnicas correspondientes al tipo y características del proyecto.

Para la aldea Taguaynín, fue necesario la implementación de una obra de infraestructura para usos en casos de emergencia o usos múltiples con oficinas para el comité, por lo que se llevó a cabo el diseño de un centro de albergue.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Oratorio, aldea Campanario y el centro de albergue para eventos de emergencia en la aldea Taguayni, municipio de La Unión, departamento de Zacapa.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura, del municipio de La Unión.
2. Realizar un sistema de alcantarillado sanitario eficiente para evitar enfermedades y la contaminación del medio ambiente, dándoles una mejor calidad de vida a los pobladores del caserío Oratorio.
3. Diseñar el centro de albergue en la aldea Taguayni, para que la población pueda contar con instalaciones seguras en casos de emergencias.
4. Capacitar al personal de la Oficina Municipal de Planificación de la Municipalidad de La Unión, en el uso y manejo del programa Autocad, y a la población en general, para el buen uso y mantenimiento de las obras de infraestructura propuestas.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene el desarrollo de los proyectos realizados durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS–, en el municipio de La Unión, específicamente en el caserío Oratorio, aldea Campanario y la aldea Taguayní, del departamento de Zacapa.

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 del caserío Oratorio y la aldea Taguayní, 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 edificio de dos niveles, 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 La Unión

Municipio fundado el 3 de febrero de 1 904, bajo el mando del presidente Manuel Estrada Cabrera, perteneciendo al departamento de Chiquimula; no fue sino hasta el 9 de marzo de 1 907 que pasó a ser parte del departamento de Zacapa.

1.1.1. Aspectos físicos

El municipio de La Unión se encuentra ubicado en las montañas de la sierra del Merendón, sus comunidades tienen altitudes oscilantes de 800 a 1,500 metros sobre el nivel del mar.

1.1.1.1. Ubicación

El municipio de La Unión, es uno de los diez municipios del departamento de Zacapa, pertenece a la región III, de la zona nororiente del país de Guatemala. Tiene una extensión territorial de 211 kilómetros cuadrados, equivalente al 13 % del territorio departamental, lo separan 75 kilómetros de distancia de la cabecera departamental y 195 kilómetros de la ciudad capital.

Figura 1. **Localización del municipio de La Unión**



Fuente: Google Earth, programa satelital.

1.1.1.2. Localización

Las coordenadas geográficas del centro urbano del municipio, son las siguientes:

Latitud: 14° 57' 57" N

Longitud: 89° 17' 29" O

1.1.1.3. División política

Limita al norte con el municipio de Gualán; al sur con los municipios de Jocotán y Camotán, ambos pertenecientes al departamento de Chiquimula; al

este con la república de Honduras y al oeste con la cabecera departamental de Zacapa.

1.1.1.4. Clima

Según datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la estación más cercana a los proyectos, llamada estación meteorológica de La Unión, se encuentra ubicada en la cabecera municipal, en las siguientes coordenadas: latitud 14°57'57", longitud 89°17'29" y una altura de 1 100 metros sobre el nivel del mar. La precipitación media anual es de 1 650 mm, con una desviación estándar de 650,7 mm y llueve en promedio 117 días al año. Registra una temperatura promedio de 26,70 °C, una temperatura mínima de 19,3 °C y una temperatura media promedio de 23,50 °C, con una desviación estándar de 0,65 °C.

1.1.1.5. Topografía e hidrografía

En la mayor parte del municipio, el terreno es totalmente quebrado, por lo que es sumamente difícil introducir tecnología agraria, cuenta con laderas alrededor de la carretera que conduce a la cabecera municipal y presenta erosiones avanzadas.

La Unión Zacapa, se caracteriza por abastecer de agua a varias comunidades de municipios aledaños; su bosque municipal es considerado como una zona de recarga hídrica de vital importancia para los municipios de Gualán, cabecera departamental de Zacapa, Camotán y Jocotán (departamento de Chiquimula), ya que un gran número de caseríos y aldeas se surten de este recurso para consumo humano, así como para la agricultura y ganadería de la región.

El municipio de La Unión posee 4 sub cuencas, que forman parte del sistema de drenaje de la cuenca del río Motagua, las cuales son: área de captación del río Grande de Zacapa, río Carí, río Guaranjá y río Jocotán (Jupilingo).

1.1.1.6. Producción agrícola

La Unión es uno de los municipios de Zacapa que más produce café, y su economía se mueve a través de este cultivo, por lo que existe aproximadamente un 95% de la población económicamente activa que se dedica al mismo. El resto de la población se dedica al cultivo de granos básicos como maíz y frijol, y en algunas comunidades del municipio la gente se dedica en menor escala a la ganadería.

1.1.1.7. Población

La Unión es el único municipio de Zacapa con población Chortí, cuenta con una población de 25 464 habitantes, según datos obtenidos por la Oficina Municipal de Planificación (OMP) en el 2005, lo que representa el 12% de la población total del departamento de Zacapa. De esta población el 88,00% vive en el área rural y el 12,00 % vive en el área urbana.

1.1.2. Aspectos de infraestructura

A continuación se describe en forma breve lo concerniente a las vías de acceso y servicios públicos con los que cuenta el municipio de La Unión.

1.1.2.1. Vías de acceso

De los 52 centros poblados del municipio de La Unión, 48 se comunican a la cabecera municipal por carretera de terracería, 3 por medio de asfalto y 4 por medio de pavimento.

La cabecera municipal de La Unión, se comunica por carretera asfaltada con la ciudad de Gualán a 30 km de distancia; con la capital de Guatemala a 195 km y con la cabecera departamental de Zacapa a 75 km.

1.1.2.2. Servicios públicos

- Sistema de agua: el servicio de agua potable tiene una cobertura en todo el municipio del 82%; algunos presentando deficiencias debido a que su período de diseño ha caducado, otros que fueron dañados por fenómenos naturales. Como parte de la solución a este problema, la municipalidad ha impulsado el programa de atención municipal, buscando el apoyo de otras instituciones para cubrir la demanda de este vital líquido.
- Salud: este servicio está a cargo del centro de salud tipo “B”, que se encuentra en la cabecera municipal de La Unión; además, existen 5 puestos de salud de este tipo, equipados y con personal calificado en comunidades del área rural.
- Letrinización y saneamiento ambiental: en el municipio de La Unión, de las cincuenta y nueve comunidades del área rural, un 70% posee el servicio de letrización, por medio de letrinas de pozo ventilado, el resto hace sus necesidades fisiológicas al aire libre. En la cabecera municipal de La Unión se cuenta con sistemas de drenajes pluvial y sanitario, con sus

respectivas conexiones domiciliarias, los cuales están en mal estado, debido a que ya han sobrepasado su período de diseño, pero ya existen estudios de factibilidad y diseño final de estos sistemas de drenaje, destinados a satisfacer la demanda actual de la población.

- Educación: la mayoría de centros educativos en el municipio de La Unión, se encuentran en condiciones aceptables, los que mayor problema presentan son los del área rural, ya que los accesos a estos se dificultan en la época de invierno, debido a que no existen calles pavimentadas. Además, por el crecimiento de la población algunos establecimientos ya no se dan abasto con la demanda de estudiantes. En el área urbana existen dos escuelas de educación pre-primaria y dos de educación primaria (dos públicas y dos privadas), así como un instituto de educación básica.

1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de La Unión

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

1.2.1. Descripción de las necesidades

- Sistema de alcantarillado sanitario: la población descarga las aguas negras a las calles, produciendo mal olor y enfermedades.
- Centro de albergue: debido los problemas por los que ha pasado el municipio de La Unión, es necesario la implementación de un albergue

que funcione en situaciones de emergencia y que sirva también como un salón de usos múltiples para la aldea Taguayní.

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 municipio de La Unión, así como la aldea Campanario, caserío Oratorio y aldea Taguayní, por lo que fue necesario proponer una solución 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 del centro de albergue para eventos de emergencia.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO ORATORIO, ALDEA CAMPANARIO, LA UNIÓN, ZACAPA

2.1. Descripción general del proyecto

Consiste en diseñar el sistema de drenaje sanitario, para el caserío Oratorio y aldea Campanario, con una longitud total de 1 399 m, con base en especificaciones técnicas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para beneficiar a 726 habitantes, con un período de diseño de 22 años.

El sistema de alcantarillado sanitario está integrado por pozos de visita, candelas y conexiones domiciliarias, la tubería es de PVC norma ASTM D 3 034 de 6" de diámetro.

Para el desfogue se implementará un tratamiento primario, mediante fosas sépticas, antes de la descarga final.

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, estadal de aluminio de 4 metros y nivel de mano.

2.3. Partes de un alcantarillado

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado sanitario son los siguientes: colectores, pozos de visita y conexiones domiciliarias.

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 de arte de un alcantarillado y son empleados como medio de inspección y limpieza.

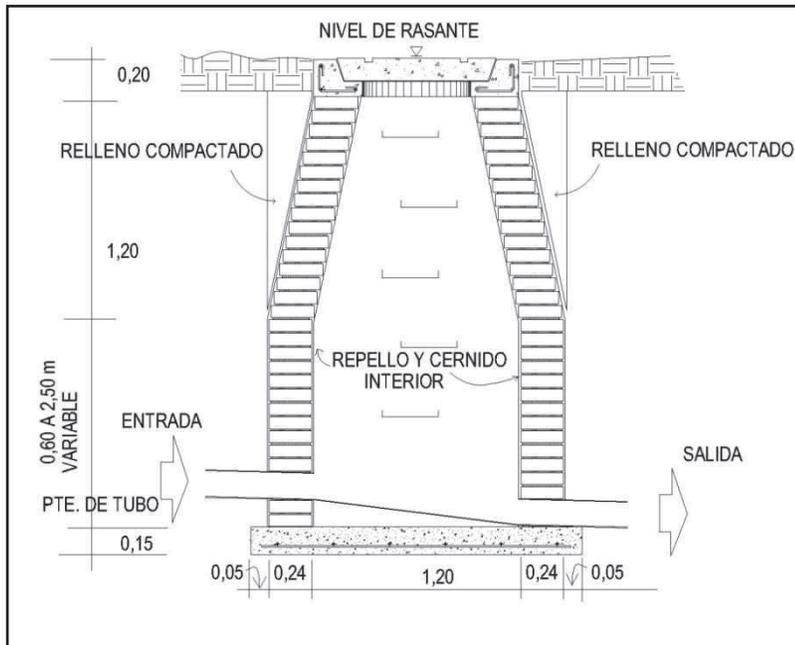
Según las normas generales para el diseño de alcantarillado de INFOM, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- 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

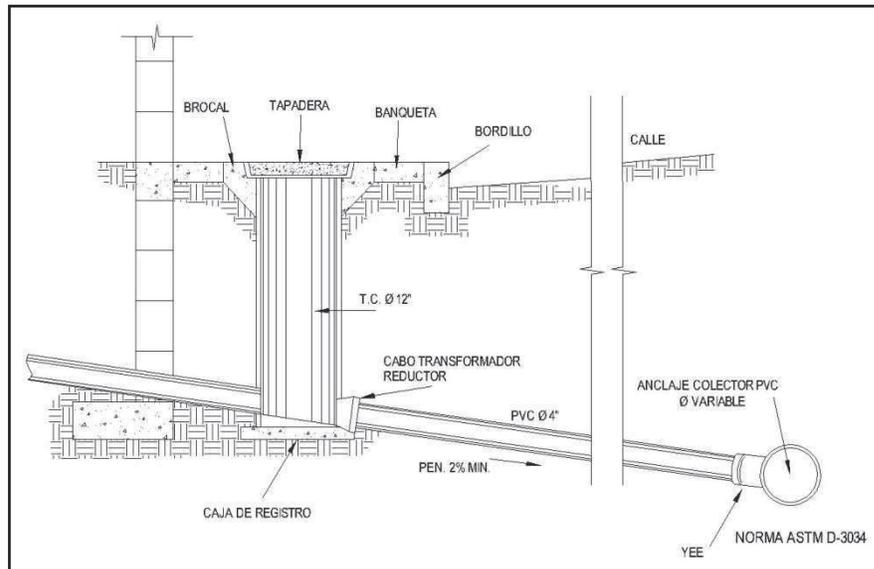


Fuente: elaboración propia.

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 a un punto 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. Las partes de que consta una conexión domiciliar se presentan en la siguiente figura.

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.

Aunque por lo general el período de diseño, es un criterio que adopta el diseñador según sea la conveniencia del proyecto, se da un margen de 2 años adicionales para la gestión del financiamiento e iniciar la construcción del mismo; por lo tanto, el período de diseño del sistema de drenaje sanitario será de 22 años.

2.5. Población futura

Para la estimación del número de habitantes de la población futura a beneficiarse con este proyecto, se utilizó el método del incremento geométrico.

2.5.1. Método geométrico

La estimación futura de la población, se realizó a través del método geométrico; para ello se aplicó una tasa del 3% anual, dato proporcionado por la municipalidad de La Unión.

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

donde:

P_f = población futura

P_o = población inicial = 726 h.

r = tasa de crecimiento = 3%

n = período de diseño = 22 años

$$P_f = 726 * (1 + 0,03)^{22} = 1\ 391\ h$$

2.6. Determinación de caudales

Para determinar el caudal de aguas residuales que se utilizará en el diseño del sistema de alcantarillado, se deben considerar los siguientes factores:

2.6.1. Población tributaria

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

2.6.2. Dotación

La dotación de agua es la cantidad asignada a cada habitante o vivienda, para consumir en un día. Esta se expresa en l/h/d. La dotación debe satisfacer las necesidades de consumo de todos los pobladores, para que desarrollen sus actividades. El consumo de agua está en función de una serie de patrones propios de la localidad que se abastece.

Entre estos factores se pueden mencionar los siguientes:

- Capacidad de la fuente
- Clima
- Nivel de vida
- Características de la población
- Existencia de medidores de agua
- Existencia de alcantarillado
- Presiones de la red y calidad del agua
- Costo del servicio

La dotación que se aplicó para este proyecto es de 150 l/h/d, según normas INFOM para agua potable.

2.6.3. Factor de retorno al sistema

Este factor se determina bajo el criterio del uso del agua de la población, se considera que entre el 75% al 95% del consumo de agua de una población, retorna al alcantarillado.

Sabiendo que el 100% de la dotación de agua potable que entra a una vivienda no regresa al alcantarillado sanitario por razones de uso, infiltración en el suelo y evaporación, es por eso que en este proyecto se utilizó un factor de 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:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot.} * h * \text{FR}}{86\ 400}$$

donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

Dot. = dotación (l/h/d)

h = habitantes

FR = factor de retorno (adim)

$$Q_{\text{dom}} = \frac{150 * 1\ 391 * 0,85}{86\ 400} = 2,05 \text{ l/s}$$

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 estimar dependiendo del tipo de industria, entre 1 000 y 18 000 l/i/d. Debido a que el sector carece de ellos, no se contempla caudal industrial alguno. El caudal industrial se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{ind} = \frac{\# \text{ ind.} * \text{Dot.}}{86\ 400}$$

donde:

Q_{ind} = caudal industrial (l/s)

ind. = número de industrias

Dot. = dotación (l/h/d)

2.6.6. Caudal comercial

Es el agua que ha sido utilizada por comercios, hoteles, restaurantes, oficinas, etc., que por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 y 3 000 l/c/d. Debido a que en el lugar no hay ninguno de este tipo, no se considerará. El caudal comercial se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{com} = \frac{\# \text{ com.} * \text{Dot.}}{86\ 400}$$

donde:

Q_{com} = caudal comercial (l/s)

com. = número de comercios

Dot. = dotación (l/h/d)

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 con la 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.

$$Q_{ci} = 25 \% * Q_{dom}$$

donde:

Q_{ci} = caudal conexiones ilícitas (l/s)

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

$$Q_{ci} = 25 \% * 2,05 = 0,51 \text{ l/s}$$

2.6.8. Caudal por infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra en las alcantarillas, se tomará en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea en relación con la profundidad de las tuberías y el tipo de tubería.

Para tuberías de PVC que tienen poca profundidad, el caudal de infiltración se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = 0,01 * \phi$$

donde:

Q_{inf} = caudal de infiltración (l/s)

\emptyset = diámetro de la tubería (plg)

$$Q_{inf} = 0,01 * 6 = 0,06 \text{ l/s}$$

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:

$$Q_{medio} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{ci} + Q_{inf}$$

donde:

Q_{medio} = caudal medio (l/s)

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

Q_{ind} = caudal industrial (l/s)

Q_{com} = caudal comercial (l/s)

Q_{ci} = caudal conexiones ilícitas (l/s)

Q_{inf} = caudal de infiltración (l/s)

$$Q_{medio} = 2,05 + 0,51 + 0,06 = 2,62 \text{ l/s}$$

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.

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{medio}}}{h}$$

donde:

f_{qm} = factor de caudal medio (l/s/h)

Q_{medio} = caudal medio (l/s)

h = habitantes

$$f_{qm} = \frac{2,61}{1391} = 0,001882 \text{ l/s/h}$$

Como el factor se encuentra por debajo del rango permitido, se tomará el valor próximo 0,002, para efectos de diseño.

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 adimensional y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{h/1000}}{4 + \sqrt{h/1000}}$$

donde:

FH = factor de Harmond (adim)

h = habitantes

$$FH = \frac{18 + \sqrt{1\ 391/1000}}{4 + \sqrt{1\ 391/1000}} = 3,70$$

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.

$$q_{Dis} = FH * f_{qm} * h$$

donde:

q_{Dis} = caudal de diseño (l/s)

FH = factor de Harmond (adim)

f_{qm} = factor de caudal medio (l/s/h)

h = habitantes

$$q_{Dis} = 3,70 * 0,002 * 1\ 391 = 10,29 \text{ l/s}$$

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 sanitario, se emplean canales circulares cerrados, y para evitar molestias 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:

$$V = \frac{0,034\ 29 * \phi^{2/3} * s^{1/2}}{n'}$$

donde:

V = velocidad (m/s)

ϕ = diámetro de la tubería (plg)

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 del máximo posible, $q_{Dis} < Q$

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 misma. Se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor q/Q .

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

2.8. Parámetros de diseño hidráulicos

Con el fin de obtener la optimización hidráulica, se analizaron los siguientes parámetros, que son muy importantes para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario.

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 efectuar 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 regulan la construcción de alcantarillados sanitarios. Entre los cuales se puede mencionar:

Tabla I. 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: Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

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 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:

$$Q = V * A \qquad A = \frac{\pi}{4} * \phi^2$$

donde:

Q = caudal (m³/s)

V = velocidad (m/s)

A = área de tubería (m²)

∅ = diámetro de la tubería (plg)

2.8.3. Velocidad mínima y máxima

La velocidad se determina por la pendiente del terreno, el diámetro y tipo de tubería. Deberá ser mayor a 0,40 m/s como velocidad mínima de arrastre y evitar la sedimentación, y menor que 4 m/s para evitar erosión y desgaste de la tubería.

2.8.4. Diámetro colector

El diámetro de la tubería, es una de las partes que se va a calcular y se deben seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Las normas del INFOM, indican que el diámetro mínimo que se debe 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. Asimismo, es necesario 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 II. Profundidad mínima de tubería

Diámetro	6" y 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	2,00
Tránsito pesado	1,40	1,45	1,55	1,50	1,70	1,80	1,85	2,05	2,20

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (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 III. **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	1,00	1,00	1,10
24	1,10	1,10	1,35

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (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 m³.

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

donde:

V = volumen de excavación (m³)

H₁ = profundidad del primer pozo (m)

H₂ = profundidad del segundo pozo (m)

d = distancia entre pozos (m)

z = factor de hinchamiento del suelo (adim)

2.8.9. Cotas invert

Es la cota o altura de 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, siguiendo estas especificaciones:

- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo de visita es igual al diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida se coloca como mínimo, tres centímetros por debajo de la cota invert de entrada.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro de la que sale, la diferencia de alturas entre cotas invert será como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es mayor que el diámetro de la tubería de salida, la cota invert de salida estará colocada por debajo a 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 dónde se ubicará el alcantarillado, se tomará en cuenta colocar pozos de visita en los siguientes casos o combinación de ellos.

- En cambios de diámetro
- En cambios de pendiente
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”
- En las intersecciones de tuberías colectoras
- En los extremos superiores ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 m en línea recta en diámetros hasta de 24”
- A distancias no mayores de 300 m en diámetros superiores a 24”

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.

$$h = CT - CIS$$

donde:

h = altura de pozo de visita (m)

CT = cota de terreno (m)

CIS = cota invert de salida (m)

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.

$$\phi_A = \phi_B$$

$$CIS = CIE - 0,03$$

donde:

\emptyset = diámetro de la tubería (plg)

CIS = cota invert de salida (m)

CIE = cota invert de entrada (m)

- 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.

$$\phi_A \neq \phi_B$$

$$CIS = CIE - (\phi_A - \phi_B) * 0,0254$$

donde:

\emptyset = diámetro de la tubería (plg)

CIS = cota invert de salida (m)

CIE = cota invert de entrada (m)

- 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.

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

$$CIS = CIE_A - 0,03$$

$$CIS = CIE_B - 0,03$$

donde:

\emptyset = diámetro de la tubería (plg)

CIS = cota invert de salida (m)

CIE = cota invert de entrada (m)

- 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.

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

$$CIS = CIE_A - (\phi_C - \phi_A) * 0,025 \ 4$$

$$CIS = CIE_B - (\phi_C - \phi_B) * 0,025 \ 4$$

donde:

\emptyset = diámetro de la tubería (plg)

CIS = cota invert de salida (m)

CIE = cota invert de entrada (m)

- 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.

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

$$CIS = CIE_A - (\phi_C - \phi_A) * 0,025 \ 4$$

$$CIS = CIE_B - (\phi_C - \phi_B) * 0,025 \ 4$$

donde:

\emptyset = diámetro de la tubería (plg)

CIS = cota invert de salida (m)

CIE = cota invert de entrada (m)

- 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.

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

$$CIS = CIE_B - 0,03$$

$$CIS = CIE_A - (\phi_C - \phi_A) * 0,025 \ 4$$

donde:

ϕ = diámetro de la tubería (plg)

CIS = cota invert de salida (m)

CIE = cota invert de entrada (m)

- Cuando solo una tubería de las que sale es de seguimiento, las demás que salgan del pozo de visita deberán 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 estas conexiones, podría ser de 4" de diámetro de PVC, o de 6" de diámetro si es de concreto, presentando una pendiente que varía del 2% al 6%, que saldrá 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", 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" de diámetro, 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 con las normas que establece el INFOM. En este proyecto, se beneficiará el mayor porcentaje de las viviendas actuales del caserío, debido 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 presentan las bases generales de diseño.

Tabla IV. Datos de diseño

Datos generales	
Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Período de diseño	22 años
Población actual	726 habitantes
Población futura	1 391 habitantes
Tasa de crecimiento	3,00 %
Tipo de tubería	PVC, norma ASTM D-3034
Dotación	150 l/h/d
Factor de retorno	0,85
Densidad de habitantes/vivienda	6 h/vivienda
Velocidad de diseño	0,40 < v ≤ 4 m/s
Factor de caudal medio	0,002
Coeficiente de rugosidad para PVC	0,010
Altura mínima de pozo	1,40 m
Conexión domiciliar	Ø 4", pendiente mínima de 2%

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

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

donde:

s = pendiente del terreno (%)

CT_{inicial} = cota de terreno al inicio del tramo (m)

CT_{final} = cota de terreno al final del tramo (m)

DH = distancia horizontal (m)

$$s = \frac{(100 - 98,23)}{50,94} * 100 = 3,47 \%$$

No. de viviendas actuales

Locales = 8 viviendas

Acum. = 0 + 8 = 8 viviendas

No. de habitantes a servir

Actual = P_o = 6 * 8 = 48 h

Futuro = P_f = 48 * (1 + 0,03)²² = 92 h

Factor de *Harmond*

$$\text{Actual: FH} = \frac{18 + \sqrt{48/1\ 000}}{4 + \sqrt{48/1\ 000}} = 4,32$$

$$\text{Futuro: FH} = \frac{18 + \sqrt{92/1\ 000}}{4 + \sqrt{92/1\ 000}} = 4,25$$

Caudal de diseño

Actual: q_{Dis} = 4,32 * 0,002 * 48 = 0,41 l/s

Futuro: q_{Dis} = 4,25 * 0,002 * 92 = 0,78 l/s

Caudal a sección llena

∅ = 6"

S% = 3,47%

Velocidad

$$V = \frac{0,034\ 29 * 6^{(2/3)} * (3,47/1000)^{(1/2)}}{0,010} = 2,11\ \text{m/s}$$

Área

$$A = \frac{\pi}{4} * (0,152\ 4)^2 = 0,01824\ \text{m}^2$$

Caudal

$$Q = 0,018\ 24 * 2,11 * 1\ 000 = 38,45\ \text{l/s}$$

Chequeo

Actual

$$q_{\text{Dis}} < Q \quad q_{\text{Dis}} < Q = \frac{0,41}{38,45} = 0,001\ 078\ 290$$

$$v/V = 0,334 \quad v = 0,34 * 2,11 = 0,70\ \text{m/s, cumple}$$

$$d/D = 0,075\ 0$$

Futuro

$$q_{\text{Dis}} < Q \quad q_{\text{Dis}} < Q = \frac{0,78}{38,45} = 0,002\ 035\ 070$$

$$v/V = 0,401 \quad v = 0,401 * 2,11 = 0,85\ \text{m/s, cumple}$$

$$d/D = 0,10$$

Cota invert de salida

$$\text{CIS} = \text{CT} - h_m$$

donde:

CIS = cota invert de salida (m)

CT = cota de terreno (m)

h_m = altura mínima de los pozos de visita (m)

$$CIS = 100 - 1,40 = 98,6 \text{ m}$$

Cota invert de entrada

$$CIE = CIS - \frac{DH - s\%}{100}$$

donde:

CIE = cota invert de entrada (m)

CIS = cota invert de salida (m)

DH = distancia horizontal (m)

s = pendiente del terreno (%)

$$CIE = 98,6 - \frac{50,94 * 3,47}{100} = 96,84 \text{ m}$$

Alturas de pozos de visita

$$h_1 = CT - CIS$$

$$h_2 = CT - CIE$$

donde:

$h_1 = h_2$ = altura del pozo de visita al inicio y al final del tramo (m)

CT = cota de terreno (m)

CIS = cota invert de salida (m)

CIE = cota invert de entrada (m)

$$h_1 = 100 - 98,6 = 1,40 \text{ m}$$

$$h_2 = 98,24 - 96,84 = 1,40 \text{ m}$$

2.9. Desfogue

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), establece que todo sistema de alcantarillado sanitario, debe poseer un tratamiento antes de la descarga final hacia un sistema hídrico natural.

2.10. Propuesta de tratamiento

Para este proyecto, se propone un tratamiento primario; para luego ser desfogadas las aguas a la quebrada colorada.

2.10.1. Fosa séptica

Es una estructura de concreto o mampostería reforzada, la cual funciona como un depósito de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado sanitario, en el que quedan retenidos los sólidos en suspensión orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el proceso físico de sedimentación, al proporcionar un tiempo adecuado de permanencia (tiempo de retención).

Los sólidos suspendidos que llegan a la fosa son decantados a través del proceso de sedimentación, separando la materia sedimentable, la cual entra en un proceso de digestión anaeróbica.

Para el diseño de la fosa séptica, se considera un período de retención mínimo de 12 horas, la dotación de lodos hacia la fosa es de 30 a 60 l/h/año.

2.10.1.1. Cálculo de volumen

Parámetros de diseño:

Periodo de retención	24 horas
Dotación	150 l/h/d
Habitantes	1 391 habitantes
Lodos	30 l/h/año
Periodo de limpieza	3 años

Cálculo de caudal:

$$Q = q' * N$$

donde:

Q = caudal (l/d)

q' = gasto de aguas negras (l/h/d)

N = número de personas servidas (h)

$$Q = 150 * 0,85 * 1\ 391 = 177\ 352,50\ \text{l/d}$$

$$Q = 177,352\ 50\ \text{m}^3/\text{d}$$

Cálculo de volumen:

$$V = Q * T$$

donde:

V = volumen (l)

Q = caudal (l/d)

T = período de retención (d)

$$V = 177\ 352,50 * 1 = 177\ 352,50\ \text{l} = 177,35\ \text{m}^3$$

Cálculo de volumen para lodos:

$$V_L = N * L' * PL$$

donde:

V_L = volumen de lodos (l)

N = número de personas servidas (h)

L' = lodos (l/h/año)

PL = período de limpieza (año)

$$V_L = 1\,391 * 30 * 3 = 125\,190 \text{ l} = 125,19 \text{ m}^3$$

Volumen total:

$$V_{\text{Total}} = V + V_L$$

donde:

V_{Total} = volumen total (m^3)

V = volumen (m^3)

V_L = volumen de lodos (m^3)

$$V_{\text{Total}} = 166,29 + 125,19 = 292,11 \text{ m}^3$$

2.10.1.2. Diseño de losa

Para el diseño de la cubierta de la fosa séptica se utilizará una losa plana, la cual se diseñará por el método 3 del código ACI; esta presenta dimensiones externas como se muestra en la figura 4.

Figura 4. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia.

- Coeficiente de momentos

$$m' = \frac{a}{b}$$

donde:

m' = coeficiente de momentos (adim)

a = lado corto de la losa (m)

b = lado largo de la losa (m)

Si $m' < 0.5$ = losa armada en una dirección

Si $0.5 \leq m' \leq 1$ = losa armada en dos direcciones

$$m' = \frac{4,20}{4,40} = 0,95, \text{ se diseña la losa en dos direcciones, caso 6;}$$

- Espesor de losa

$$t = \frac{p_{\text{losa}}}{180}$$

donde:

t = espesor de la losa (m)

p_{losa} = perímetro de la losa (m)

$$t = \frac{2 * (4,40 + 4,20)}{180} = 0,096 \approx 0,10 \text{ cm}$$

- Integración de cargas

Carga muerta última:

$$CM_u = 1,4 * (W_{\text{losa}} + SC)$$

donde:

CM_u = carga muerta última (kg/m^2)

W_{losa} = peso de la losa (kg/m^2)

SC = sobrecarga (kg/m^2)

$$CM_u = 1,4(2\ 400 * 0,10 + 60) = 420 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última:

$$CV_u = 1,7 * (CV)$$

donde:

CV_u = carga viva última (kg/m^2)

CV = carga viva (kg/m^2)

$$CV_u = 1,7 * (100) = 170 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total

$$CU_T = CM_u + CV_u$$

donde:

CU_T = carga última total (kg/m^2)

CM_u = carga muerta última (kg/m^2)

CV_u = carga viva última (kg/m^2)

$$CU_T = 420 + 170 = 590 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de momentos

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

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

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

donde:

M = momentos positivos y negativos (kg-m)

CU_T = carga última total (kg/m^2)

CM_u = carga muerta última (kg/m^2)

CV_u = carga viva última (kg/m^2)

$C_{a-} = C_{b-}$ = coeficiente para momentos negativos debido a carga total

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

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

$$M_{a(-)} = 0,075 * 590 * 4,20^2 = 780,57 \text{ kg-m}$$

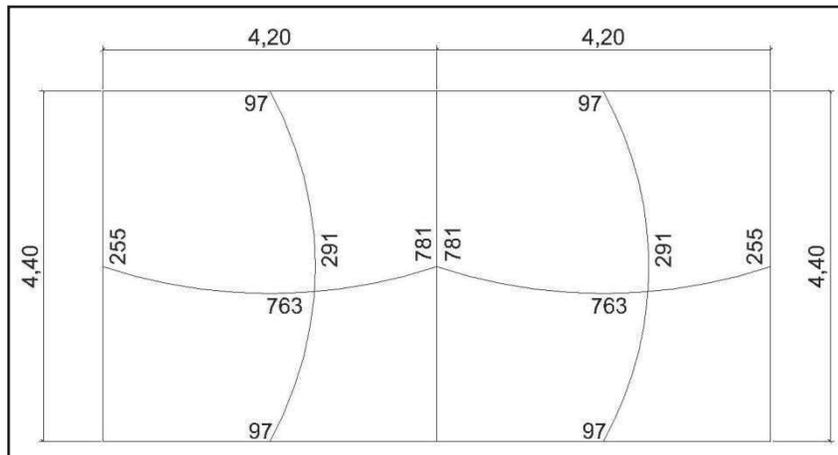
$$M_{a(+)} = 0,086 * 420 * 4,20^2 + 0,038 * 170 * 4,40^2 = 762,22 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(-)} = \frac{762,22}{3} = 254,10 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 0,024 * 420 * 4,20^2 + 0,029 * 170 * 4,40^2 = 290,59 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = \frac{290,59}{3} = 96,86 \text{ kg-m}$$

Figura 5. **Planta de distribución de momentos en losas**



Fuente: elaboración propia.

Diseño de armado de losa: se considera como el diseño de viga con un ancho unitario de 1,00 m, el recubrimiento será de 2,5 cm y el espesor de 10 cm, según el predimensionamiento. Se utilizará varilla No 3.

Cálculo del peralte efectivo

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

donde:

d = peralte efectivo (cm)

t = espesor de losa (cm)

rec = recubrimiento mínimo (cm)

\emptyset = diámetro de la varilla a utilizar (cm)

$$d = 10 - 2,5 - (0,953/2) = 7 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo ($A_{s_{\min}}$) en una losa, se calcula usando un ancho unitario de 1,00 m y una cuantía de acero mínima (ρ_{\min}).

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d$$

donde:

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínima (cm^2)

ρ_{\min} = cuantía de acero mínima (adim)

b = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 7 = 3,51 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento de estribos

$$S = \frac{A_{\text{varilla}} * b}{A_{s_{\min}}}$$

donde:

S = espaciamiento de estribos (cm)

A_{varilla} = área de varilla a utilizar (cm^2)

b = ancho unitario (cm)

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínima (cm^2)

$$S = \frac{0,71 * 100}{3,51} = 20 \text{ cm}$$

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.

$$S_{\text{máx}} = 2 * t$$

donde:

$S_{\text{máx}}$ = espaciamiento máximo de estribos (cm)

t = espesor de losa (cm)

$$S_{\text{máx}} = 2 * 10 = 20 \text{ cm}$$

Momento que resiste el área de acero mínima

$$M_{\text{Asmín}} = \phi * \left[A_s * F_y * \left(d - \frac{A_s * F_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

donde:

$M_{\text{Asmín}}$ = momento que resiste el área de acero mínima (kg-m)

ϕ = factor de reducción (adim)

A_s = área de acero mínima (cm²)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm²)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho unitario (cm)

$$M_{\text{Asmín}} = 0,90 * \left[3,51 * 2810 \left(7 - \frac{3,51 * 2810}{1,7 * 281 * 100} \right) \right] = 591,46 \text{ kg-m}$$

Cálculo de área de acero para momentos mayores

$$A_s = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{F_y}$$

donde:

A_s = área de acero (cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho unitario (cm)

M_u = momento último (kg-m)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$A_s = \left[(7 * 100) - \sqrt{(7 * 100)^2 - \frac{781 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2810} = 4,60 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento de estribos

$$S = \frac{A_{\text{varilla}} * b}{A_{s_{\text{min}}}}$$

donde:

S = espaciamiento de estribos (cm)

A_{varilla} = área de varilla a utilizar (cm^2)

b = ancho unitario (cm)

$A_{s_{\text{min}}}$ = área de acero mínima (cm^2)

$$S = \frac{0,71 * 100}{4,60} = 15 \text{ cm}$$

Las dos losas No 3 @ 0,15 m, ambos sentidos.

Chequeo por corte

- Corte máximo

$$V_{\text{máx}} = \frac{W * l}{2}$$

donde:

$V_{\text{máx}}$ = corte máximo (kg)

W = peso de la losa (kg/m)

l = longitud (m)

$$V_{\text{máx}} = \frac{590 * 4,40}{2} = 1\ 298 \text{ kg}$$

- Corte resistente

$$V_r = 45 * t * \sqrt{f'c}$$

donde:

V_r = corte resistente (kg)

t = espesor de losa (cm)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

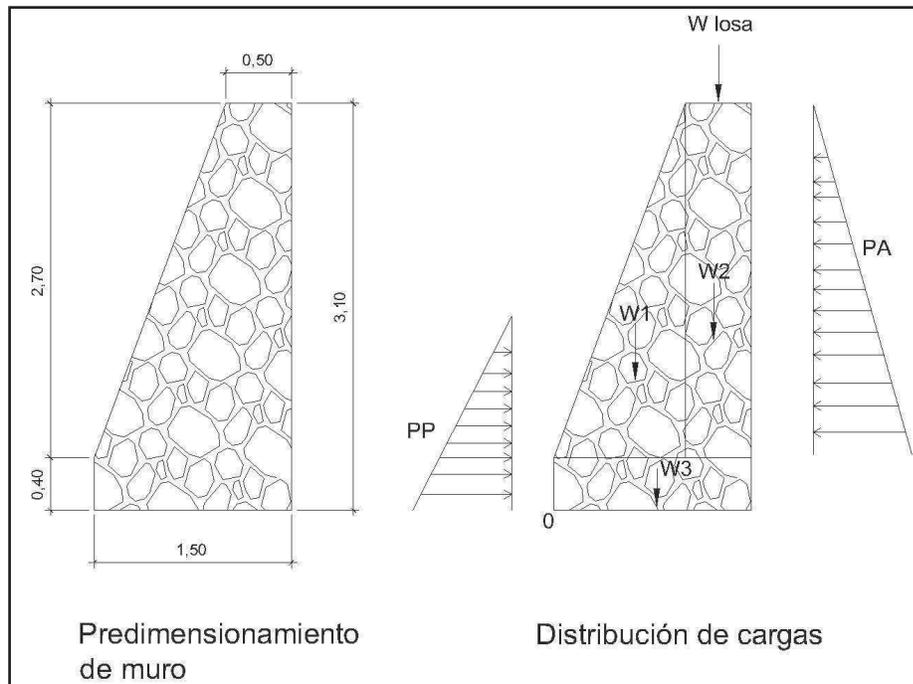
$$V_r = 45 * 10 * \sqrt{281} = 7\ 543,37 \text{ kg}$$

El valor del cortante resistente es mayor al actuante, por lo tanto, es correcto. El armado final se encuentra en el apéndice: plano de planta, secciones y detalles de fosa séptica.

2.10.1.3. Diseño de muro

Por las características geográficas del terreno se diseñaron muros por gravedad, de concreto ciclópeo. Las dimensiones preliminares y datos para su diseño se muestran en la figura 6.

Figura 6. Muro de fosa séptica



Fuente: elaboración propia.

- Carga de losa sobre muro (L)

Se toma el valor uniforme de peso muerto, y se considerará para el cálculo la carga última de la losa, actuando puntualmente sobre el muro, como se muestra en la figura 6.

$$W_{\text{losa}} = \frac{CU_{\text{Total}} * A_t}{l}$$

donde:

W_{losa} = peso de la losa (kg/m)

CU_{Total} = carga última total (kg/m²)

A_t = área tributaria (m)

l = longitud del muro (m)

$$W_{\text{losa}} = \frac{590 * 4,61}{4,40} = 618,16 \text{ kg/m}$$

Se calcula la franja unitaria que actuará sobre el muro

$$L = W_{\text{losa}} * l$$

donde:

L = franja unitaria (kg)

W_{losa} = peso de la losa (kg/m)

l = longitud de 1,00 m

$$L = 618,16 * 1 = 618,16 \text{ kg}$$

Cálculo de las presiones activa (P_a) y pasiva (P_p)

$$P_a = \frac{\gamma_{\text{agua}} * H^2 * K'_a}{2} \qquad P_p = \frac{\gamma_{\text{suelo}} * H^2 * K'_p}{2}$$

donde:

γ = peso específico del agua y del suelo (kg/m³)

H = altura del material considerado (m)

K' = coeficiente de fricción activa (K'_a) y pasiva (K'_p)

ϕ = ángulo de fricción interna

$$K'_a = \frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi}$$

$$K'_p = \frac{1 + \text{sen } \phi}{1 - \text{sen } \phi}$$

$$K'_a = \frac{1 - \text{sen } 27^\circ}{1 + \text{sen } 27^\circ} = 0,376$$

$$K'_p = \frac{1 + \text{sen } 27^\circ}{1 - \text{sen } 27^\circ} = 2,66$$

Sustituyendo valores en las ecuaciones de presiones activa y pasiva tenemos:

$$P_a = \frac{1000 * 3,10^2 * 0,376}{2} = 1806,70 \text{ kg/m}$$

$$P_p = \frac{1800 * 1,75^2 * 2,66}{2} = 7331,60 \text{ kg/m}$$

Tabla V. Cálculo de momentos actuante en el muro respecto a cero

Figura	Área (m ²)	γ_c (kg/m ³)	W (kg/m)	Brazo (m)	Momento (kg-m/m)
1	(1/2)(1,00)(2,70)	2 250	3 037,50	0,67	2 035,10
2	(0,50)(2,70)	2 250	3 037,50	1,25	3 796,90
3	(0,40)(1,50)	2 250	1 350	0,75	1 012,5
L	-----	-----	618,16	1,25	772,70
P _p	-----	-----	7 331,60	0,75	5 498,70
			$W = \sum 15 375,00$		$M_T = \sum 13 116,00$

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo contra volteo

Momento de volteo

$$M_v = \frac{1}{3} * P_a * H$$

donde:

M_v = momento de volteo (kg-m/m)

P_a = presión activa (kg/m)

H = altura total del muro (m)

$$M_v = \frac{1}{3} * 1\,806,70 * 3,10 = 1\,866,90 \text{ kg-m/m}$$

Para que el muro resista el volteo, el factor de seguridad (FS) debe ser mayor de 1.5

$$F.S. = \frac{M_T}{M_v}$$

donde:

F.S. = factor de seguridad (adim)

M_T = momento total (kg-m/m)

M_v = momento de volteo (kg-m/m)

$$F.S. = \frac{13\,116,00}{1\,866,90} = 7,02 > 1,50$$

Esto indica que sí resiste el volteo.

- Chequeo contra deslizamiento

Debido a las características, el suelo contiene arena con cierto contenido de grava y se utiliza un coeficiente de fricción de la siguiente manera:

$$CF = 0,90 * \tan\phi$$

donde:

CF = coeficiente de fricción (adim)

ϕ = ángulo de fricción interna

$$CF = 0,90 * \tan 27^\circ = 0,458$$

Fuerza de fricción

$$F_f = W * CF$$

donde:

F_f = fuerza de fricción (kg/m)

W = peso del muro (kg/m)

CF = coeficiente de fricción (adim)

$$F_f = 15\,375,00 * 0,458 = 7\,050,50 \text{ kg/m}$$

El factor de seguridad debe ser mayor que 1,5 para que el muro pueda soportar el deslizamiento.

$$F.S. = \frac{(P_p + F_f)}{P_a}$$

donde:

F.S. = factor de seguridad (adim)

P_a = presión activa (kg/m)

P_p = presión pasiva (kg/m)

F_f = fuerza de fricción (kg/m)

$$F.S. = \frac{(7\,331,60 + 7\,050,50)}{1\,806,70} = 7,93 > 1,50$$

Esto indica que sí resiste el deslizamiento.

- Chequeo de presiones

El suelo debe resistir todos los efectos de las cargas que prevengan de la estructura, en este caso la capacidad de soporte del suelo V_s es de 28 t/m^2 , de acuerdo con los valores asignados por el tipo de suelo.

$$X = \frac{M_T - M_v}{W}$$

donde:

X = distancia hasta el nivel de referencia (m)

M_T = momento total (kg-m/m)

M_v = momento de volteo (kg-m/m)

W = peso del muro (kg/m)

$$x = \frac{13\,116,00 - 1\,866,90}{15\,375,00} = 0,73 \text{ m}$$

Cálculo de la excentricidad

$$e = \frac{L}{2} - X$$

donde:

e = excentricidad (m)

L = longitud de la base del muro (m)

X = distancia hasta el nivel de referencia (m)

$$e = \frac{1,50}{2} - 0,73 = 0,02 \text{ m}$$

$$q = \frac{W}{L} \pm 6 * e * \frac{W}{L^2}$$

donde:

q = capacidad soporte (kg/m²)

W = peso del muro (kg/m)

L = longitud de la base del muro (m)

e = excentricidad (m)

$$q = \frac{15\,375,00}{1,50} \pm 6 * 0,02 * \frac{15\,375,00}{1,50^2}$$

$$q_{\text{máx}} = 11\,070,00 < V_s$$

$$q_{\text{mín}} = 9\,430,00 > 0$$

De acuerdo con estos resultados, el muro resiste las cargas a las que estará sujeto y el suelo resiste la presión ejercida por el muro.

2.11. Administración, operación y mantenimiento

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 de 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 existen 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 esta, esperando que 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 acumulados 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 esta deberá conservarse en buen estado para un funcionamiento correcto.

2.12. 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, conexión domiciliar y detalle de fosa séptica. Ver apéndice, sección de planos constructivos, sistema de alcantarillado sanitario.

2.13. Elaboración de presupuesto

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

Tabla VI. **Presupuesto de alcantarillado sanitario**

ALDEA CAMPANARIO, LA UNIÓN, ZACAPA					
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO ORATORIO					
No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario (Q).	Total (Q).
1	Replanteo topográfico	m	1 399,10	3,82	5 347,36
2	Excavación	m ³	2 706,80	34,13	92 369,55
3	Tubería de 6" de diámetro	m	1 399,10	212,75	297 658,08
4	Relleno y compactación	m ³	2 706,80	42,31	114 517,13
5	Conexiones domiciliarias	Unidad	121,00	2 159,44	261 291,97
6	Pozo de visita	Unidad	48,00		
6,1	Pozo de visita ≤ 3,00 m	Unidad	38,00	5 039,67	191 507,60
6,2	Pozo de visita > 3,00	Unidad	10,00	10 286,06	102 860,63
7	Fosa séptica	Unidad	4,00	125 950,08	503 800,34
8	Caja derivadora de caudal	Unidad	1,00	10 060,25	10 060,25
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q	1 569 352,65

Fuente: elaboración propia.

2.13.1. Estudio de tarifa

Para el establecimiento de la tarifa, se tomaron en cuenta los siguientes costos:

- Costo de operación: es el costo que representa el pago mensual al fontanero por la inspección y el buen funcionamiento de todo el sistema. Este se calcula tomando en cuenta el pago por jornal en el municipio de La Unión, que es de 30,00 Q/día y las prestaciones de ley que representan un 66%.

$$SM = J * D * FP$$

donde:

SM = salario mensual (Q)

J = jornal (Q/día)

D = días

FP = factor de prestaciones (adim)

$$SM = 40 * 30 * 1,66 = Q. 1 992,00$$

- Costo de mantenimiento: este costo servirá para la compra de materiales del proyecto, en caso de que sea necesario cambiar los ya instalados o para la ampliación de los mismos. Se estima como el 4 por millar del costo total del proyecto.

$$M = \frac{0,004 * C_{Total}}{n}$$

donde:

M = costo de mantenimiento (Q)

CTotal = costo total del proyecto (Q)

n = período de diseño (año)

$$M = \frac{0,004 * 1\,569\,352,65}{22} = Q. 285,34$$

- Costo de administración: representa el fondo que servirá para gastos de papelería, sellos, viáticos, etc. Se estima que es el 15% de la suma de los dos anteriores.

$$A = 15\% * (O + M)$$

donde:

A = costo de administración (Q)

O = costo de operación (Q)

M = costo de mantenimiento (Q)

$$A = 0,15 * (1\,992,00 + 285,34) = Q. 341,60$$

- Costo de reserva: se le denomina a una reserva de dinero para cualquier imprevisto que afecte al proyecto, el cual será el 12% de la suma de los costos de operación y mantenimiento.

$$R = 12\% * (O + M)$$

donde:

R = costo de reserva (Q)

O = costo de operación (Q)

M = costo de mantenimiento (Q)

$$R = 0,12 * (1\,992,00 + 285,34) = Q. 273,28$$

- Tarifa calculada: es la suma de los costos anteriores, dividido el número de viviendas:

$$T = \frac{O + M + A + R}{\#_{\text{viviendas}}}$$

donde:

T = tarifa (Q)

O = costo de operación (Q)

M = costo de mantenimiento (Q)

A = costo de administración (Q)

R = costo de reserva (Q)

#_{viviendas} = cantidad de viviendas actuales

$$T = \frac{1\,992,00 + 285,34 + 341,60 + 273,28}{121} = \text{Q. } 23,90$$

De acuerdo con el cálculo de la tarifa mensual, se determinó una cuota máxima de Q 23,90 mensual, la cual cubrirá los gastos del fontanero incluyendo sus prestaciones, los costos del mantenimiento del sistema, así como otros gastos que puedan surgir para el buen funcionamiento del mismo.

2.13.2. Valor presente neto

Se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar todos los movimientos monetarios de un proyecto a través del tiempo, a valores actuales, para determinar la rentabilidad al término del periodo de funcionamiento; la tasa de interés, corresponde a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es del 11%.

Debido a la característica del proyecto, esta inversión no es recuperable y deberá ser financiada por alguna institución. Para el análisis del VPN este rubro no se considerará debido a que debe analizarse si el proyecto es autosostenible o no.

- Cálculo de costo de operación y mantenimiento anual (CA) y valor presente (VP)

$$CA = (O + M + T + A + R) * 12$$

donde:

CA = costo de operación y mantenimiento (Q)

O = costo de operación (Q)

M = costo de mantenimiento (Q)

A = costo de administración (Q)

R = costo de reserva (Q)

$$CA = (1\,992,00 + 285,34 + 341,60 + 273,28) * 12 = Q. 34\,707,00$$

$$VP_{CA} = CA * \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right]$$

donde:

VP_{CA} = valor presente del costo de operación y mantenimiento anual (Q)

i = tasa de interés (%)

n = período de diseño

$$VP_{CA} = 34\,707,00 * \left[\frac{(1 + 0,11)^{22} - 1}{0,11 * (1 + 0,11)^{22}} \right] = Q. 283\,752,43$$

- Cálculo de tarifa poblacional anual (TPA) y valor presente (VP)

$$TPA = T * \#_{\text{viviendas}} * 12$$

donde:

TPA = tarifa poblacional anual (Q)

T = tarifa (Q)

$\#_{\text{viviendas}}$ = cantidad de viviendas actuales

$$TPA = 29,90 * 121 * 12 = Q. 34 703,00$$

$$VP_{TPA} = TPA * \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right]$$

donde:

VP_{TPA} = valor presente de la tarifa poblacional anual (Q)

TPA = tarifa poblacional anual (Q)

i = tasa de interés (%)

n = período de diseño (año)

$$VP_{TPA} = 34 703,00 * \left[\frac{(1 + 0,11)^{22} - 1}{0,11 * (1 + 0,11)^{22}} \right] = Q. 283 721,03$$

El valor presente neto estará dado por la diferencia de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el periodo de funcionamiento del sistema.

$$VPN = I - E$$

donde:

VPN = valor presente neto (Q)

I = VP_{CA} = valor presente del costo de operacion y mantenimiento anual (Q)

E = VP_{TPA} = valor presente de la tarifa poblacional anual (Q)

$$VPN = 283\,752,43 - 283\,721,03 = Q. 31,40$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el periodo de funcionamiento.

2.13.3. Tasa interna de retorno

Es utilizado para evaluar el rendimiento de una inversión. Debido a que el presente proyecto es de carácter social, no es posible obtener una tasa interna de retorno atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

$$C = I_{in} - VPN$$

donde:

C = costo (Q)

I_{in} = inversión inicial (Q)

VPN = Valor presente neto (Q)

$$C = 1\,569\,352,65 - 31,40 = Q. 1\,569\,321,25$$

$$\text{Costo/Beneficio} = \frac{C}{B}$$

donde:

C = costo (Q)

B = beneficio = número de habitantes a futuro

$$\text{Costo/Beneficio} = \frac{1\,569\,321,25}{1\,391} = \text{Q. } 1\,128,20$$

Las instituciones de inversión social, toman la decisión de invertir de acuerdo con el valor del costo/beneficio y de las disposiciones económicas que posean.

2.14. Elaboración de estudio de impacto ambiental

Es el estudio correspondiente a las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental y la integridad de los recursos naturales, como los ecosistemas enteros: ríos, lagunas, flora, fauna, etc.

En este caso, el proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, debido a que durante el proceso de construcción sufrirá un leve cambio la superficie, por la excavación y a su vez ocasionará polvo. El impacto ambiental positivo será la eliminación de desecho de aguas negras, y con ello, la eliminación de mosquitos y zancudos, que a su vez disminuye enfermedades que estos transmiten.

Tabla VII. **Evaluación de impacto ambiental del alcantarillado sanitario**

ETAPA DE EJECUCIÓN		
ACTIVIDADES	IMPACTOS NEGATIVOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Ingreso de maquinaria, cuadrilla de trabajadores y materiales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producción de ruido y vibraciones ▪ Producción de desechos ▪ Obstrucción del tránsito en calle principal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajar en horas donde se cauce la menor molestia a la población. ▪ Mantener bolsas de basura para cualquier desecho que produzca la cuadrilla.
Zanjeo y relleno (Línea principal y pozos de visita)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de la erosión ▪ Obstrucción del tránsito ▪ Destrucción parcial de cultivos ▪ Posibles accidentes de los trabajadores y población 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colocar avisos o señales cerca de las excavaciones. ▪ Proteger las paredes de la zanja para evitar derrumbes. ▪ Realizar las zanjas en el menor tiempo posible. ▪ Concientizar previamente a la población sobre la destrucción de los cultivos.

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DEL CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA, ALDEA TAGUAYNI, LA UNIÓN, ZACAPA

3.1. Diseño de centro de albergue

Se propone diseñar un establecimiento benéfico que sirva para acoger provisionalmente a personas necesitadas de todas las comunidades cercanas al proyecto, en caso de emergencia.

3.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar un edificio de dos niveles, con oficinas del comité de la aldea; así como en la parte posterior del mismo, la construcción de un salón que sirva para albergue en situaciones de emergencia, con techo de estructura metálica.

3.1.2. Descripción del área disponible

El terreno disponible tiene un área de 708 m² de forma irregular, el área de construcción es de 360 m².

3.1.3. Estudio de suelos

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

Descripción del suelo: arcilla limo-arenoso, color café

Ángulo de fricción interna $\Phi = 23,40^\circ$

Cohesión $C_u = 2,70 \text{ t/m}^2$

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

Desplante (Z) = 1,50 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 4. Se utiliza un valor soporte de diseño de 27 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 (Vs): el cálculo del valor soporte del suelo, se realizó por el método de *Terzaghi*, con los datos obtenidos en el ensayo de compresión triaxial.

El suelo tiene una descripción de arena-limosa, color café

Coefficiente de cohesión (C_u) = $2,70 \text{ t/m}^2$

Ángulo de fricción interna (ϕ) = $23,40^\circ$

Base de la cimentación (B) = 1 m

Desplante (D_f) = 1,50 m

Peso volumétrico del suelo (γ_{suelo}) = $1,44 \text{ t/m}^3$

Factor de seguridad (F_s) = 4

Factores

$N'_q = 10,68$

$N'_c = 22,40$

$N'_\gamma = 8,90$

$$q_u = 1,3C_u N_c + qN_q + 0,4\gamma_{\text{suelo}} B N_\gamma$$

$$q_u = 1,3 * 2,70 * 22,40 + 1,44 * 1,50 * 1 * 10,68 + 0,4 * 1,44 * 8,90 = 106,70 \text{ t/m}^2$$

$$V_s = \frac{q_u}{F_s} = \frac{106,70}{4} = 26,70 \text{ t/m}^2$$

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).

3.1.4. Normas para el diseño de edificios

Para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplicaron criterios profesionales para la construcción de edificaciones. Las normas que fueron aplicadas en este trabajo, se describen a continuación.

3.1.4.1. 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.

3.1.4.2. Criterios de conjunto

Conjunto arquitectónico: se toman como base los requisitos que debe cumplir; el centro de albergue para atender a las personas que se espera

recibir, y se debe diseñar en relación con su funcionalidad, incluyendo todas las áreas que se van 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 comodidad y la altura no debe exceder de dos niveles.

3.1.4.3. 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, 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 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 salón; 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 salón. 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.

3.1.4.4. 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 para la comodidad de las personas.
- 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.
- Criterios de seguridad: colocar la señalización correspondiente en pasillos, puertas, ventanas y en los alrededores de la edificación. Establecer rutas para salidas de emergencias, verificar que puertas y ventanas abran hacia afuera de la edificación y colocación de extinguidores en puntos establecidos para su rápida aplicación.

3.1.5. Diseño arquitectónico

El edificio se diseñó con un ingreso amplio, por la concurrencia de personas que utilicen el centro de albergue, con servicio sanitario para hombres y mujeres; la recepción es de acceso inmediato para atención al público en general y las oficinas del comité se encuentran en el segundo nivel.

3.1.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

El diseño del centro de albergue se realizó en la parte más ancha del terreno, debido a la irregularidad en la forma de este, para no invadir propiedad privada.

3.1.5.2. Distribución de ambientes

- Edificio de dos niveles:
 - 1er nivel: servicio sanitario de hombres, servicio sanitario de mujeres, oficina del comité y bodega del conserje.
 - 2do nivel: oficina del comité, oficina de registro y salón de reuniones.
- Salón de usos múltiples.

3.1.5.3. Alturas del edificio

Cada nivel posee una altura de 3,00 metros, por lo que la altura total del edificio es de 6,00 metros. El salón de usos múltiples posee una altura total de 6,75 metros hasta la cumbrera de la estructura metálica.

3.1.6. Selección del sistema estructural a usar

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

El salón de usos múltiples es de mampostería reforzada con columnas aisladas; la estructura metálica está compuesta con tendales doble costanera tipo “C” y lamina de zinc. Garantizando resistencia, economía, estética, disponibilidad de materiales y mano de obra adecuada.

3.1.6.1. 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 en la longitud efectiva. Un criterio es asignar el 8% de la luz libre, y la base debe ser igual al 50% del peralte. El código ACI 318-99, en el capítulo 9, tabla 9.5(a), establece diferentes situaciones para predimensionar.

Longitud de viga 5,00 m

$$h_{\text{viga}} = 0,08 * 5,00 = 0,40 \text{ m} \quad h_{\text{viga}} = \frac{L}{21} = \frac{5,00}{21} = 0,24 \text{ m}$$

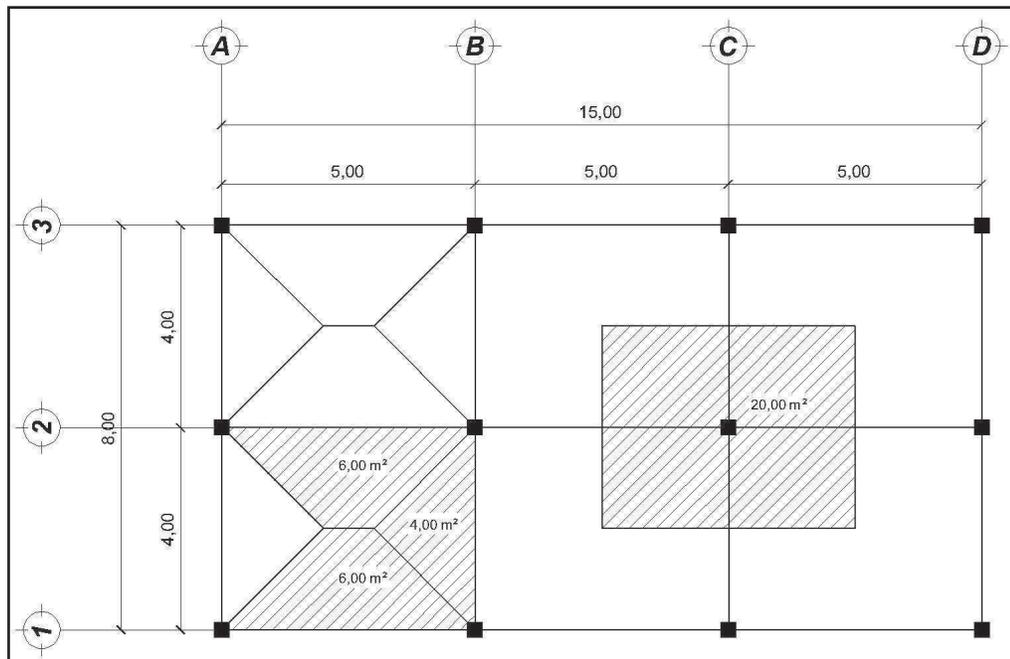
$$b_{\text{viga}} = \frac{h}{2} = \frac{0,40}{2} = 0,20 \text{ m}$$

Se propone una sección de 40 x 25 cm.

Predimensionamiento de columna

El Código ACI 318-99, en su capítulo 10, considera la sustitución de la carga puntual en la siguiente ecuación. La figura 7 muestra el área tributaria para las vigas y columnas.

Figura 7. **Planta típica de edificio**



Fuente: elaboración propia.

$$P = 0,80 * [0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + F_y * A_s]$$

donde:

P = carga puntual (kg)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

A_g = área gruesa (cm^2)

$A_s = \rho * A_g$ = área de acero (cm^2)

ρ = cuantía de acero (adim)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

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

$$P = \gamma_{\text{concreto}} * A_t * \text{niv.}$$

donde:

P = carga puntual (kg)

γ_{concreto} = peso específico del concreto

A_t = área tributaria (cm^2)

niv. = niveles con los que cuenta la estructura

$$P = 2\,400 * 20 * 2 = 96\,000 \text{ kg}$$

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

$$A_g = \frac{P}{0,80 * [0,85 * f'_c * (1 - \rho) + F_y * \rho]}$$

$$A_g = \frac{96\,000}{0,80 * [0,85 * 281 * (1 - 0,01) + 2\,810 * 0,01]} = 453,58 \text{ cm}^2$$

Por lo que se propone una sección de $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$.

Predimensionamiento de losa

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

$$t = \frac{p_{\text{losa}}}{180}$$

donde:

t = espesor de la losa (m)

p_{losa} = perímetro de la losa (m)

$$t = \frac{5,00 * 2 + 4,00 * 2}{180} = 0,10 \text{ m}$$

Coefficiente de momentos

$$m' = \frac{a}{b}$$

donde:

m' = coeficiente de momentos (adim)

a = lado corto de la losa (m)

b = lado largo de la losa (m)

Si $m' < 0.5$ = losa armada en una dirección

Si $0.5 \leq m' \leq 1$ = losa armada en dos direcciones

$$m' = \frac{4}{5} = 0,80, \text{ se diseña la losa en dos direcciones.}$$

Predimensionamiento de zapata

Los cimientos se diseñarán como zapatas aisladas. Ver predimensionamiento en la sección 3.1.6.11. de diseño de cimientos.

3.1.6.2. 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 con su dirección.

3.1.6.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles

En relación con el 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/m³

Muros = 100 kg/m²

Acabados = 30 kg/m³

Sobrecarga = 60 kg/m³

- Cargas vivas: son cargas que se producen de acuerdo con 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/m²

Gimnasio = 400 kg/m²

Fuente: normas AGIES NR-2: 2000, p 28.

Integración de cargas para marcos dúctiles

Eje 2 – Viga B-C

Nivel 2

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{sc}} + W_{\text{viga}}$$

$$W_{\text{losa}} = (12,00 \text{ m}^2 * 0,10 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) / 5,00 \text{ m} = 576,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{acabados}} = (12,00 \text{ m}^2 * 30,00 \text{ kg/m}^2) / 5,00 \text{ m} = 72,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{sc}} = (12,00 \text{ m}^2 * 60,00 \text{ kg/m}^2) / 5,00 \text{ m} = 144,00 \text{ kg/m}$$

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

Total carga muerta

$$CM = 576,00 + 72,00 + 144,00 + 240,00 = 1\,032,00 \text{ kg/m}$$

$$CV = W_{CV}$$

Total carga viva

$$CV = W_{CV} = (12 \text{ m}^2 * 100,00 \text{ kg/m}^2) / 5,00 \text{ m} = 240,00 \text{ kg/m}$$

Nivel 1

$$CM = W_{losa} + W_{acabados} + W_{sc} + W_{viga} + W_{muro}$$

$$W_{losa} = (12,00 \text{ m}^2 * 0,10 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) / 5,00 \text{ m} = 576,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{acabados} = (12,00 \text{ m}^2 * 30,00 \text{ kg/m}^2) / 5,00 \text{ m} = 72,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{sc} = (12,00 \text{ m}^2 * 60,00 \text{ kg/m}^2) / 5,00 \text{ m} = 144,00 \text{ kg/m}$$

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

Total carga muerta

$$CM = 576,00 + 72,00 + 144,00 + 240,00 = 1\,032,00 \text{ kg/m}$$

$$CV = W_{CV}$$

Total carga viva

$$CV = W_{CV} = (12 \text{ m}^2 * 400,00 \text{ kg/m}^2) / 5,00 \text{ m} = 960,00 \text{ kg/m}$$

Eje B – Viga 1-2

Nivel 2

$$CM = W_{losa} + W_{acabados} + W_{sc} + W_{viga}$$

$$W_{losa} = (8,00 \text{ m}^2 * 0,10 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) / 4,00 \text{ m} = 480,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{acabados} = (8,00 \text{ m}^2 * 30,00 \text{ kg/m}^2) / 4,00 \text{ m} = 60,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{sc} = (8,00 \text{ m}^2 * 60,00 \text{ kg/m}^2) / 4,00 \text{ m} = 120,00 \text{ kg/m}$$

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

Total carga muerta

$$CM = 480,00 + 60,00 + 120,00 + 240,00 = 900,00 \text{ kg/m}$$

$$CV = W_{\text{CV}}$$

Total carga viva

$$CV = W_{\text{CV}} = (8,00 \text{ m}^2 * 100,00 \text{ kg/m}^2) / 4,00 \text{ m} = 200,00 \text{ kg/m}$$

Nivel 1

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{sc}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{muro}}$$

$$W_{\text{losa}} = (8,00 \text{ m}^2 * 0,10 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) / 4,00 \text{ m} = 480,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{acabados}} = (8,00 \text{ m}^2 * 30,00 \text{ kg/m}^2) / 4,00 \text{ m} = 60,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{sc}} = (8,00 \text{ m}^2 * 60,00 \text{ kg/m}^2) / 4,00 \text{ m} = 120,00 \text{ kg/m}$$

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

$$W_{\text{muro}} = (4,00 \text{ m} * 100,00 \text{ kg/m}^2) = 400,00 \text{ kg/m}$$

Total carga muerta

$$CM = 480,00 + 60,00 + 120,00 + 240,00 + 400 = 1\,300,00 \text{ kg/m}$$

$$CV = W_{\text{CV}}$$

Total carga viva

$$CV = W_{\text{CV}} = (8,00 \text{ m}^2 * 400,00 \text{ kg/m}^2) / 4,00 \text{ m} = 800,00 \text{ kg/m}$$

3.1.6.2.2. 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 transmite a la base del edificio, su valor se obtiene con la siguiente fórmula.

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

donde:

$Z = 1$ coeficiente de la zona sísmica para Zacapa.

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

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

C = coeficiente que depende del periodo natural de vibración.

$C < 0.12$; si $C > 0.12$ se debe usar 0.12

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

T = período natural de vibración

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

donde:

h_n = altura del edificio

D = base del edificio, que depende del sentido que se analiza.

Sentido X

$$T = \frac{0,09 * 6}{\sqrt{15}} = 0,139$$

$$C = \frac{1}{15 * \sqrt{0,139}} = 0,18; \text{ usar } 0,12$$

Sentido Y

$$T = \frac{0,09 * 6}{\sqrt{8}} = 0,19$$

$$C = \frac{1}{15 * \sqrt{0,19}} = 0,16; \text{ usar } 0,12$$

$$C_x = C_y = 0,12$$

S = 1.5 Factor de interacción del suelo – estructura cuando es desconocido.

Si $C_x * S > 0,14$ utilizar: $C_x * S = 0,14$

Si $C_y * S > 0,14$ utilizar: $C_y * S = 0,14$

$C_x * S = C_y * S = 0,12 * 1,50 = 0,18 > 0,14$; usar 0,14

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

Segundo nivel

$$\text{Losa} = 120 \text{ m}^2 * 0,10 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 28800 \text{ kg}$$

$$\text{Vigas} = (9 * 5,00 \text{ m} + 8 * 4,00 \text{ m}) * (0,25 \text{ m} * 0,40 \text{ m}) * 2400 \text{ kg/m}^3 = 18480 \text{ kg}$$

$$\text{Columna} = 1/2 * 12 * 3,00 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 3888 \text{ kg}$$

$$\text{Muros} = (6 * 5,00 \text{ m} + 7 * 4,00 \text{ m}) * 3,00 \text{ m} * 100 \text{ kg/m}^2 = 17400 \text{ kg}$$

$$\text{Carga viva} = (120 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) * 25\% = 3000 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total del segundo nivel} = 71568 \text{ kg}$$

Primer nivel

$$\text{Losa} = 120 \text{ m}^2 * 0,10 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 28\,800 \text{ kg}$$

$$\text{Vigas} = (9 * 5,00 \text{ m} + 8 * 4,00 \text{ m})(0,25 \text{ m} * 0,40 \text{ m}) * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 18\,480 \text{ kg}$$

$$\text{Columna} = 12 * 3,00 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 7\,776 \text{ kg}$$

$$\text{Muros} = (7 * 5,00 \text{ m} + 8 * 4,00 \text{ m}) * 3,00 \text{ m} * 100 \text{ kg/m}^2 = 20\,100 \text{ kg}$$

$$\text{Carga viva} = (120 \text{ m}^2 * 400 \text{ kg/m}^2) * 25\% = 12\,000 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total del segundo nivel} = 87\,156 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total de la estructura} = 158\,724 \text{ kg}$$

Por lo que el valor del corte basal es:

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

$$V = 1 * 1,40 * 0,67 * 0,14 * 158\,724 = 20\,843,64 \text{ kg}$$

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.

$$F_i = \frac{(V)(W_i * H_i)}{\sum(W_i * H_i)}$$

donde:

F_i = fuerza por nivel (kg)

W_i = peso de nivel_i (kg)

H_i = altura de nivel_i (m)

$$F_1 = \frac{20\,843,64 * 87\,156 * 4,50}{(87\,156 * 4,50) + (71\,568 * 7,50)} = 8\,800,10 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{20\,843,64 * 71\,568 * 7,50}{(87\,156 * 4,50) + (71\,568 * 7,50)} = 12\,044,00 \text{ kg}$$

Fuerzas por marco en nivel (F_i'):

Es la fuerza que se distribuye del nivel hacia los marcos que lo conforman; según el grado de rigidez de cada uno, si estos son simétricos, su distribución es proporcional al número de marcos; se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_i' = \frac{K_m}{\sum(K_m)} * F_i$$

donde:

F_i' = fuerza por marco en nivel (kg)

K = rigidez del marco analizado

m = cantidad de marcos analizados

F_i = fuerza por nivel (kg)

Primer nivel, marcos (a, b, c, d) y (1, 2, 3):

$$F_{1(a,b,c,d)} = \frac{3k}{4(3k)} * 8\,800,10 = 2\,200 \text{ kg}$$

$$F_{1(1,2,3)} = \frac{4k}{3(4k)} * 8\,800,10 = 2\,933,40 \text{ kg}$$

Segundo nivel, marcos a, b, c, d, 1, 2 y 3:

$$F_{2(a,b,c,d)} = \frac{3k}{4(3k)} * 12\ 044 = 3\ 010,90\ \text{kg}$$

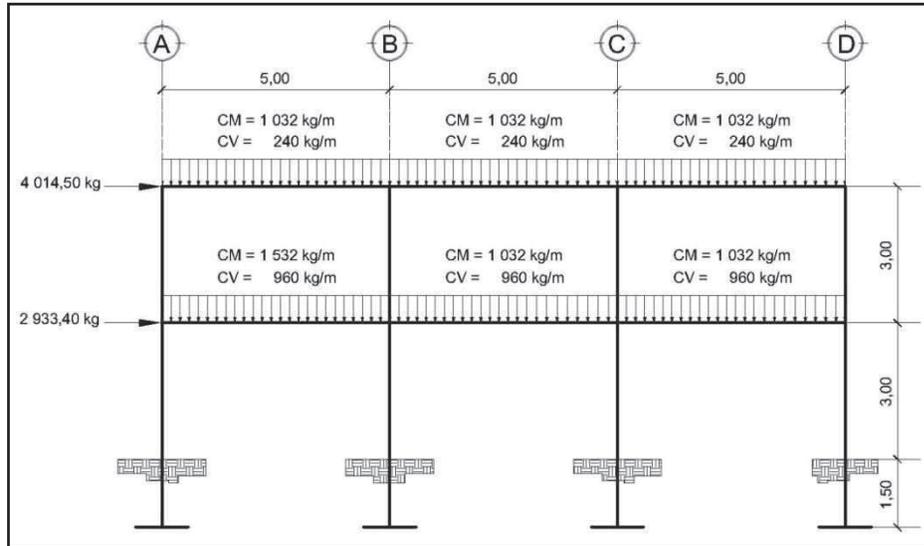
$$F_{2(1,2,3)} = \frac{4k}{3(4k)} * 12\ 044 = 4\ 014,50\ \text{kg}$$

3.1.6.3. 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 *Kani*, concluyendo que los resultados variaron en un porcentaje mínimo del 6%.

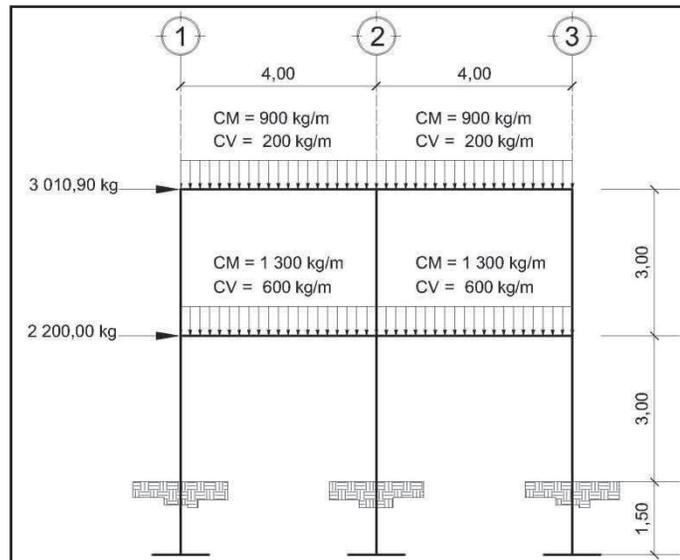
El análisis se realizó para cada una de las cargas, siendo estas: carga muerta, carga viva y sismo. Los datos se ingresaron al *software*, de acuerdo con los modelos resultantes de las cargas en el edificio, los cuales se presentan a continuación; para el diseño estructural se utilizan los resultados obtenidos del método numérico de *Kani*.

Figura 8. Marco eje 2, cargas verticales y horizontales, eje X



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Marco eje B, cargas verticales y horizontales, eje Y



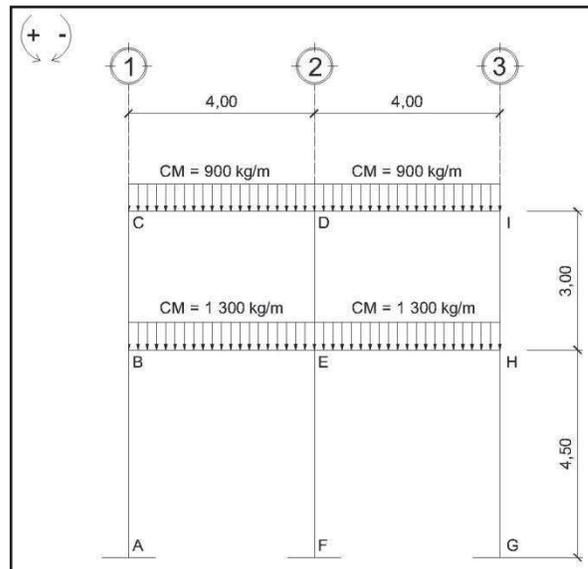
Fuente: elaboración propia.

3.1.6.3.1. Comprobación de los resultados por el método numérico de *Kani*

El método de *Kani* es un método iterativo, aplicable a vigas y marcos rígidos, simétricos o asimétricos, sometidos a cualquier tipo de carga. A continuación se presenta el análisis de la carga muerta para el marco B del eje Y, con sección de columna de 30 x 30 cm, y sección de viga de 25 x 40 cm.

Las dimensiones y datos para el diseño se muestran en la figura 10.

Figura 10. Marco eje B, carga muerta, eje Y



Fuente: elaboración propia.

Cálculo del momento de inercia

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

donde:

I = momento de inercia (m^4)

b = base de la sección (m)

h = altura de la sección (m)

Inercia de vigas

$$I_{BE} = I_{EH} = I_{CD} = I_{DI} = \frac{1}{12} * 0,25 * 0,40^3 = 0,001 33 m^4$$

Inercia de columnas

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{FE} = I_{ED} = I_{GH} = I_{HI} = \frac{1}{12} * 0,30 * 0,30^3 = 0,000 68 m^4$$

Cálculo de los momentos fijos

$$M = \frac{W * L^2}{12}$$

donde:

M = momento fijos (kg-m)

W = carga uniformemente distribuida (kg/m)

L = longitud de la viga (m)

$$M_{BE} = \frac{-1 300 * 4^2}{12} = -1 733,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{EH} = \frac{-1 300 * 4^2}{12} = -1 733,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{EB} = 1 733,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{HE} = 1 733,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{CD} = \frac{-900 * 4^2}{12} = -1\,200,00 \text{ kg-m} \quad M_{DI} = \frac{-900 * 4^2}{12} = -1\,200,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{DC} = 1\,200,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{ID} = 1\,200,00 \text{ kg-m}$$

Cálculo de las rigideces

$$K = \frac{I}{L}$$

donde:

K = rigidez (m³)

I = momento de inercia (m⁴)

L = longitud del elemento (m)

Rigidez de vigas

$$K_{BE} = K_{EH} = K_{CD} = K_{DI} = \frac{0,001\,33}{4,00} = 0,000\,33 \text{ m}^3$$

Rigidez de columnas

$$K_{AB} = K_{FE} = K_{GH} = \frac{0,000\,68}{4,50} = 0,000\,15 \text{ m}^3$$

$$K_{BC} = K_{ED} = K_{HI} = \frac{0,000\,68}{3,00} = 0,000\,23 \text{ m}^3$$

Cálculo del factor de corrimiento en columnas

$$\bar{v}_{ik} = -\frac{3}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum_{(i)} K_{ik}}$$

donde:

$\bar{\psi}_{ik}$ = factor de corrimiento (adim)

K_{ik} = rigidez de columnas (m^3)

Factor de corrimiento 1er. nivel

$$\bar{\psi}_{AB} = -\frac{3}{2} * \frac{0,000\ 15}{0,000\ 15 + 0,000\ 15 + 0,000\ 15} = -0,50$$

$$\bar{\psi}_{FE} = -\frac{3}{2} * \frac{0,000\ 15}{0,000\ 15 + 0,000\ 15 + 0,000\ 15} = -0,50$$

$$\bar{\psi}_{GH} = -\frac{3}{2} * \frac{0,000\ 15}{0,000\ 15 + 0,000\ 15 + 0,000\ 15} = -0,50$$

$$\sum \bar{\psi}_{\text{nivel}} = -1,50$$

$$\sum \bar{\psi}_{1\ \text{nivel}} = \bar{\psi}_{AB} + \bar{\psi}_{FE} + \bar{\psi}_{GH} = -0,50 + -0,50 + -0,50 = -1,50$$

Factor de corrimiento 2do. nivel

$$\bar{\psi}_{BC} = -\frac{3}{2} * \frac{0,000\ 23}{0,000\ 23 + 0,000\ 23 + 0,000\ 23} = -0,50$$

$$\bar{\psi}_{ED} = -\frac{3}{2} * \frac{0,000\ 23}{0,000\ 23 + 0,000\ 23 + 0,000\ 23} = -0,50$$

$$\bar{\psi}_{HI} = -\frac{3}{2} * \frac{0,000\ 23}{0,000\ 23 + 0,000\ 23 + 0,000\ 23} = -0,50$$

$$\sum \overline{\delta}_{\text{nivel}} = -1,50$$

$$\sum \overline{\delta}_{2 \text{ nivel}} = \overline{\delta}_{BC} + \overline{\delta}_{ED} + \overline{\delta}_{HI} = -0,50 + -0,50 + -0,50 = -1,50$$

Cálculo del factor de giro

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum_{(i)} K_{ik}}$$

donde:

μ_{ik} = factor de giro (adim)

K_{ik} = rigidez del elemento (m^3)

Factor de giro nudo B

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000 \ 15}{0,000 \ 15 + 0,000 \ 33 + 0,000 \ 23} = -0,105 \ 88$$

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000 \ 33}{0,000 \ 15 + 0,000 \ 33 + 0,000 \ 23} = -0,235 \ 29$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000 \ 23}{0,000 \ 15 + 0,000 \ 33 + 0,000 \ 23} = -0,158 \ 82$$

$$\sum \mu_{\text{nudo}} = -0,50$$

$$\sum \mu_{\text{nudo B}} = \mu_{BA} + \mu_{BE} + \mu_{BC} = -0,105 \ 88 + -0,235 \ 29 + -0,158 \ 82 = -0,50$$

Tabla VIII. **Resultados finales de factor de giro en cada nudo**

Nudo C	
$\mu_{CB} = -0,201\ 49$	$\sum \mu_{\text{nudo C}} = -0,50$
$\mu_{CE} = -0,298\ 51$	
Nudo D	
$\mu_{DC} = -0,186\ 92$	$\sum \mu_{\text{nudo D}} = -0,50$
$\mu_{DI} = -0,186\ 92$	
$\mu_{DE} = -0,126\ 17$	
Nudo E	
$\mu_{EB} = -0,160$	$\sum \mu_{\text{nudo E}} = -0,50$
$\mu_{EF} = -0,072$	
$\mu_{ED} = -0,108$	
$\mu_{EH} = -0,160$	
Nudo H	
$\mu_{HG} = -0,105\ 88$	$\sum \mu_{\text{nudo H}} = -0,50$
$\mu_{HE} = -0,235\ 29$	
$\mu_{HI} = -0,158\ 82$	
Nudo I	
$\mu_{ID} = -0,298\ 51$	$\sum \mu_{\text{nudo I}} = -0,50$
$\mu_{IH} = -0,201\ 49$	

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de los momentos de sujeción

$$M_{\text{suj}} = \sum(M_{\text{nudo}})$$

donde:

M_{suj} = momentos d sujeción (kg-m)

M = momento fijos (kg-m)

$$M_{\text{suj B}} = -1\,733,30 + 0,00 = -1\,733,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{suj C}} = -1\,200,00 + 0,00 = -1\,200,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{suj D}} = -1\,200,00 + 1\,200,00 = 0,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{suj I}} = 1\,200,00 + 0,00 = 1\,200,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{suj H}} = 1\,733,300 + 0,00 = 1\,733,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{suj E}} = -1\,733,30 + 1\,733,30 = 0,00 \text{ kg-m}$$

Cálculo de la primera iteración

Nudo B → Nudo C → Nudo D → Nudo I → Nudo H → Nudo E

Nudo B

$$\begin{aligned} M_{\text{suj}} * \mu_{\text{nudo B}} &= -1\,733,30 * -0,105\,88 = 183,529 \\ &= -1\,733,30 * -0,235\,29 = 407,843 \\ &= -1\,733,30 * -0,158\,82 = 275,294 \end{aligned}$$

Nudo C

$$\begin{aligned} M_{\text{suj}} * \mu_{\text{nudo C}} &= (-1\,200,00 + 275,294) * -0,201\,49 = 186,321 \\ &= (-1\,200,00 + 275,294) * -0,298\,51 = 276,032 \end{aligned}$$

Nudo D

$$\begin{aligned}M_{\text{suj}} * \mu_{\text{nudo D}} &= (0,000 + 276,032) * -0,186\ 92 = -51,595 \\ &= (0,000 + 276,032) * -0,126\ 17 = -34,826 \\ &= (0,000 + 276,032) * -0,186\ 92 = -51,595\end{aligned}$$

Nudo I

$$\begin{aligned}M_{\text{suj}} * \mu_{\text{nudo I}} &= (1\ 200,00 + -51,595) * -0,298\ 51 = -342,808 \\ &= (1\ 200,00 + -51,595) * -0,201\ 49 = -231,395\end{aligned}$$

Nudo H

$$\begin{aligned}M_{\text{suj}} * \mu_{\text{nudo H}} &= (1\ 733,30 + -231,395) * -0,158\ 82 = -238,543 \\ &= (1\ 733,30 + -231,395) * -0,235\ 29 = -353,397 \\ &= (1\ 733,30 + -231,395) * -0,105\ 88 = -159,029\end{aligned}$$

Nudo E

$$\begin{aligned}M_{\text{suj}} * \mu_{\text{nudo E}} &= (0,000 + -353,397 + 407,843 + -34,826) * -0,108\ 00 = -2,119 \\ &= (0,000 + -353,397 + 407,843 + -34,826) * -0,160\ 00 = -3,139 \\ &= (0,000 + -353,397 + 407,843 + -34,826) * -0,072\ 00 = -1,413 \\ &= (0,000 + -353,397 + 407,843 + -34,826) * -0,160\ 00 = -3,139\end{aligned}$$

Columnas 2do. nivel

$$\text{Col}_{\text{BC}} = (275,274 + 186,321 - 2,119 - 34,826 - 238,543 - 231,395) * 0,50 = 22,634$$

$$\text{Col}_{\text{ED}} = (275,274 + 186,321 - 2,119 - 34,826 - 238,543 - 231,395) * 0,50 = 22,634$$

$$\text{Col}_{\text{HI}} = (275,274 + 186,321 - 2,119 - 34,826 - 238,543 - 231,395) * 0,50 = 22,634$$

Columnas 1er. nivel

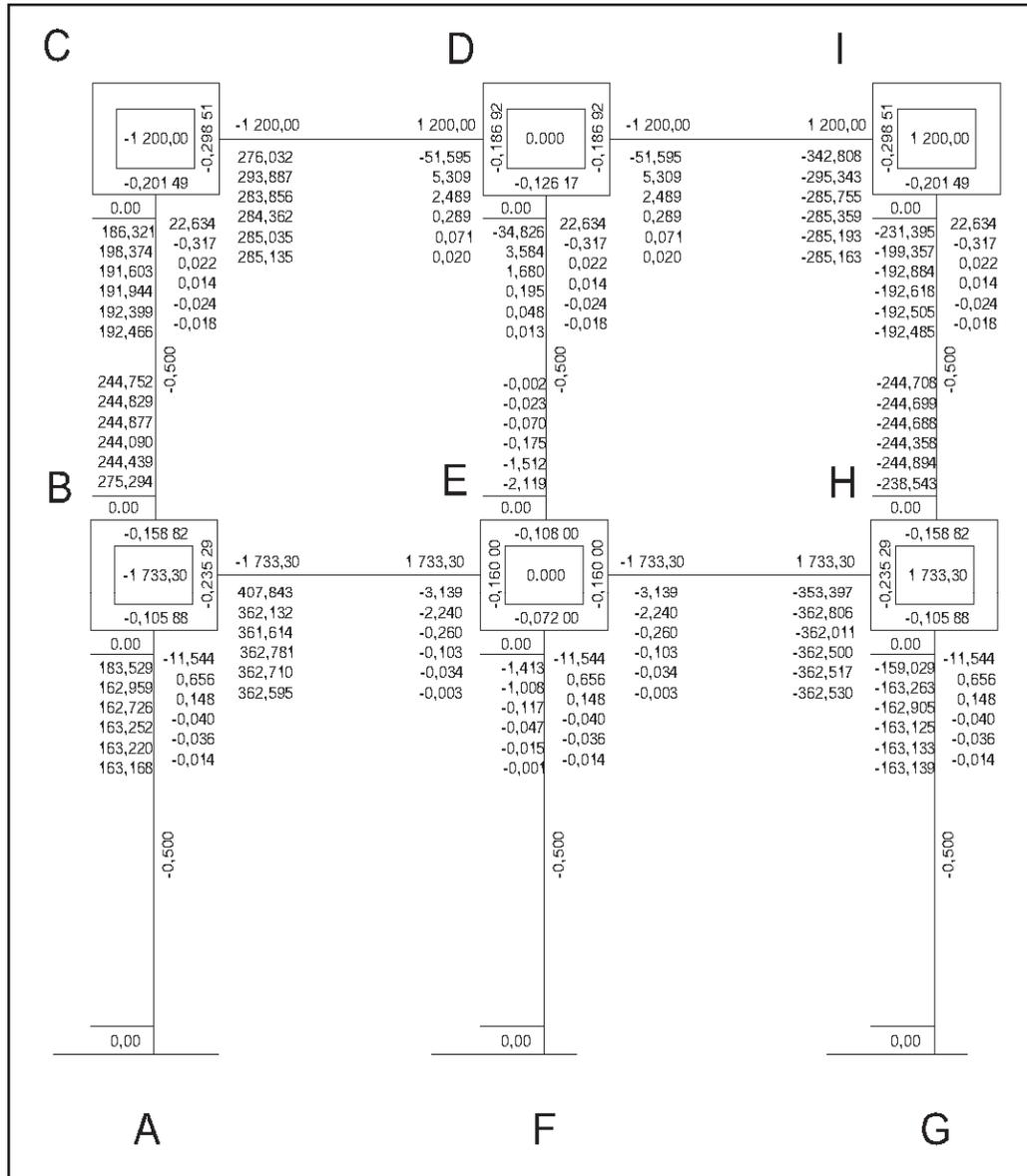
$$\text{Col}_{AB} = (183,529 + 1,413 + - 159,029) * 0,50 = -11,544$$

$$\text{Col}_{FE} = (183,529 + 1,413 + - 159,029) * 0,50 = -11,544$$

$$\text{Col}_{GH} = (183,529 + 1,413 + - 159,029) * 0,50 = -11,544$$

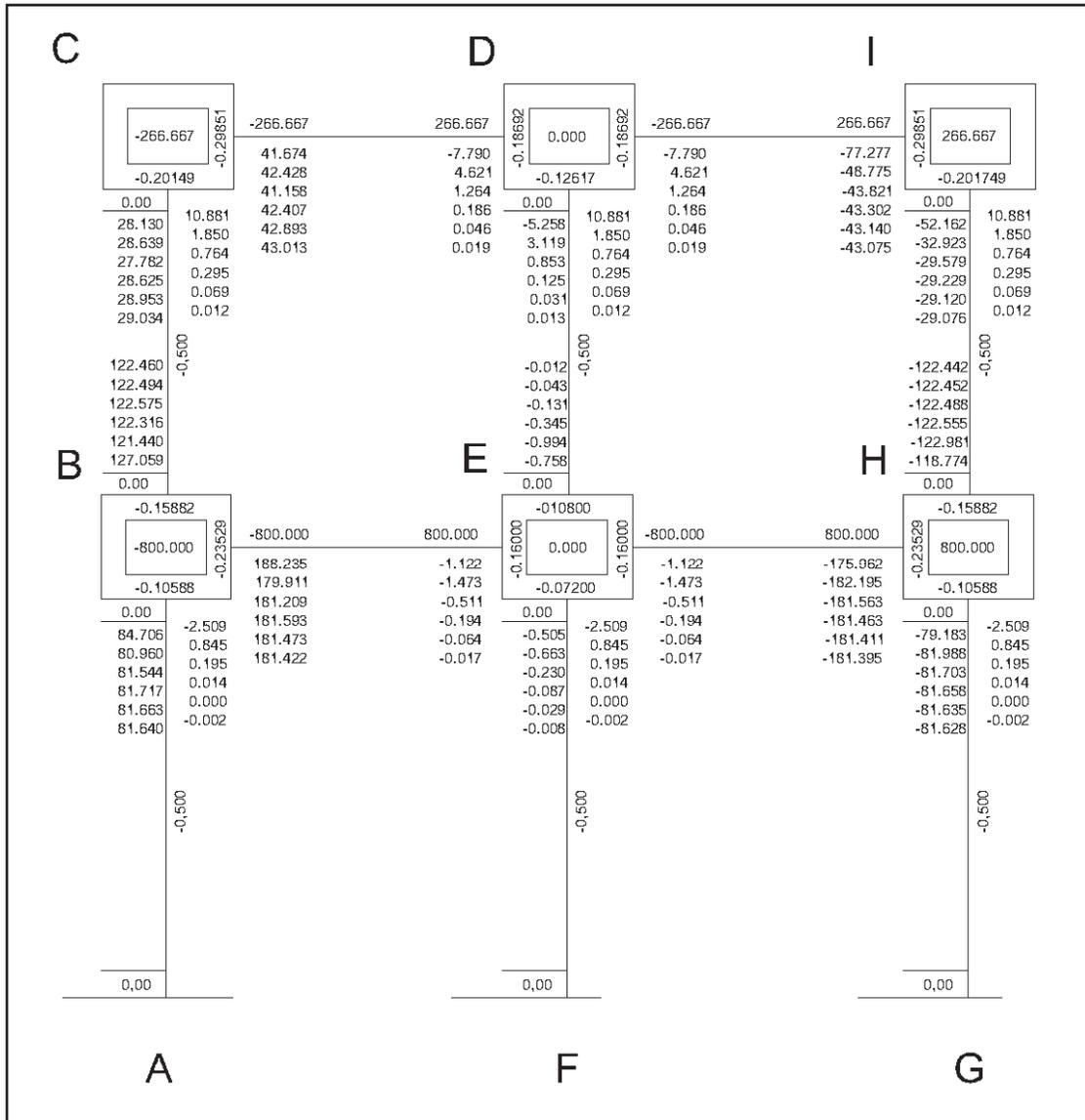
A continuación se presentan los resultados completos del método numérico de *Kani*.

Figura 11. Método de Kani, carga muerta, eje Y



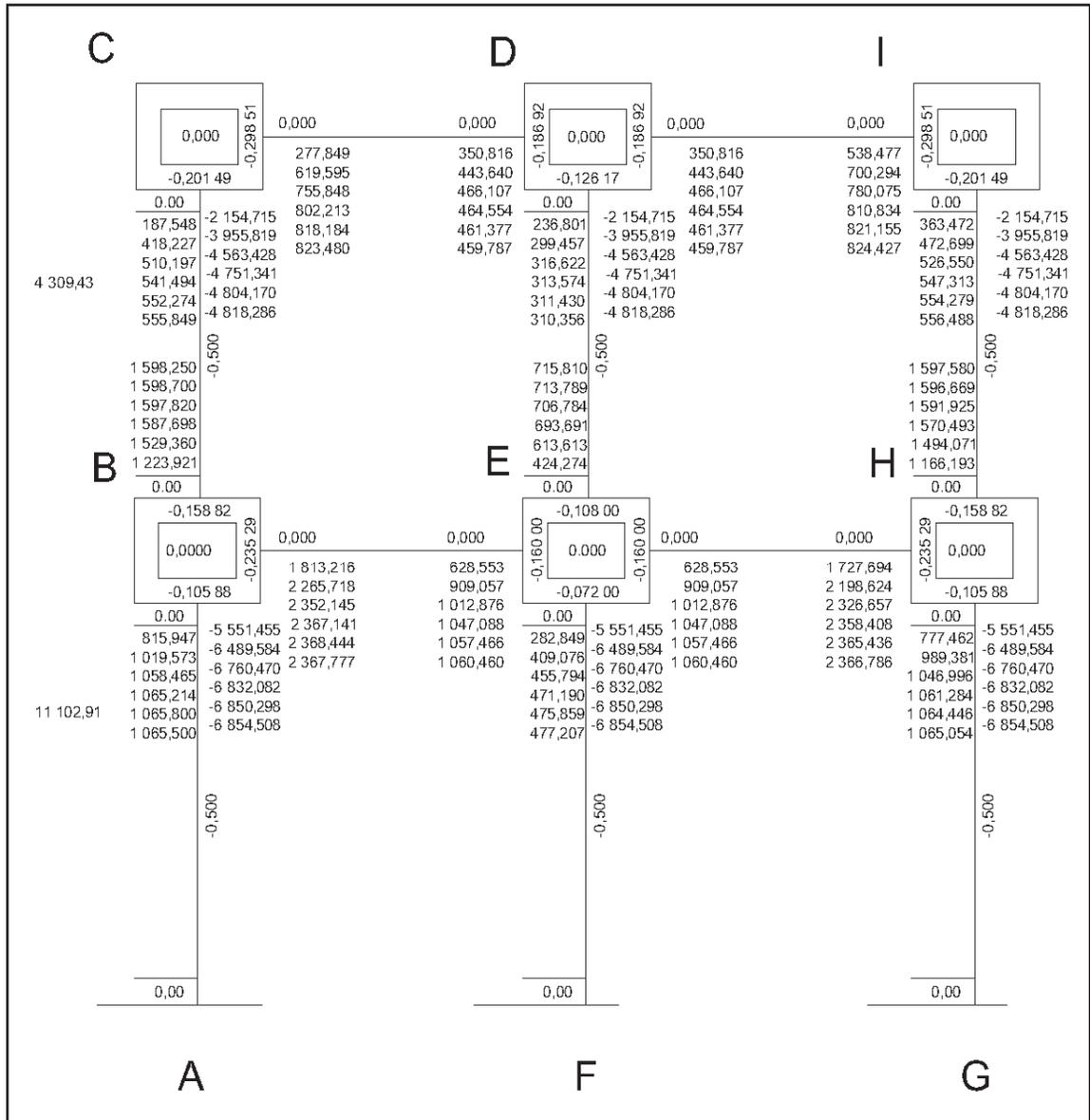
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Método de Kani, carga viva, eje Y



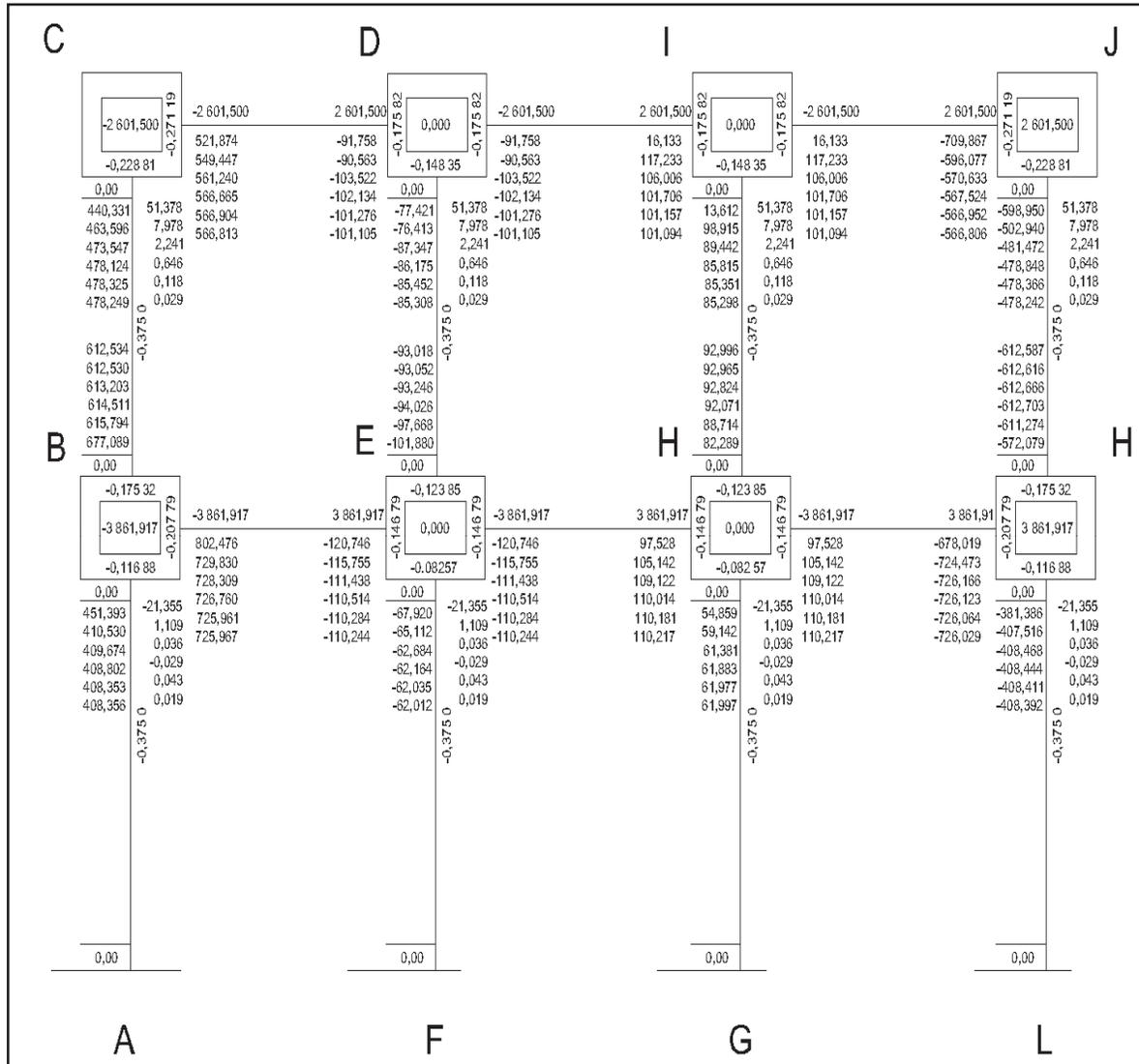
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Método de Kani, carga de sismo, eje Y



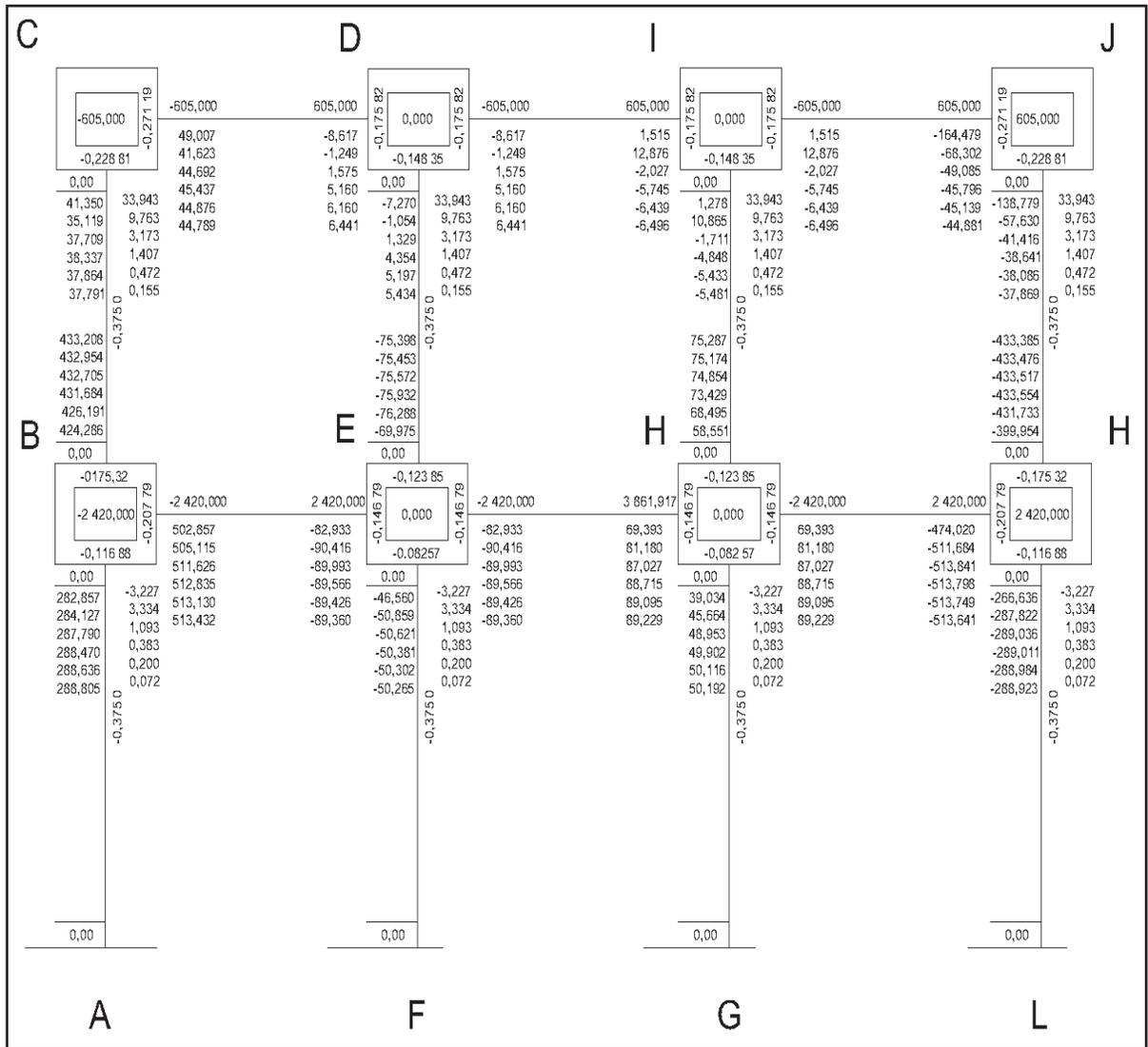
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Método de Kani, carga muerta, eje X



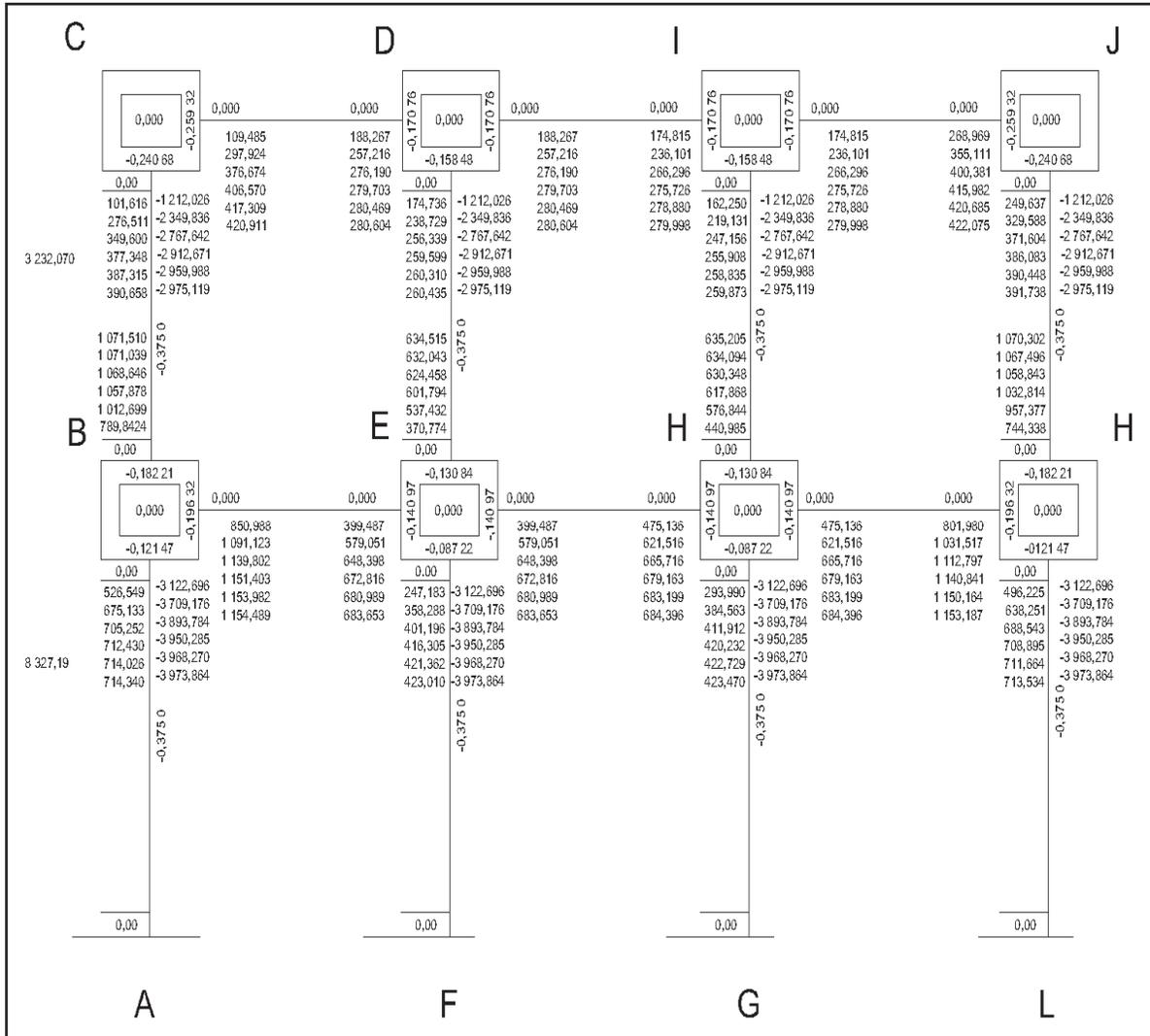
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Método de Kani, carga viva, eje X



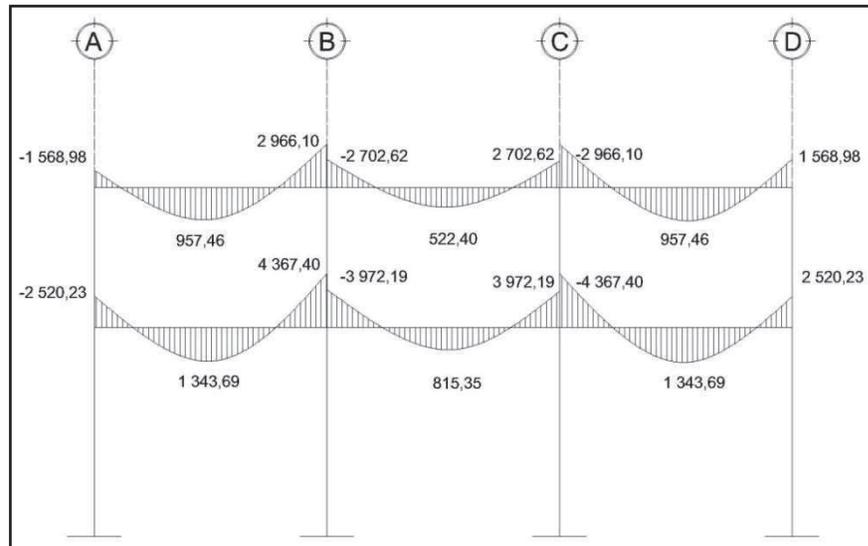
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Método de Kani, carga de sismo, eje X



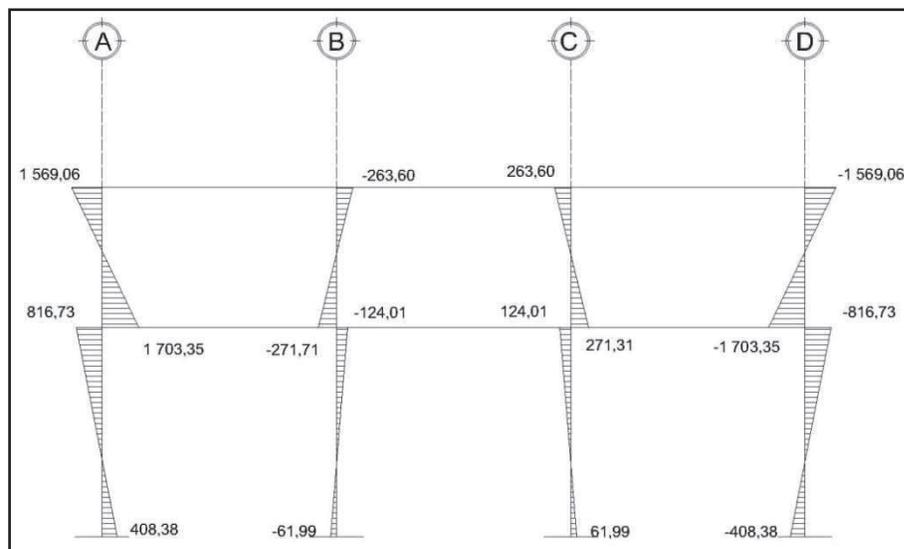
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Diagrama de momentos en vigas carga muerta, eje X



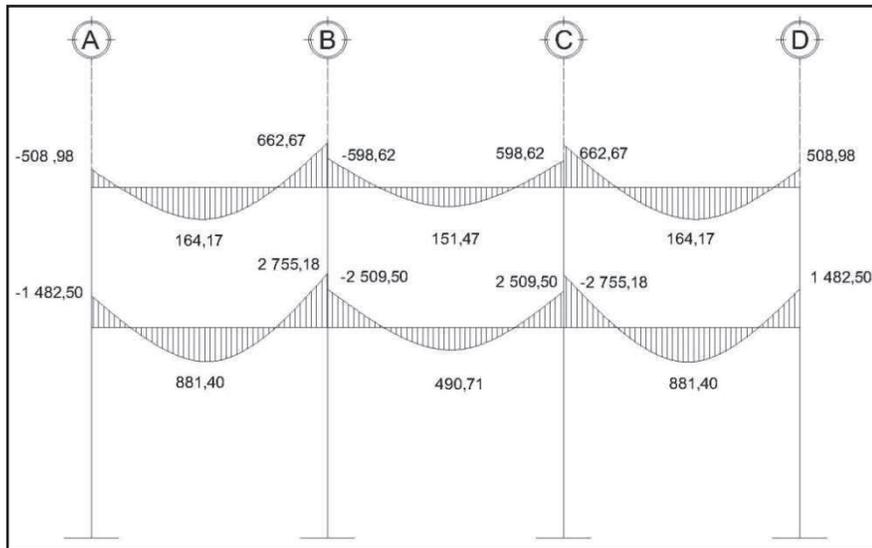
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama de momentos en columnas carga muerta, eje X



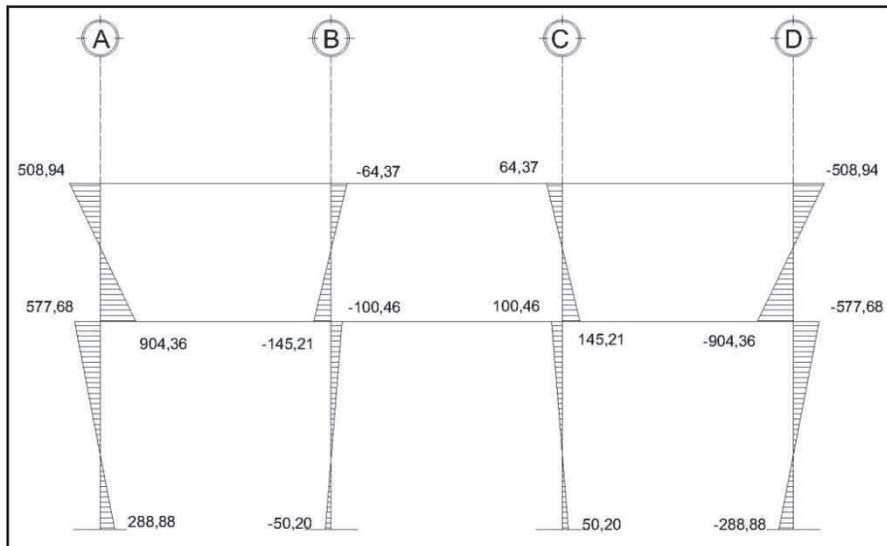
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Diagrama de momentos en vigas carga viva, eje X



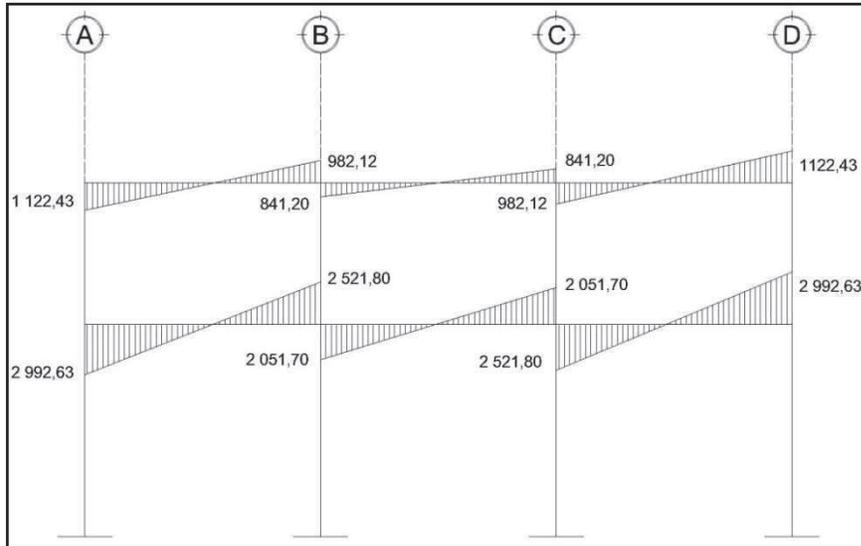
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Diagrama de momentos en columnas carga viva, eje X



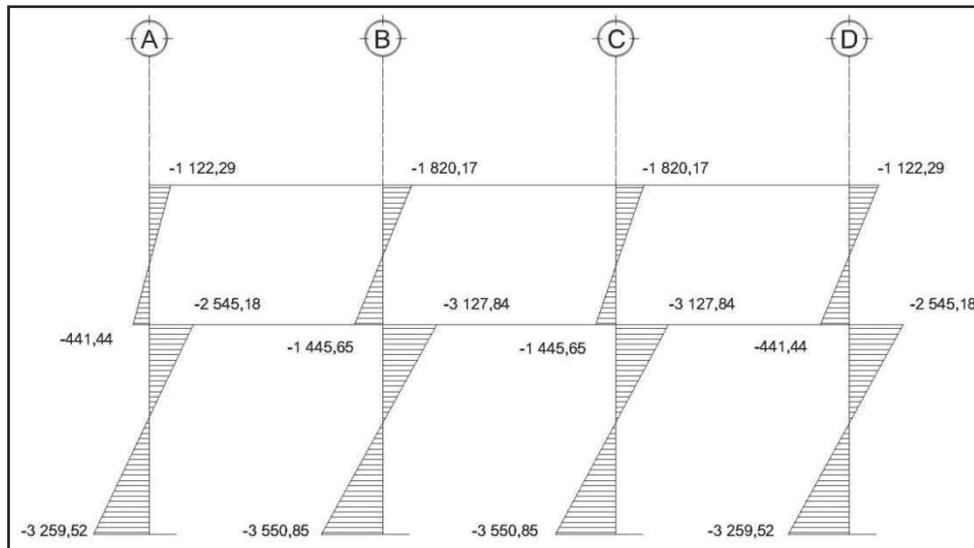
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica, eje X



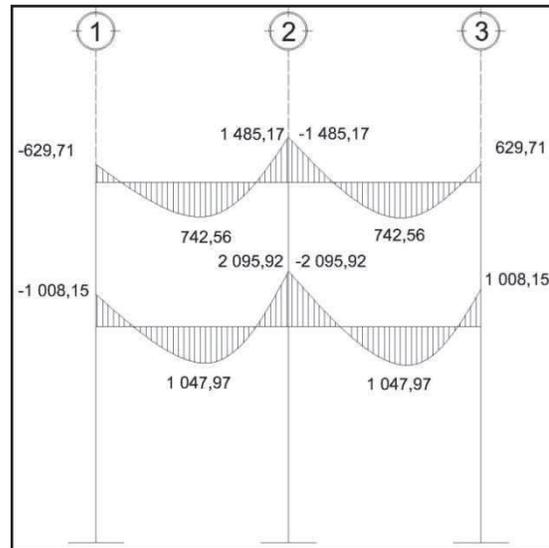
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica, eje X



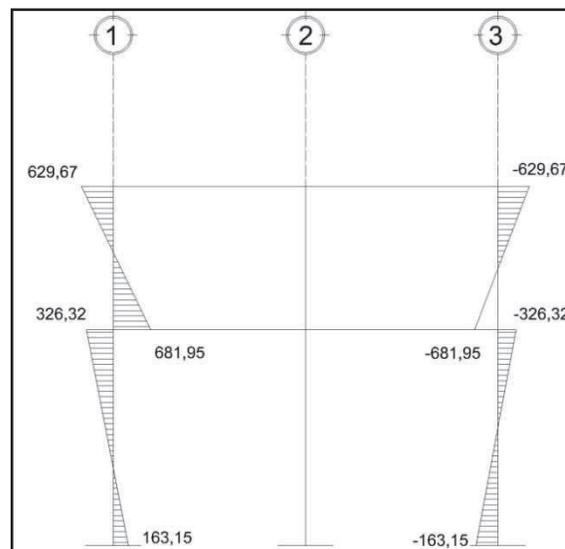
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama de momentos en vigas carga muerta, eje Y



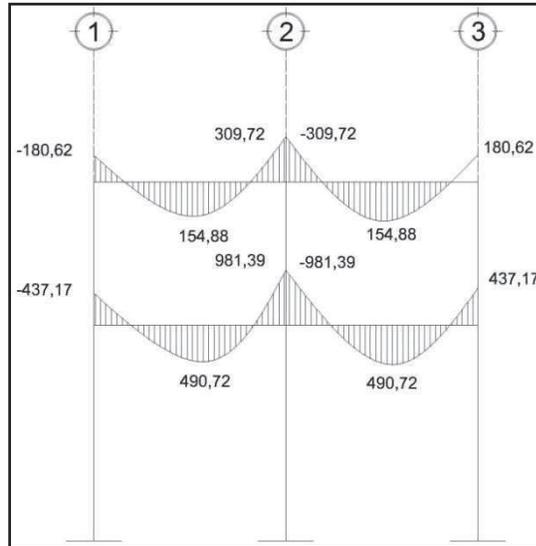
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama de momentos en columnas carga muerta, eje Y



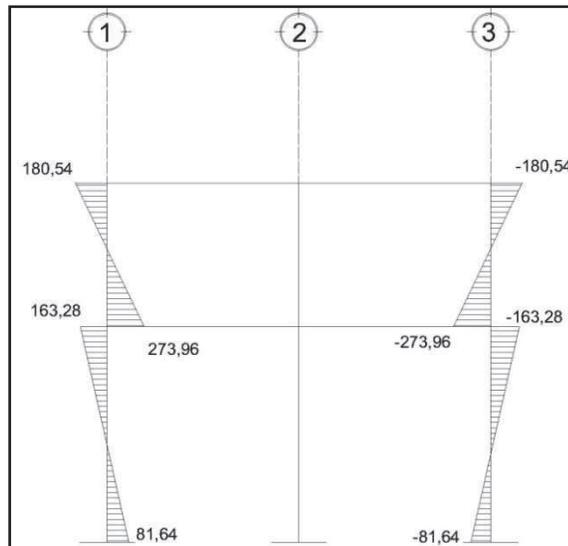
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama de momentos en vigas carga viva, eje Y



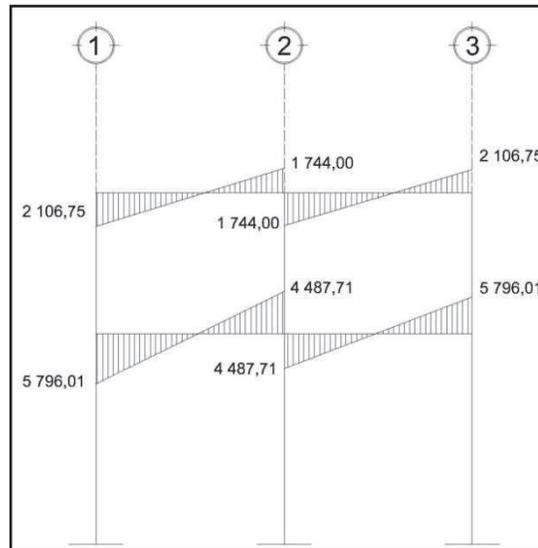
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diagrama de momentos en columnas carga viva, eje Y



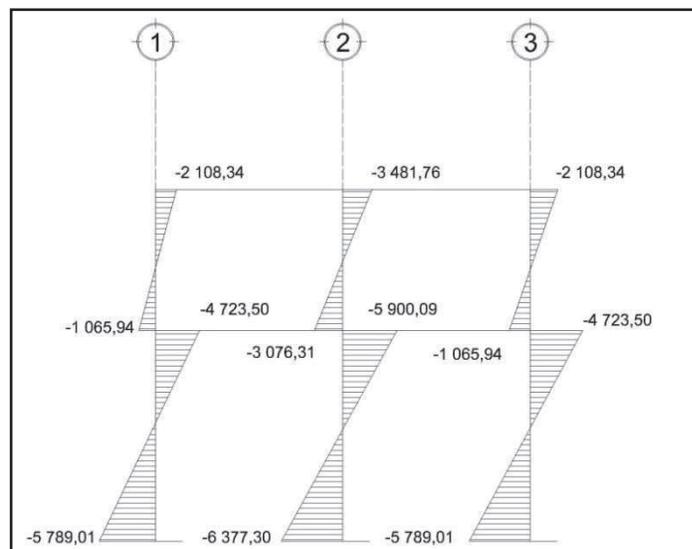
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica, eje Y



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica, eje Y



Fuente: elaboración propia.

3.1.6.4. 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 318-99 propone las siguientes combinaciones.

- Fórmulas utilizadas para envolvente de momentos

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

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

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

- 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

Eje 2 momentos en segundo nivel A - B

$$M_{A(-)} = 0,75 * (1,4 * -1 568,98 + 1,7 * -508,98 - 1,87 * 1 122,43) = -3 870,60 \text{ kg-m}$$

$$M_{(+)} = 1,4 * 957,46 + 1,7 * 164,17 = 1 619,50 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(-)} = 0,75 * (1,4 * 2 966,10 + 1,7 * 662,67 + 1,87 * 982,12) = 5 336,70 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(-)} = 0,90 * -1 568,98 - 1,43 * 1 122,43 = -3 017,20 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{B(-)} = 0,90 * 2 966,10 + 1,43 * 982,12 = 4 073,90 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{ACol} = 0,75 * (1,4 * 1 569,06 + 1,7 * 508,94 - 1,87 * -1 122,29) = 3 870,40 \text{ kg-m}$$

$$M_{ACol} = 0,75 * (1,4 * 1 703,37 + 1,7 * 904,36 - 1,87 * -441,44) = 3 560,69 \text{ kg-m}$$

$$M_{BCol} = 0,75 * (1,4 * -263,60 + 1,7 * -64,38 + 1,87 * -1 819,73) = -2 911,04 \text{ kg-m}$$

$$M_{BCol} = 0,75 * (1,4 * -27,32 + 1,7 * -145,21 + 1,87 * -1 445,65) = -2 497,55 \text{ kg-m}$$

Eje B momentos en segundo nivel 2 – 3

$$M_{2(-)} = 0,75 * (1,4 * -1 485,12 + 1,7 * -309,70 - 1,87 * 1 744,00) = -4 400,21 \text{ kg-m}$$

$$M_{(+)} = 1,4 * 742,59 + 1,7 * 154,88 = 1 302,92 \text{ kg-m}$$

$$M_{3(-)} = 0,75 * (1,4 * 629,69 + 1,7 * 180,53 + 1,87 * 2 108,64) = -3 848,73 \text{ kg-m}$$

$$M_{2(-)} = 0,90 * -1 485,12 - 1,43 * 1 744,00 = -3 830,50 \text{ kg-m}$$

menor que el anterior $M_{2(-)}$

$$M_{3(-)} = 0,90 * 629,69 + 1,43 * 2 108,64 = 3 582,10 \text{ kg-m}$$

menor que el anterior $M_{3(-)}$

$$M_{2Col} = 0,75 * (1,4 * 0,007 + 1,7 * 0,026 + 1,87 * -3 481,76) = -4 883,13 \text{ kg-m}$$

$$M_{2Col} = 0,75 * (1,4 * -0,009 + 1,7 * 0,001 + 1,87 * -3 076,31) = -4 314,53 \text{ kg-m}$$

$$M_{3Col} = 0,75 * (1,4 * -629,69 + 1,7 * -180,58 + 1,87 * -2 107,73) = -3 847,51 \text{ kg-m}$$

$$M_{3Col} = 0,75 * (1,4 * -681,92 + 1,7 * -273,95 + 1,87 * -1 066,63) = -2 561,26 \text{ kg-m}$$

Eje 2 corte en segundo nivel A - B

$$V_{2V} = 0,75 * \left[\frac{1,4(1 032 * 5)}{2} + \frac{1,7(240 * 5)}{2} + \frac{1,87(1 122,43 + 982,12)}{5} \right]$$

$$V_{2V} = 4 064,30 \text{ kg}$$

$$V_A = \frac{3 560,69 + 3 870,43}{3} = 2 477,04 \text{ kg}$$

$$V_B = \frac{-2 497,55 - 2 911,04}{3} = -1 802,86 \text{ kg}$$

Eje B corte en segundo nivel 2 – 3

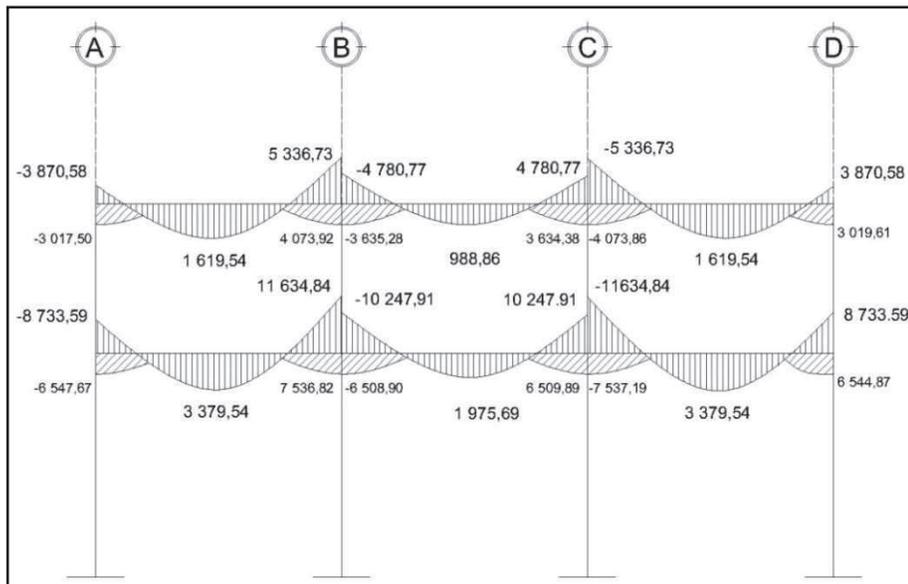
$$V_{2V} = 0,75 * \left[\frac{1,4(900 * 4)}{2} + \frac{1,7(200 * 4)}{2} + \frac{1,87(1\,744,00 + 2\,1088,64)}{4} \right]$$

$$V_{2V} = 3\,750,83 \text{ kg}$$

$$V_2 = \frac{-4\,314,53 + -4\,883,13}{3} = -3\,065,89 \text{ kg}$$

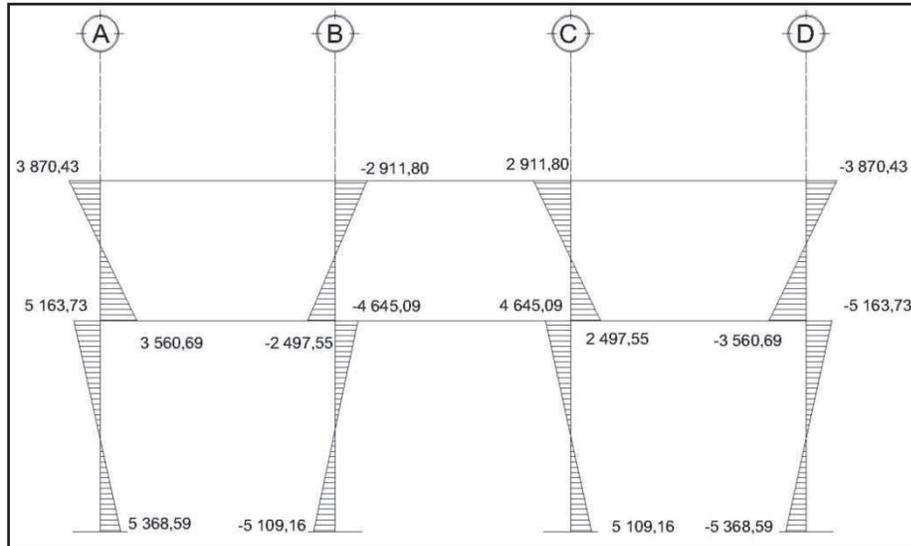
$$V_3 = \frac{-2\,561,26 + -3\,847,51}{3} = -2\,136,26 \text{ kg}$$

Figura 29. Diagrama de momentos últimos en vigas, eje X



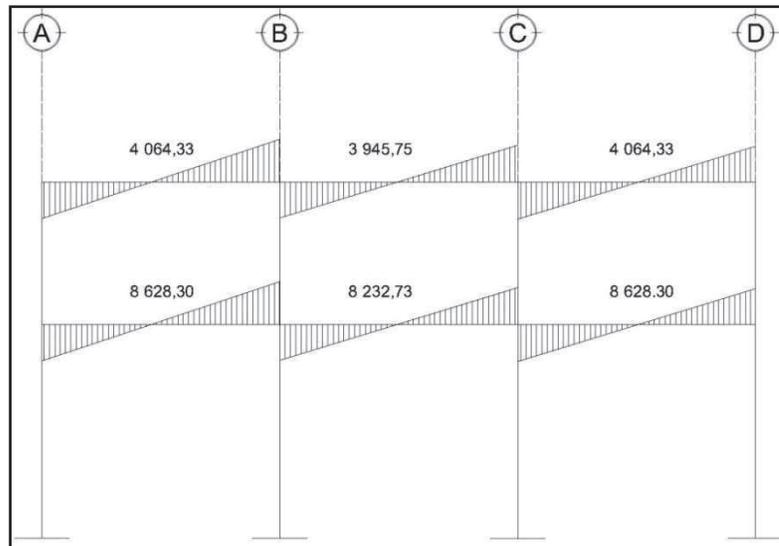
Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Diagrama de momentos últimos en columnas, eje X



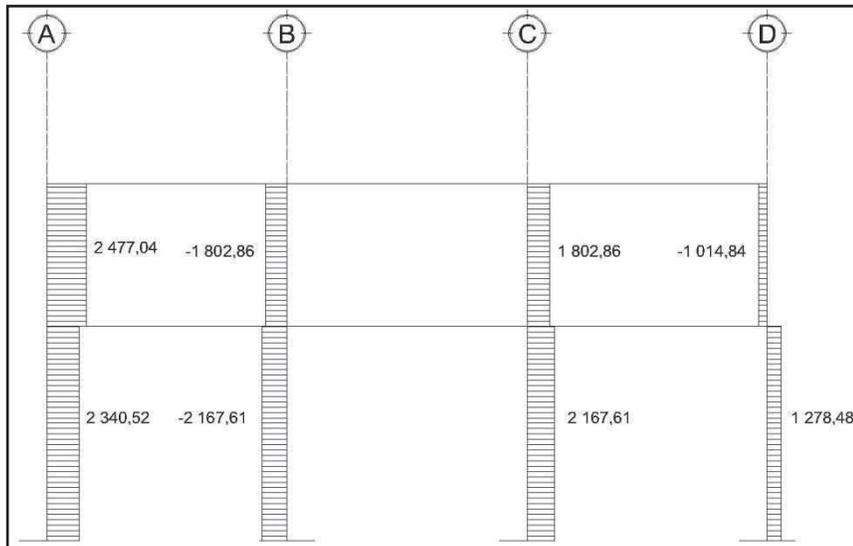
Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Diagrama de cortes últimos en vigas, eje X



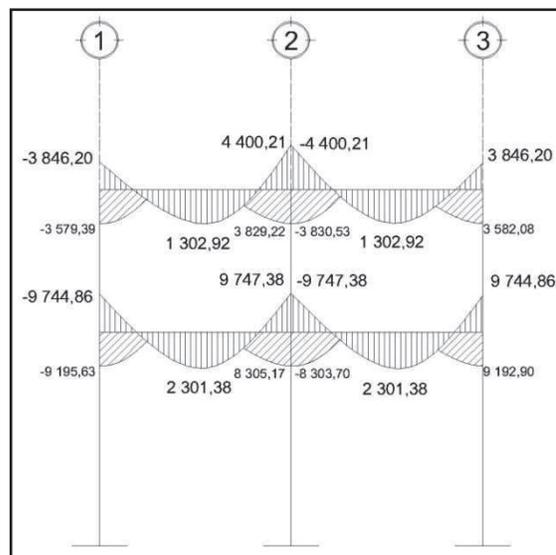
Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Diagrama de cortes últimos en columnas, eje X



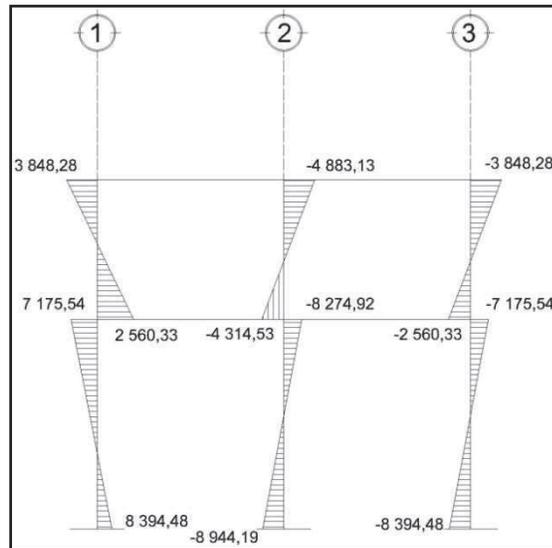
Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Diagrama de momentos últimos en vigas, eje Y



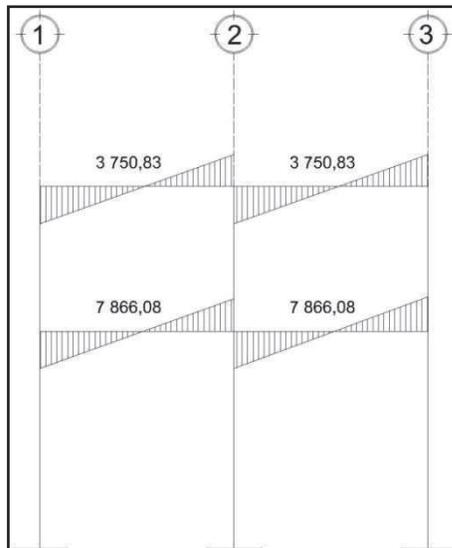
Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Diagrama de momentos últimos en columnas, eje Y



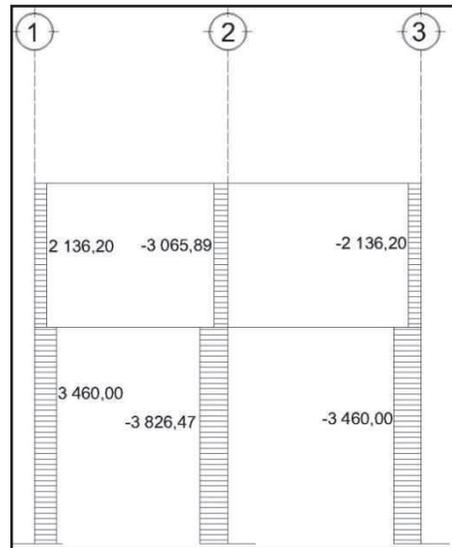
Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Diagrama de cortes últimos en vigas, eje Y



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Diagrama de cortes últimos en columnas, eje Y



Fuente: elaboración propia.

3.1.6.5. 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 aplicadas, proporcionando seguridad y una vida útil considerable.

Para el diseño estructural se utilizaron las siguientes especificaciones.

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

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

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

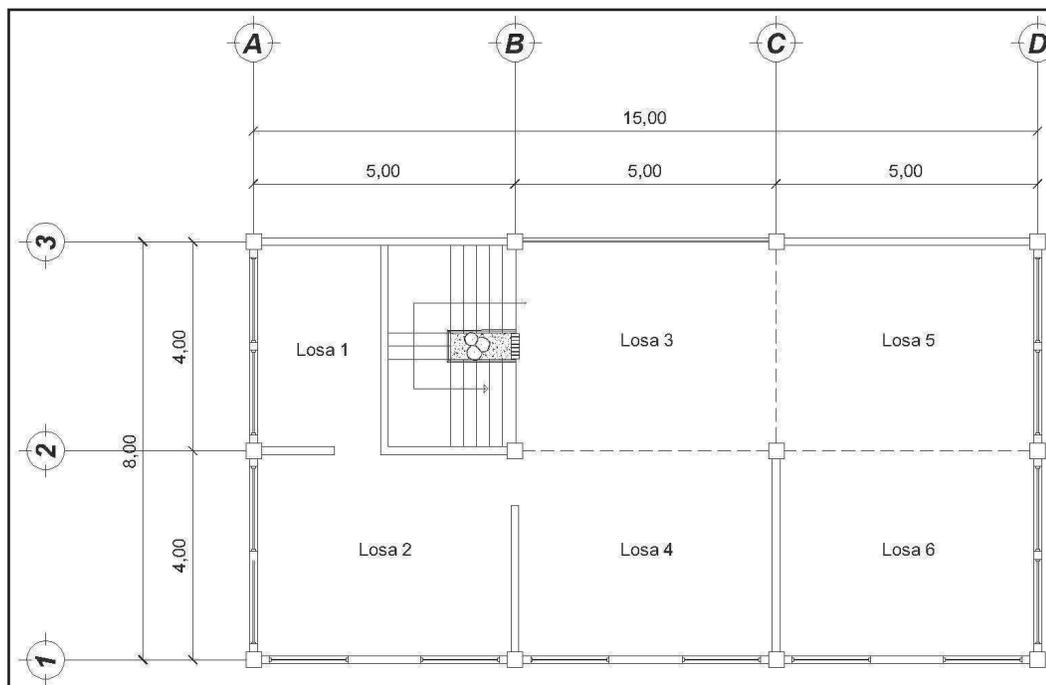
$$E_c = 15\,100 * \sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

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

3.1.6.6. 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 monolíticamente con estas. Para el diseño se utilizó el método 3 del código ACI 318-99.

Figura 37. Planta de distribución de losas



Fuente: elaboración propia.

Análisis de losa 4 del primer nivel

Carga muerta última:

$$CM_u = 1,4 * (W_{losa} + SC)$$

donde:

CM_u = carga muerta última (kg/m²)

W_{losa} = peso de la losa (kg/m²)

SC = sobrecarga (kg/m²)

$$CM_u = 1,4(2\ 400 * 0,10 + 90) = 462\ \text{kg/m}^2$$

Carga viva última:

$$CV_u = 1,7 * (CV)$$

donde:

CV_u = carga viva última (kg/m²)

CV = carga viva (kg/m²)

$$CV_u = 1,7 * 400 = 680\ \text{kg/m}^2$$

Carga última total

$$CU_T = CM_u + CV_u$$

donde:

CU_T = carga última total (kg/m²)

CM_u = carga muerta última (kg/m²)

CV_u = carga viva última (kg/m²)

$$CU_T = 462 + 680 = 1\ 142\ \text{kg/m}^2$$

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

Momentos negativos

Momentos positivos

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

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

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

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

donde:

M = momentos positivos y negativos (kg-m)

CU_T = carga última total (kg/m²)

CM_U = carga muerta última (kg/m²)

CV_U = carga viva última (kg/m²)

$C_{a-} = C_{b-}$ = coeficiente para momentos negativos debido a carga total

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

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



$$M_{a(-)} = 0,055 * 1\,142 * 4^2 = 1\,004,96 \text{ kg-m}$$

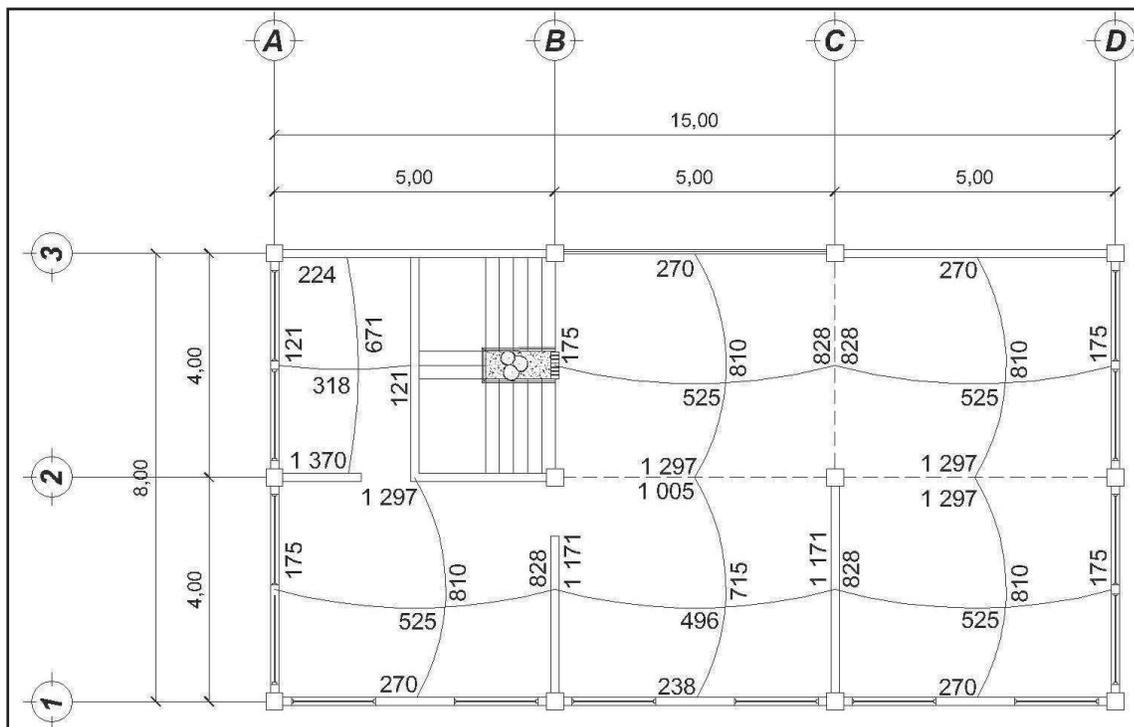
$$M_{a(+)} = 0,032 * 462 * 4^2 + 0,044 * 680 * 4^2 = 715,26 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(-)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{715,26 \text{ kg-m}}{3} = 238,42 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,041 * 1\ 142 * 5^2 = 1\ 170,55 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 0,015 * 462 * 5^2 + 0,019 * 680 * 5^2 = 496,25 \text{ kg-m}$$

Figura 38. **Planta de distribución de momentos en losa**



Fuente: elaboración propia.

Balace 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 $M_{1menor} > 0,80 * M_{2mayor}$

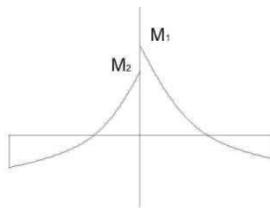
$$M_b = (M_{2mayor} + M_{1menor})/2$$

Si $M_{1menor} < 0,80 * M_{2mayor}$

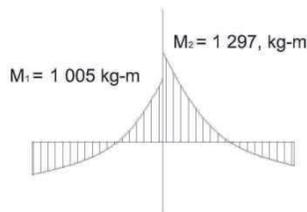
Se balancean proporcionalmente a su rigidez y

Se procede de la siguiente manera:

$$K_1 = \frac{1}{L_1} \quad K_2 = \frac{1}{L_2} \quad D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$



D_1	D_2
$(M_2 - M_1) * D_1 + M_1$	$(M_2 - M_1) * D_2 - M_2$
MB	MB



$$M_2 = 0,80 * 1\,297,00 = 1\,037,60\text{ kg-m}$$

$$M_1 = 1\,005,00\text{ kg-m}$$

$M_1 < M_2$ balancear por su rigidez

$$K_1 = \frac{1}{5} = 0,20$$

$$K_2 = \frac{1}{5} = 0,20$$

$$D_1 = \frac{0,20}{0,20 + 0,20} = 0,50$$

$$D_2 = \frac{0,20}{0,20 + 0,20} = 0,50$$

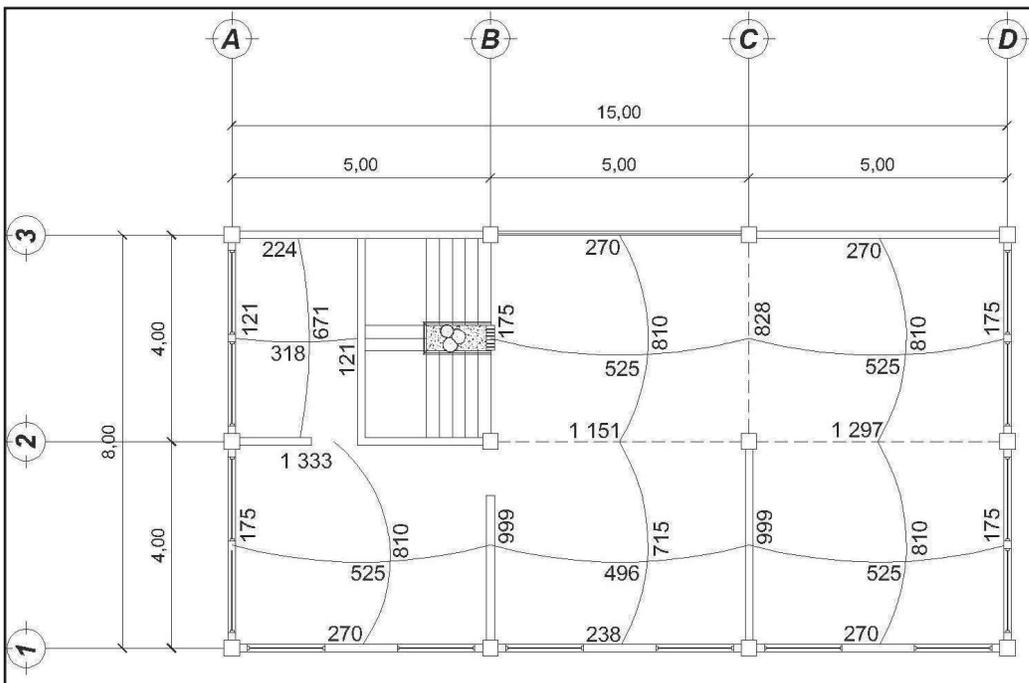
Tabla IX. **Balance de momentos**

D ₁	D ₂
$(1\ 297 - 1\ 005) \cdot 0,50 + 1\ 005$	$(1\ 297 - 1\ 005) \cdot 0,50 - 1\ 297$
1 151,14 kg	- 1 151,14 kg

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del balance de momentos, en todos los puntos necesarios, pueden observarse en la figura 39.

Figura 39. **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 1,00 m; el recubrimiento será de 2,5 cm y el espesor de 10 cm, según el predimensionamiento. Se utilizará varilla No 3.

Cálculo del peralte efectivo

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

donde:

d = peralte efectivo (cm)

t = espesor de losa (cm)

rec = recubrimiento mínimo (cm)

ϕ = diámetro de la varilla a utilizar (cm)

$$d = 10 - 2,5 - (0,953/2) = 7 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo ($A_{s_{\min}}$) en una losa, se calcula usando un ancho unitario de 1,00 m y una cuantía de acero mínima (ρ_{\min}).

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d$$

donde:

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínima (cm²)

ρ_{\min} = cuantía de acero mínima (adim)

b = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 7 = 3,51 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento de estribos

$$S = \frac{A_{\text{varilla}} * b}{A_{s_{\text{mín}}}}$$

donde:

S = espaciamiento de estribos (cm)

A_{varilla} = área de varilla a utilizar (cm²)

b = ancho unitario (cm)

$A_{s_{\text{mín}}}$ = área de acero mínima (cm²)

$$S = \frac{0,71 * 100}{3,51} = 20 \text{ cm}$$

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.

$$S_{\text{máx}} = 2 * t$$

donde:

$S_{\text{máx}}$ = espaciamiento máximo de estribos (cm)

t = espesor de losa (cm)

$$S_{\text{máx}} = 2 * 10 = 20 \text{ cm}$$

Momento que resiste el área de acero mínima

$$M_{A_{s_{\text{mín}}}} = \phi * \left[A_s * F_y * \left(d - \frac{A_s * F_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

donde:

$M_{ASmín}$ = momento que resiste el área de acero mínima (kg-m)

\emptyset = factor de reducción (adim)

A_s = área de acero mínima (cm^2)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho unitario (cm)

$$M_{ASmín} = 0,90 * \left[3,51 * 2\,810 \left(7 - \frac{3,51 * 2\,810}{1,7 * 281 * 100} \right) \right] = 591,46 \text{ kg-m}$$

Cálculo de área de acero para momentos mayores

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

donde:

A_s = área de acero (cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho unitario (cm)

M_u = momento último (kg-m)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$A_s = \left[(7 * 100) - \sqrt{(7 * 100)^2 - \frac{1\,333 * 100}{0,003\,825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2\,810} = 8,08 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{4,60} = 15 \text{ cm}$$

Todas las losas del primer nivel No 3 @ 0,09 m, ambos sentidos; todas las losas del segundo nivel No. 3 @ 0,17 m, ambos sentidos.

Chequeo por corte

Corte máximo

$$V_{\text{máx}} = \frac{W * l}{2}$$

donde:

$V_{\text{máx}}$ = corte máximo (kg)

W = peso de la losa (kg/m)

l = longitud (m)

$$V_{\text{máx}} = \frac{1142 * 5}{2} = 2855 \text{ kg}$$

Corte resistente

$$V_r = 45 * t * \sqrt{f'_c}$$

donde:

V_r = corte resistente (kg)

t = espesor de losa (cm)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

$$V_r = 45 * 10 * \sqrt{281} = 7543,37 \text{ kg}$$

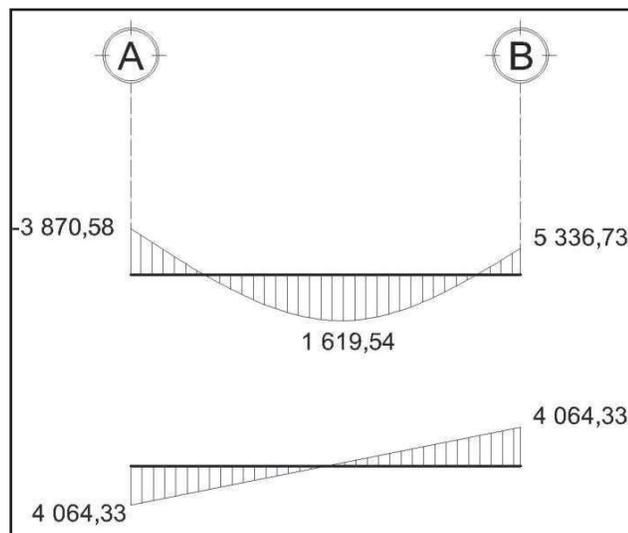
El valor del cortante resistente es mayor al actuante, por lo tanto, es correcto. El armado final se encuentra en apéndice: plano de techos y vigas del edificio.

3.1.6.7. 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 cm por 35 cm.

Figura 40. Diagrama de momento y corte en viga eje B



Fuente: elaboración propia.

Cálculo del peralte efectivo

$$d = h_{\text{viga}} - \text{rec} - (\phi/2)$$

donde:

d = peralte efectivo (cm)

h_{viga} = altura de la sección de viga (cm)

rec = recubrimiento mínimo (cm)

ϕ = diámetro de la varilla a utilizar (cm)

$$d = 35 - 3 - (1,588/2) = 31 \text{ cm}$$

Cálculo del área de acero mínimo ($A_{s\text{min}}$)

$$A_{s\text{min}} = \rho_{\text{min}} * b * d$$

donde:

$A_{s\text{min}}$ = área de acero mínima (cm^2)

ρ_{min} = cuantía de acero mínima (adim)

b = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$A_{s\text{min}} = \frac{14,1}{2\ 810} * 25 * 31 = 3,88 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero máxima ($A_{s\text{máx}}$)

$$\rho_{\text{bal}} = 0,85 * \left[\frac{\beta * f'_c}{F_y} * \frac{6\ 090}{(F_y + 6\ 090)} \right]$$

donde:

ρ_{bal} = cuantía balanceada (adim)

β = factor de reducción (adim)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$\rho_{bal} = 0,85 * \left[\frac{0,85 * 281}{2 810} * \frac{6 090}{(2 810 + 6 090)} \right] = 0,049 44$$

$$As_{m\acute{a}x} = 0,50 * \rho_{bal} * b * d$$

donde:

$As_{m\acute{a}x}$ = área de acero máxima (cm^2)

ρ_{bal} = cuantía balanceada (adim)

b = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$As_{m\acute{a}x} = 0,50 * 0,049 44 * 25 * 31 = 19,16 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero longitudinal, para los momentos dados

$$As = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003 825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{F_y}$$

donde:

As = área de acero (cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho de la sección de viga (cm)

M_u = momento último (kg-m)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$M_{(-)} = 3\,870,58 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(25 * 31) - \sqrt{(25 * 31)^2 - \frac{3\,870,58 * 25}{0,003\,825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2\,810} = 5,14 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)} = 5\,336,73 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(25 * 31) - \sqrt{(25 * 31)^2 - \frac{5\,336,73 * 25}{0,003\,825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2\,810} = 7,20 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 1\,619,54 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(25 * 31) - \sqrt{(25 * 31)^2 - \frac{1\,619,54 * 25}{0,003\,825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2\,810} = 2,10 \text{ cm}^2$$

Según el código ACI 318-99, los requerimientos para el armado de la cama superior e inferior se definen de la siguiente manera.

- Cama superior al centro: dos varillas mínimo con las dimensiones siguientes, el mayor de los dos.
 - $A_{s_{\min}} = 3,88 \text{ cm}^2$
 - $33\%A_{s_{\min}} = 0,33 * 7,20 = 2,38 \text{ cm}^2$

Colocar $A_{s_{\min}} = 3,88 \text{ cm}^2$

- En la cama inferior en apoyos, se debe colocar como mínimo dos varillas corridas tomando el mayor:
 - $A_{s_{\min}} = 3,88 \text{ cm}^2$
 - $50\%A_{s_{(M-)}} = 0,50 * 7,20 = 3,60 \text{ cm}^2$
 - $50\%A_{s_{(M+)}} = 0,50 * 2,10 = 1,05 \text{ cm}^2$

Colocar $A_{s_{\min}} = 3,88 \text{ cm}^2$

El armado final queda de la siguiente manera.

Cama superior: $3,88 \text{ cm}^2$ se cubre con 2 varillas corridas No. 5 ($3,96 \text{ cm}^2$)

Cama inferior: $3,88 \text{ cm}^2$ se cubre con 2 varillas corridas No. 5 ($3,96 \text{ cm}^2$)

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 $S_{\max} = d/2$

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

$$V_r = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

donde:

V_r = corte resistente (kg)

\emptyset = factor de reducción (adim)

f_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho de la sección de viga (cm)

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 25 * 31 = 5\ 852,61 \text{ kg}$$

$V_{act} = 4\ 064,32 \text{ kg}$, el esfuerzo resistente es mayor que el actuante, colocar estribos por armado a:

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2}$$

donde:

$S_{m\acute{a}x}$ = separación máxima de estribos (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{31}{2} = 16 \text{ cm}$$

Para la separación de estribos en zona de confinamiento, según el ACI 318-99 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.

$$L = 2 * d$$

donde:

L = longitud de la zona de confinamiento (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$L = 2 * 31 = 62 \text{ cm}$$

- 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:

$$d/4 = 31/4 = 8 \text{ cm}$$

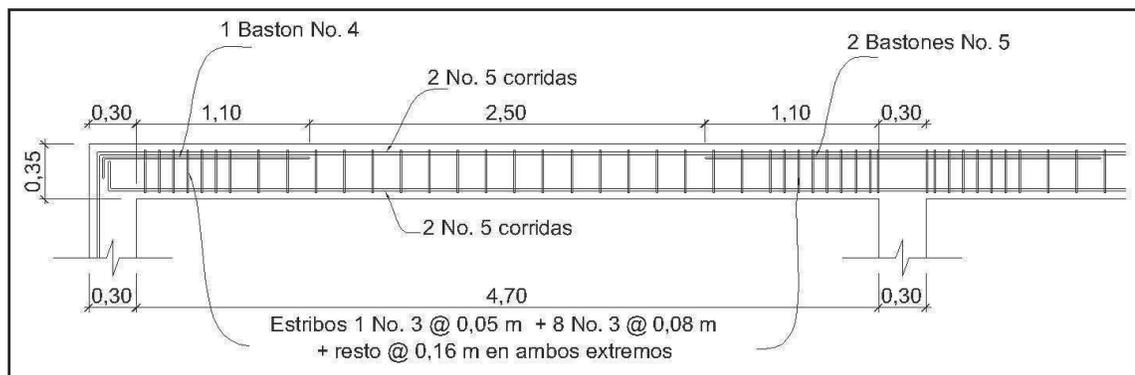
$$8_{\phi_{\text{var long}}} = 8 * 1,588 = 12,70 \text{ cm}$$

$$24_{\phi_{\text{var trans}}} = 24 * 0,953 = 22,88 \text{ cm}$$

30 cm

Por lo tanto la separación de estribos en la zona de confinamiento debe ser de 8 cm y el resto a 16 cm. Ver cuadro resumen de armado de vigas, tabla VII, plano de detalle de vigas en apéndice. El armado queda de la siguiente manera:

Figura 41. **Detalle de armado de viga tipo V-3**



Fuente: elaboración propia.

Tabla X. 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	
V-1	8 733,59	10,28	2 No. 6	2 No. 6	1 @ 0,05 + 8 @ 0,09 + resto @ 0,18
	3 379,54	3,81	2 No. 8	----	
	11 634,84	14,07	2 No. 6	2 No.8	
V-2	9 744,86	11,58	2 No. 6	2 No. 6	1 @ 0,05 + 8 @ 0,09 + resto @ 0,18
	2 301,38	2,57	2 No. 8	----	
	9 747,38	11,58	2 No. 6	2 No. 6	
V-3	3 870,58	5,14	2 No. 5	1 No. 4	1 @ 0,05 + 8 @ 0,08 + resto @ 0,16
	1 619,54	2,10	2 No. 5	----	
	5 336,73	7,20	2 No. 5	2 No. 5	
V-4	4 400,21	5,87	2 No. 5	1 No. 4	1 @ 0,05 + 8 @ 0,08 + resto @ 0,16
	1 302,92	1,68	2 No. 5	----	
	3 848,73	5,11	2 No. 5	1 No. 5	

Fuente: elaboración propia.

3.1.6.8. Diseño de columnas

Las columnas son elementos verticales que absorben la carga completa del edificio para trasladarla a la cimentación. Están sometidos 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 35 cm

Longitud de columna = 2,65 m

Área tributaria = 20 m²

Momento máximo en X $M_x = 3\,870,43$ kg-m

Momento máximo en Y $M_y = 4\,883,13$ kg-m

Carga axial

$$CU = 1,4CM + 1,7CV$$

donde:

CU = carga última (kg/m²)

CM = carga muerta (kg/m²)

CV = carga viva (kg/m²)

$$CU = 1,4 * 330 + 1,7 * 100 = 632 \text{ kg/m}^2$$

Factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{CU}{CM + CV}$$

donde:

F_{CU} = factor de carga última (adim)

CM = carga muerta (kg/m²)

CV = carga viva (kg/m²)

$$F_{CU} = \frac{632}{330 + 100} = 1,46$$

Peso de viga

$$P_{viga} = b * h * \gamma_{concreto} * L$$

donde:

P_{viga} = peso de la viga (kg)

b = base de la viga (m)

h = altura de la viga (m)

γ_{concreto} = peso específico del concreto (t/m^3)

L = longitud de la viga (m)

$$P_{\text{viga}} = 0,25 * 0,35 * 2\,400 * 9 = 1\,890 \text{ kg}$$

Carga axial última

$$P_u = A_{t_{\text{losa}}} * CU + P_{\text{viga}} * F_{CU}$$

donde:

P_u = carga axial última (t)

$A_{t_{\text{losa}}}$ = área tributaria de losa (m^2)

CU = carga última (kg/m^2)

P_{viga} = peso de la viga (kg)

F_{CU} = factor de carga ultima (adim)

$$P_u = 20 * 632 + 1\,890 * 1,46 = 15\,399 \text{ kg} = 15,39 \text{ t}$$

Esbeltez de columnas (E): la esbeltez en una columna está definida por la relación entre la longitud del elemento y su sección transversal I/r . De aquí que se clasifican en corta ($E < 22$), intermedia ($22 < E < 100$), larga ($E > 100$), si $E > 100$ no es recomendado.

La ecuación a utilizar es, $E = KL_u / \sigma$, 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 misma (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

$$\psi = \frac{\sum k_{\text{Col}}}{\sum k_{\text{Viga}}}; \quad k = \frac{I}{L}; \quad I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

donde:

ψ = grado de empotramiento a la rotación (adim)

k = rigidez del elemento (m^3)

I = inercia del elemento (m^4)

L = longitud de la viga y columna (m)

b = base de la sección de viga y columna (m)

h = altura de la sección de viga y columna (m)

$$I_{\text{col}} = \frac{1}{12} * (0,30)^4 = 0,000 68 m^4$$

$$k_{\text{col}} = \frac{0,000 68}{2,65} = 0,000 25 m^3$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} * 0,25 * (0,35)^4 = 0,000 89 m^4$$

$$k_{\text{viga}} = \frac{0,000 89}{5} = 0,000 18 m^3$$

$$\psi_a = \frac{0,000 255}{0,000 18 + 0,000 18} = 0,71$$

$$\psi_b = \frac{0,000 255 + 0,000 255}{0,000 18 + 0,000 18} = 1,42$$

$$\psi_{\text{prom}} = \frac{0,71 + 1,42}{2} = 1,07$$

Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{(20 - \Psi_{\text{prom}})}{20} * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} \quad \text{para } \Psi_{\text{prom}} < 2$$

$$K = 0,90 * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} \quad \text{para } \Psi_{\text{prom}} \geq 2$$

$$K = \frac{(20 - 1,07)}{20} * \sqrt{1 + 1,07} = 1,36$$

$$E = \frac{1,36 * 2,65}{0,30 * 0,30} = 40,04$$

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

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

donde:

β_d = factor de flujo plástico (adim)

CMu = carga muerta última (kg/m²)

CU = carga última (kg/m²)

E_c = módulo de elasticidad del concreto (kg/cm²)

I_g = momento de inercia de la sección de columna (cm⁴)

EI = rigidez efectiva (kg-cm²)

K = coeficiente K (adim)

L_u = longitud efectiva de pandeo (m)

P_{cr} = carga crítica de pandeo de Euler (t)

P_u = carga axial última (t)

δ = coeficiente de magnificación de momentos (adim)

$$\beta_d = \frac{1,4 * 330}{632} = 0,73$$

$$EI = \frac{0,4 * 15\ 100 * \sqrt{281} * 1/2 * 30^4}{1 + 0,73} = 3,95 \times 10^9 \text{ kg-cm}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 395,05}{(1,36 * 2,65)^2} = 300,19 \text{ t}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{15,39}{0,7 * 300,19}} = 1,08, \text{ por lo que los momentos de diseño serán:}$$

$$M_{dx} = \delta_x * M_x = 1,08 * 3\ 870,43 = 4\ 180,10 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = \delta_y * M_y = 1,10 * 4\ 883,13 = 5\ 371,40 \text{ kg-m}$$

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

Cálculo de parámetros independientes que se utilizan en el diagrama de interacción:

$$\gamma_{x,y} = \frac{d - d'}{h}$$

donde:

d = peralte efectivo (cm)

h = altura de la sección de columna (cm)

$$d' = h - d = 30 - 27 = 3 \text{ cm}$$

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

$$\left(\frac{e}{h}\right)_x = \left(\frac{M_x}{P_u * h}\right)_x = \left(\frac{4\,180,10}{15\,399 * 0,30}\right) = 0,90$$

$$\left(\frac{e}{h}\right)_y = \left(\frac{M_y}{P_u * h}\right)_y = \left(\frac{5\,371,40}{15\,399 * 0,30}\right) = 1,16$$

Área de acero: según el Código ACI 318-99, el área de acero debe estar entre un 1% a un 6% 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 equivalen a 22,80 cm²

Cuantía de acero para el área de acero

$$\rho_w = \frac{A_s * F_y}{0,85 * A_g * f'_c}$$

donde:

ρ_w = cuantía de acero para el área de acero (adim)

A_s = área de acero (cm^2)

A_g = área de la sección de columna (cm^2)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$\rho_w = \frac{22,80 * 2\ 810}{0,85 * 30^2 * 281} = 0,30$$

Valores de los coeficientes del diagrama de interacción

$K'_x = 0,20$ $K'_y = 0,15$, ver anexo, diagrama de interacción

Cálculo de la carga máxima axial resistente de la columna sometida a flexión biaxial:

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_0}$$

$$P'_0 = 0,70 * (0,85 * f'c * A_g + A_s * F_y)$$

$$P'_x = K'_x * f'c * A_g$$

$$P'_y = K'_y * f'c * A_g$$

donde:

P'_u = carga máxima axial (t)

P'_x = carga axial a lo largo del eje x (t)

P'_y = carga axial a lo largo del eje y (t)

P'_0 = carga axial para excentricidad cero (t)

A_s = área de acero (cm^2)

A_g = área de la sección de columna (cm^2)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$K'_x = K'_y$ = coeficientes del diagrama de interacción (adim)

$$P'_o = [0,70 * (0,85 * 281 * 30^2 + 22,80 * 2 810)] / 1 000 = 195,32 \text{ t}$$

$$P'_x = (0,20 * 281 * 30^2) / 1 000 = 50,58 \text{ t}$$

$$P'_y = (0,15 * 281 * 30^2) / 1 000 = 37,93 \text{ t}$$

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{50,58} + \frac{1}{37,93} - \frac{1}{195,32}$$

$$P'_u = 24,38 \text{ t}$$

$$P'_u = 24,38 \text{ t} > P_u = 15,39 \text{ t}$$

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.

$$V_r = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

donde:

V_r = corte resistente (kg)

\emptyset = factor de reducción (adim)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho de la sección de columna (cm)

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 30 * 27 = 6\ 116,90 \text{ kg}$$

El esfuerzo resistente del concreto es mayor que el actuante; es necesario diseñar de acuerdo con el código ACI 318-99.

Los estribos se colocarán a:

$$S_{\text{máx}} = \frac{d}{2}$$

donde:

$S_{\text{máx}}$ = separación máxima de estribos (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$S_{\text{máx}} = \frac{27}{2} = 13 \text{ cm}$$

Longitud de confinamiento: la mayor de las siguientes.

$$L_u/6 = 265/6 = 44 \text{ cm}$$

$$16\phi_{\text{var long}} = 16 * 1,905 = 30,48 \text{ cm}$$

$$48\phi_{\text{var trans}} = 48 * 0,953 = 45,72 \text{ cm}$$

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

Espacio entre estribos en zona confinada:

Relación volumétrica

$$\rho_s = 0,45 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * f_c}{F_y} \right)$$

donde:

ρ_s = relación volumétrica (adim)

A_g = área de la sección de columna (cm²)

A_{ch} = área del estribo (cm²)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm²)

f_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

$$\rho_s = 0,45 * \left(\frac{30 * 30}{24 * 24} - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * 281}{2810} \right) = 0,021$$

$$S = \frac{4 * A_{varilla}}{\rho_s * L}$$

donde:

S = separación de estribos en zona confinada (cm)

$A_{varilla}$ = área de la varilla a utilizar (cm²)

ρ_s = relación volumétrica (adim)

L = longitud del lado del estribo (cm)

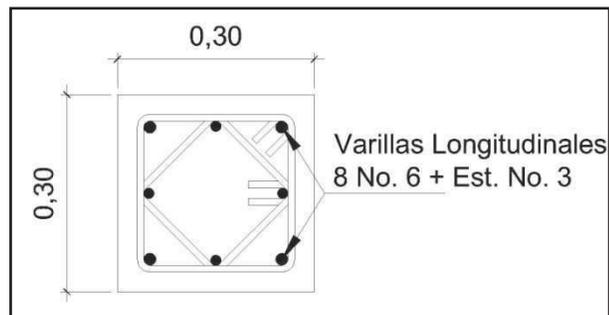
$$S = \frac{4 * 0,71}{0,021 * 24} = 5,63 \text{ cm}$$

Colocar estribos a cada 6 cm en zona confinada.

Se colocarán estribos rotados a 45° alternados, según el código ACI 318-99, en el capítulo 7.10.5, debido a las barras longitudinales en las caras.

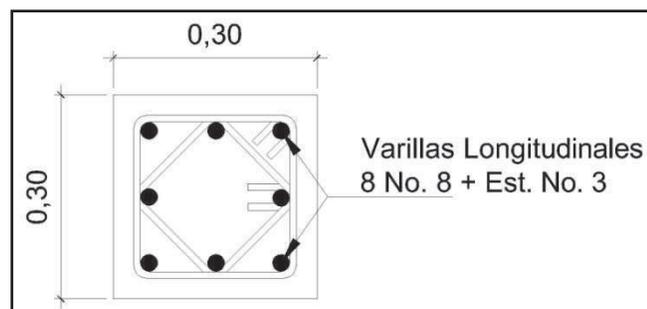
Este método de cálculo se aplicó para la columna del primer nivel, con los momentos y cortes máximos de nivel. A continuación se muestran los resultados del diseño.

Figura 42. **Sección de columnas típicas de nivel**



Columna típica 2 do. nivel

Columna tipo "B"

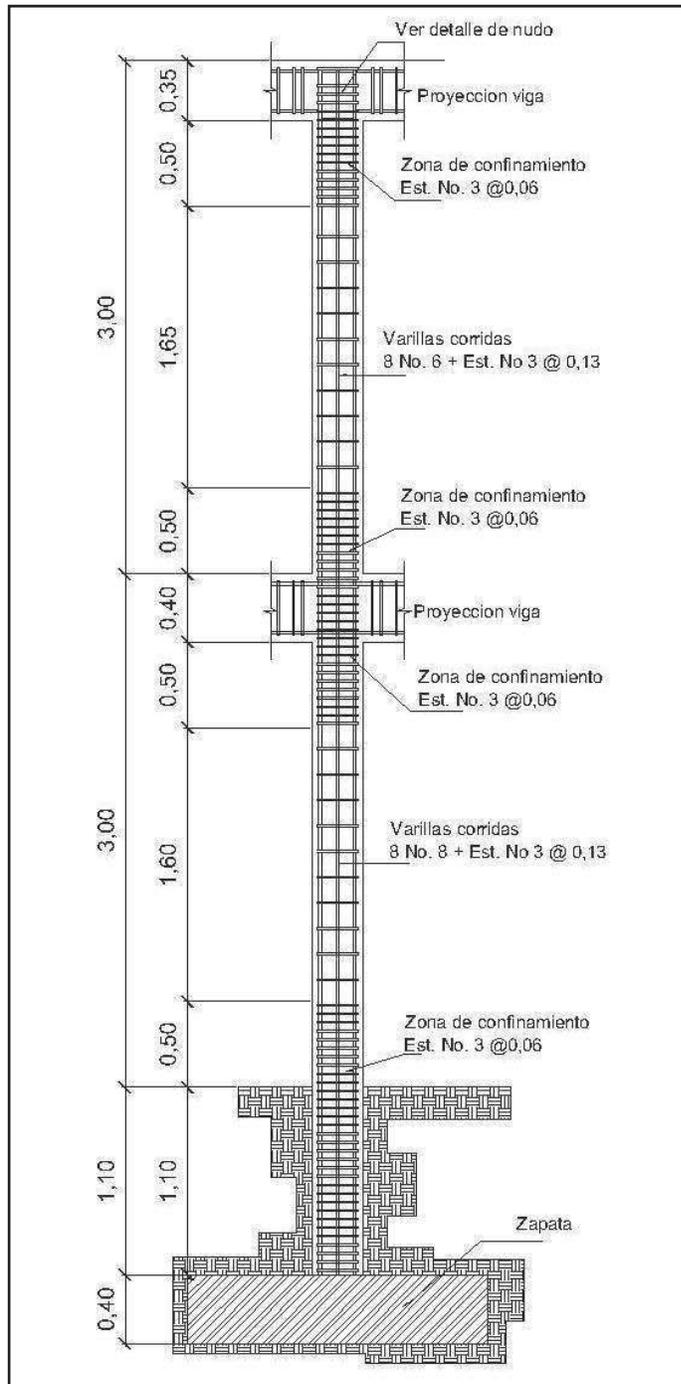


Columna típica 1er. nivel

Columna tipo "A"

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Detalle de armado de columnas típicas



Fuente: elaboración propia.

3.1.6.9. Diseño de gradas

Elemento diseñado con el fin de conectar un nivel de piso a otro, compuesto por elementos horizontales (huella) y elementos verticales (contrahuella), formando un escalón. Los escalones están apoyados en una losa continua, como elemento inclinado con capacidad resistente a la flexión.

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 pueden garantizar la comodidad de una escalera:

donde:

c = contrahuella

H = huella

$c \leq 20 \text{ cm}$

$H > c$

$2 * c + H \leq 64 \text{ cm}$ (valor cercano)

$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$

$c * H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$

Procedimiento para el diseño de la escalera:

$$\#_{\text{escalones}} = \frac{h}{c}$$

$\#_{\text{escalones}}$ = número de escalones mínimo

h = altura del nivel (m)

c = contrahuella (m)

$$\#_{\text{escalones}} = \frac{3,00}{0,20} = 15 \text{ escalones}$$

Relaciones de comodidad:

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

$$H = 25 \text{ cm} > c = 20 \text{ cm}$$

$$2 * c + H = 2 * 20 + 25 = 65$$

$$c + H = 20 + 25 = 45 \text{ cm}$$

$$c * H = 20 * 25 = 500 \text{ cm}^2$$

Los valores de la huella y contrahuella que se tomaron para el diseño de las gradas se basan en el espacio reducido con el que se cuenta, tratando de que se cumplan todas las relaciones de comodidad.

Espesor de losa

$$t = \frac{L}{21}$$

donde:

t = espesor de losa (m)

L = longitud del lado de la losa (m)

$$t = \frac{2,50}{21} = 0,12 \text{ m}$$

Cálculo del peralte efectivo

El recubrimiento será de 2,5 cm y el espesor de 12 cm. Se utilizará varilla No 3.

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

donde:

d = peralte efectivo (cm)

t = espesor de losa (cm)

rec = recubrimiento mínimo (cm)

ϕ = diámetro de la varilla a utilizar (cm)

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

Integración de cargas

Carga muerta

$$W_{CM} = W_{\text{escalera}} + W_{\text{acab}}$$

$$W_{\text{escalera}} = \gamma_{\text{concreto}} * \left(t + \frac{c}{2} \right)$$

donde:

W_{escalera} = peso propio de la escalera (kg/m^2)

γ_{concreto} = peso específico del concreto (t/m^3)

t = espesor de losa (m)

c = contrahuella (m)

$$W_{\text{escalera}} = 2400 * \left(0,12 + \frac{0,20}{2} \right) = 528,00 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acab}} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{CM} = 528,00 + 100,00 = 628,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva

$$W_{CV} = 500,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga última

$$W_U = 1,4 * W_{CM} + 1,7 * W_{CV}$$

donde:

W_U = carga última (kg/m^2)

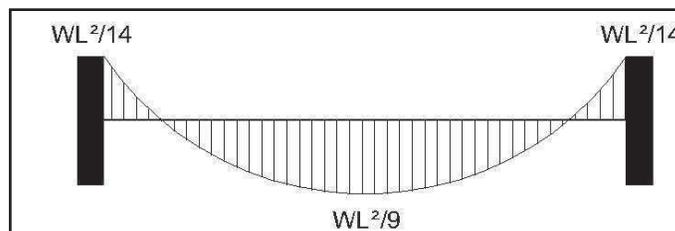
W_{CM} = carga muerta (kg/m^2)

W_{CV} = carga viva (kg/m^2)

$$W_U = 1,4 * 628,00 + 1,7 * 500,00 = 1\ 729,20 \text{ kg/m}^2$$

Se considera la losa en una dirección; se analiza una franja con ancho unitario de 1,00 m. La carga última es $W_U = 1\ 729,20 \text{ kg/m}^2$. Para un tramo de escalones con longitud de 2,00 m.

Figura 44. **Distribución de momentos en gradas**



Fuente: elaboración propia.

$$M_{(-)} = \frac{W * l^2}{14} \qquad M_{(+)} = \frac{W * l^2}{9}$$

donde:

$M_{(-)} = M_{(+)}$ = momento negativo y positivo (kg-m)

W_U = carga última (kg/m)

l = longitud de la franja (m)

$$M_{(-)} = \frac{1\,729,20 * 2^2}{14} = 494,06 \text{ kg-m}$$

$$M_{(+)} = \frac{1\,729,20 * 2^2}{9} = 768,53 \text{ kg-m}$$

Cálculo del área de acero mínimo ($A_{s_{\min}}$)

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d$$

donde:

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínima (cm^2)

ρ_{\min} = cuantía de acero mínima (adim)

b = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 9 = 4,52 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero máxima ($A_{s_{m\acute{a}x}}$)

$$\rho_{bal} = 0,85 * \left[\frac{\beta * f'c}{Fy} * \frac{6\ 090}{(Fy + 6\ 090)} \right]$$

donde:

ρ_{bal} = cuantía balanceada (adim)

β = factor de reducción (adim)

Fy = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$\rho_{bal} = 0,85 * \left[\frac{0,85 * 281}{2\ 810} * \frac{6\ 090}{(2\ 810 + 6\ 090)} \right] = 0,049\ 44$$

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 0,50 * \rho_{bal} * b * d$$

donde:

$A_{s_{m\acute{a}x}}$ = área de acero máxima (cm^2)

ρ_{bal} = cuantía balanceada (adim)

b = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 0,50 * 0,049\ 44 * 100 * 9 = 22,25\ \text{cm}^2$$

Cálculo del área de acero longitudinal, para los momentos dados:

$$As = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003\ 825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{Fy}$$

donde:

A_s = área de acero (cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho de la sección de viga (cm)

M_u = momento último (kg-m)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$M_{(+)} = 768,53 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(100 * 9) - \sqrt{(100 * 9)^2 - \frac{768,53 * 100}{0,003 825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2 810} = 3,45 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)} = 494,06 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(100 * 9) - \sqrt{(100 * 9)^2 - \frac{494,06 * 100}{0,003 825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2 810} = 2,20 \text{ cm}^2$$

Utilizando el área de acero mínimo $A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2$, con varillas No 3 el espaciamiento resulta:

$$S = \frac{A_{\text{varilla}} * b}{A_{s_{\min}}}$$

donde:

S = espaciamiento de estribos (cm)

A_{varilla} = área de varilla a utilizar (cm^2)

b = ancho unitario (cm)

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínima (cm^2)

$$S = \frac{0,71 * 100}{4,52} = 15 \text{ cm , se utilizará No 3 @ 0,15 m}$$

Refuerzo transversal

Acero por temperatura

$$As_{Temp} = 0,002 * b * t$$

donde:

As_{Temp} = área de acero por temperatura (cm^2)

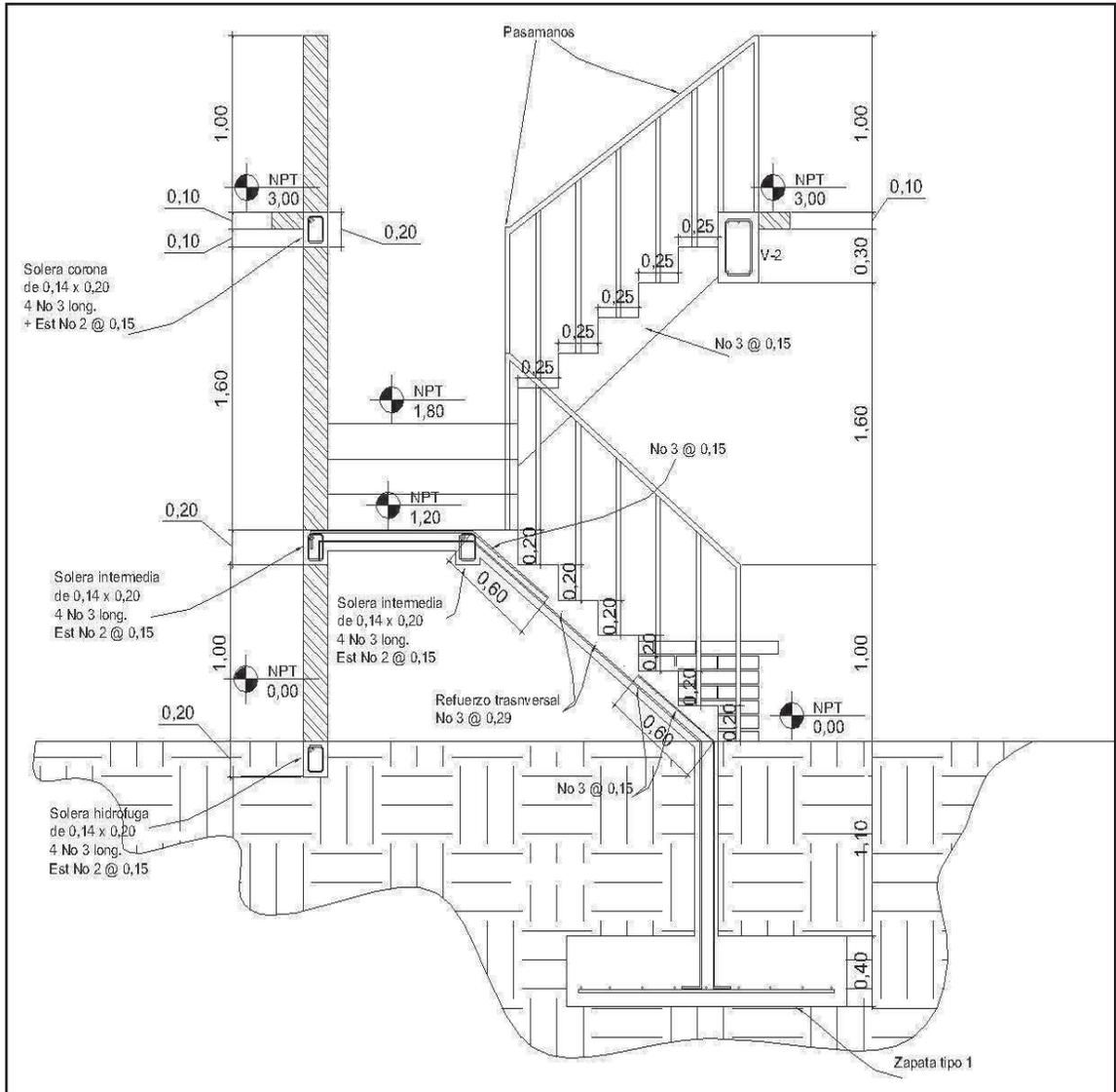
b = ancho unitario (cm)

t = espesor de losa (m)

$$As_{Temp} = 0,002 * 100 * 12 = 2,40 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{2,40} = 29 \text{ cm , se utilizará No 3 @ 0,29 m}$$

Figura 45. Detalle de escalera



Fuente: elaboración propia.

3.1.6.10. Diseño de cimientos

El 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. Los dos 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.

Los datos necesarios para el diseño de las zapatas, se toman del análisis estructural y de los estudios de suelo realizados en el lugar. El procedimiento para el diseño de la zapata, es el siguiente:

$$M_x = 5,88 \text{ t-m}$$

$$M_y = 9,75 \text{ t-m}$$

$$P_u = 45,39 \text{ t}$$

$$F_{CU} = 1,54$$

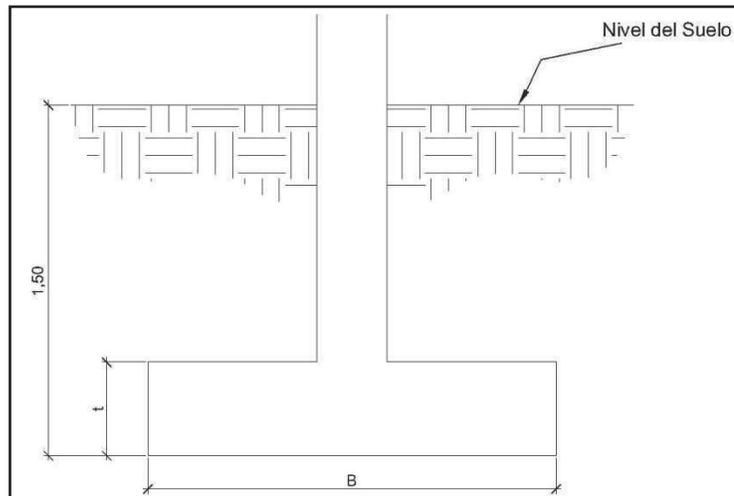
$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,44 \text{ t/m}^3$$

$$V_s = 26,67 \text{ t/m}^2$$

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

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

Figura 46. Elevación de zapata



Fuente: elaboración propia.

Cargas de trabajo

$$P_T = \frac{P_u}{F_{CU}}$$

donde:

P_T = carga de trabajo (t)

P_u = carga axial última (t)

F_{CU} = factor de carga última (adim)

$$P_T = \frac{45,34}{1,54} = 29,44 \text{ t}$$

Momentos de trabajo

$$M_d = \frac{M_{x,y}}{F_{CU}}$$

donde:

M_d = momentos de trabajo (t-m)

$M_{x,y}$ = momento en la dirección indicada (t-m)

F_{CU} = factor de carga última (adim)

$$M_{dx} = \frac{5,88}{1,54} = 3,81 \text{ t-m}$$

$$M_{dy} = \frac{9,75}{1,54} = 6,33 \text{ t-m}$$

Predimensionamiento

$$A_z = \frac{1,5 * P_T}{V_s}$$

donde:

A_z = área de la zapata (m^2)

P_T = carga de trabajo (t)

V_s = valor soporte del suelo (t/m^2)

$$A_z = \frac{1,5 * 29,44}{26,67} = 1,66 \text{ m}^2$$

Se propone una zapata de 1,75 m cuadrada con $A_z = 3,063 \text{ m}^2$.

Revisión de presión sobre el suelo:

$$S_x = S_y = \frac{b * h^2}{6}$$

donde:

$S_x = S_y$ = módulo de sección en el sentido indicado (m^3)

b = base de la sección de zapata (m)

h = altura de la sección de la zapata (m)

$$S_x = S_y = \frac{1,75 * 1,75^2}{6} = 0,893 m^3$$

Integración de la carga de diseño

$$P = P_T + P_{suelo} + P_{col} + P_{cim}$$

donde:

P = carga total de cargas actuantes (t)

P_T = carga de trabajo (t)

P_{col} = peso de la columna (t)

P_{suelo} = peso del suelo del desplante (t)

P_{cim} = peso de la zapata (t)

$$P_{suelo} = A_z * D * \gamma_{suelo}$$

donde:

P_{suelo} = peso del suelo del desplante (t)

A_z = área de la zapata (m^2)

D = desplante (m)

γ_{suelo} = peso específico del suelo (t/m^3)

$$P_{\text{suelo}} = 1,75^2 * 1,50 * 1,44 = 6,62 \text{ t}$$

$$P_{\text{col}} = A_{\text{col}} * h_{\text{col}} * \gamma_{\text{concreto}}$$

donde:

P_{col} = peso de la columna (t)

A_{col} = área de la columna (m^2)

h_{col} = altura de la columna (m)

γ_{concreto} = peso específico del concreto (t/m^3)

$$P_{\text{col}} = 0,30^2 * 7,5 * 2,44 = 1,62 \text{ t}$$

$$P_{\text{cim}} = A_z * t * \gamma_{\text{concreto}}$$

donde:

P_{cim} = peso de la zapata (t)

A_z = área de la zapata (m^2)

t = espesor de zapata (m)

γ_{concreto} = peso específico del concreto (t/m^3)

$$P_{\text{cim}} = 1,75^2 * 0,40 * 2,4 = 2,94 \text{ t}$$

$$P = 29,44 + 6,62 + 1,62 + 2,94 = 40,70 \text{ t}$$

Debido que existe carga y flexión biaxial, las presiones sobre el suelo por debajo de la zapata serán:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{dx}}{S_x} \pm \frac{M_{dy}}{S_y}$$

$$q = \frac{40,70}{3,06} \pm \frac{3,81}{0,893} \pm \frac{6,33}{0,893}$$

$$q_{\text{máx}} = 13,27 + 4,26 + 7,08 = 24,60 \text{ t/m}^2 < V_s = 26,67 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{mín}} = 13,27 - 4,26 - 7,08 = 1,91 \text{ t/m}^2 > 0$$

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.

$$q_{\text{dis}} = q_{\text{máx}} * F_{\text{CU}}$$

donde:

q_{dis} = presión de diseño (t/m^2)

$q_{\text{máx}}$ = presión máxima sobre el suelo (t/m^2)

F_{CU} = factor de carga última (adim)

$$q_{\text{dis}} = 24,60 * 1,54 = 37,88 \text{ t/m}^2$$

Cálculo del peralte efectivo

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

donde:

d = peralte efectivo (cm)

t = espesor de zapata (cm)

rec = recubrimiento mínimo (cm)

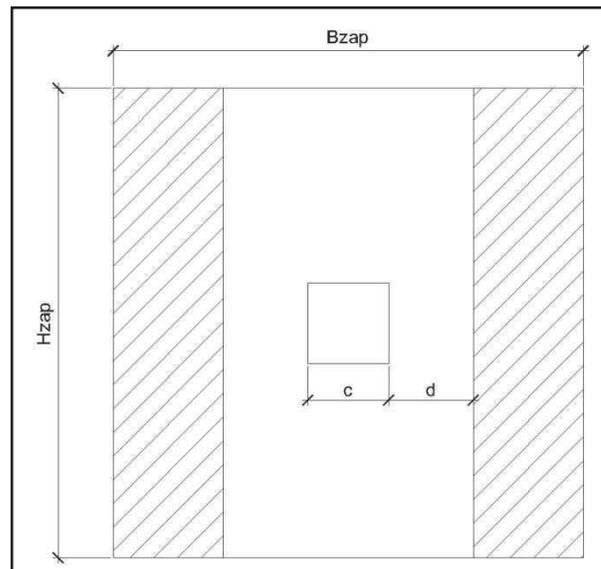
ϕ = diámetro de la varilla a utilizar (cm)

$$d = 40 - 7,5 - (1,97/2) = 31,5 \text{ cm}$$

Chequeo por esfuerzo cortante

Diseño de zapata por esfuerzo cortante

Figura 47. **Diagrama esfuerzo cortante**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = q_{dis} * \left(\frac{B_{zap} - c}{2} - d \right) * H_{zap}$$

donde:

V_{act} = corte actuante (t)

q_{dis} = presión de diseño (t/m^2)

B_{zap} = base de la zapata (m)

H_{zap} = altura de la zapata (m)

c = base de la columna (m)

d = peralte efectivo (m)

$$V_{act} = 37,88 * \left(\frac{1,75 - 0,30}{2} - 0,315 \right) * 1,75 = 27,17 \text{ t}$$

$$V_r = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'c} * B_{zap} * d$$

donde:

V_r = corte resultante (t)

\emptyset = factor de reducción (adim)

B_{zap} = base de la zapata (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 175 * 31,5 = 41,62 \text{ t}$$

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

Chequeo por corte punzonante

$$b_o = 4 * (c + d)$$

donde:

b_o = perímetro de sección crítica de punzonamiento (cm)

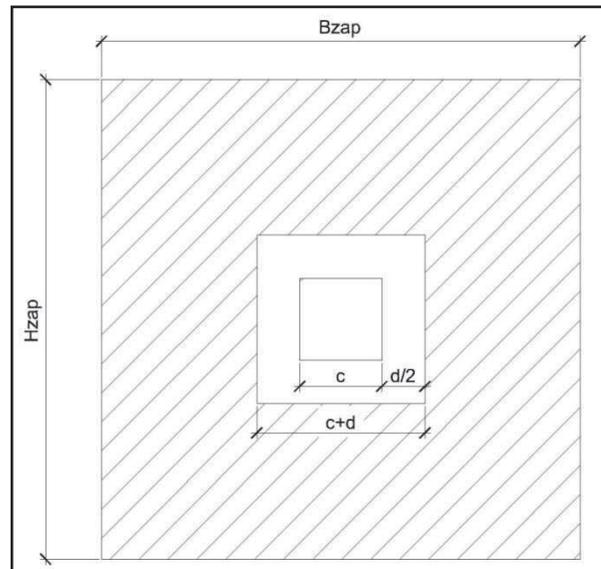
c = base de la columna (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$b_o = 4 * (30 + 31,5) = 246 \text{ cm}$$

Diseño de zapata por esfuerzo de corte punzonante

Figura 48. **Diagrama esfuerzo corte punzonante**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = q_{dis} * [A_z - (c + d)^2]$$

donde:

V_{act} = corte actuante (t)

q_{dis} = presión de diseño (t/m^2)

A_z = área de la zapata (m^2)

c = base de la columna (m)

d = peralte efectivo (m)

$$V_{act} = 37,88 * [1,75^2 - (30 + 31,5)^2] = 101,68 \text{ t}$$

$$V_r = \phi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

donde:

V_r = corte resultante (t)

ϕ = factor de reducción (adim)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

b_o = perímetro de sección crítica de punzonamiento (cm)

d = peralte efectivo (cm)

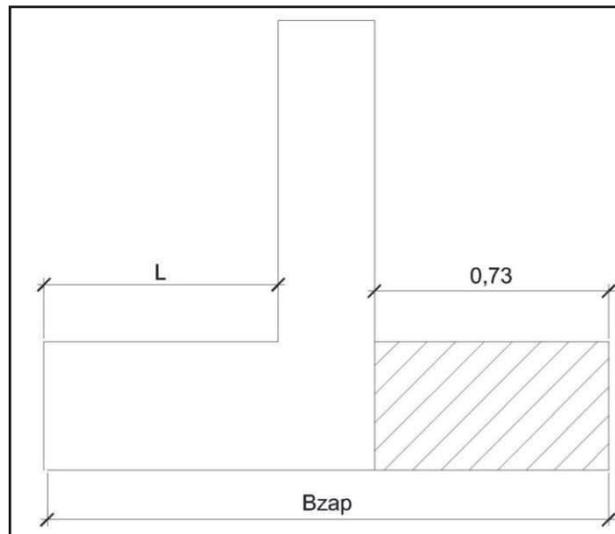
$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{281} * 246 * 31,5 = 117,10 \text{ t}$$

El corte que resiste la zapata es 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 49. **Diagrama esfuerzo flexionante**



Fuente: elaboración propia.

$$M_U = \frac{q_{dis} * L^2}{2}$$

donde:

M_U = momento último actuante (t-m)

q_{dis} = presión de diseño (t/m²)

L = distancia del rostro de la columna al extremo de la zapata (m)

$$M_U = \frac{37,88 * 0,73^2}{2} = 9,96 \text{ t-m}$$

$$As = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_U * b}{0,003 * 825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{F_y}$$

donde:

A_s = área de acero (cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

b = ancho unitario de 1,00 m (cm)

M_u = momento último (kg-m)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

$$A_s = \left[(100 * 31,5) - \sqrt{(100 * 31,5)^2 - \frac{9\,960 * 100}{0,003\,825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2\,810} = 12,81 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

donde:

$A_{s_{\text{mín}}}$ = área de acero mínima (cm^2)

$\rho_{\text{mín}}$ = cuantía de acero mínima (adim)

b = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 31,5 = 15,81 \text{ cm}^2, \text{ como } A_s < A_{s_{\text{mín}}}, \text{ colocar } A_{s_{\text{mín}}}$$

Cálculo del espaciamiento de estribos

$$S = \frac{A_{\text{varilla}} * b}{A_{s_{\text{mín}}}}$$

donde:

S = espaciamiento de estribos (cm)

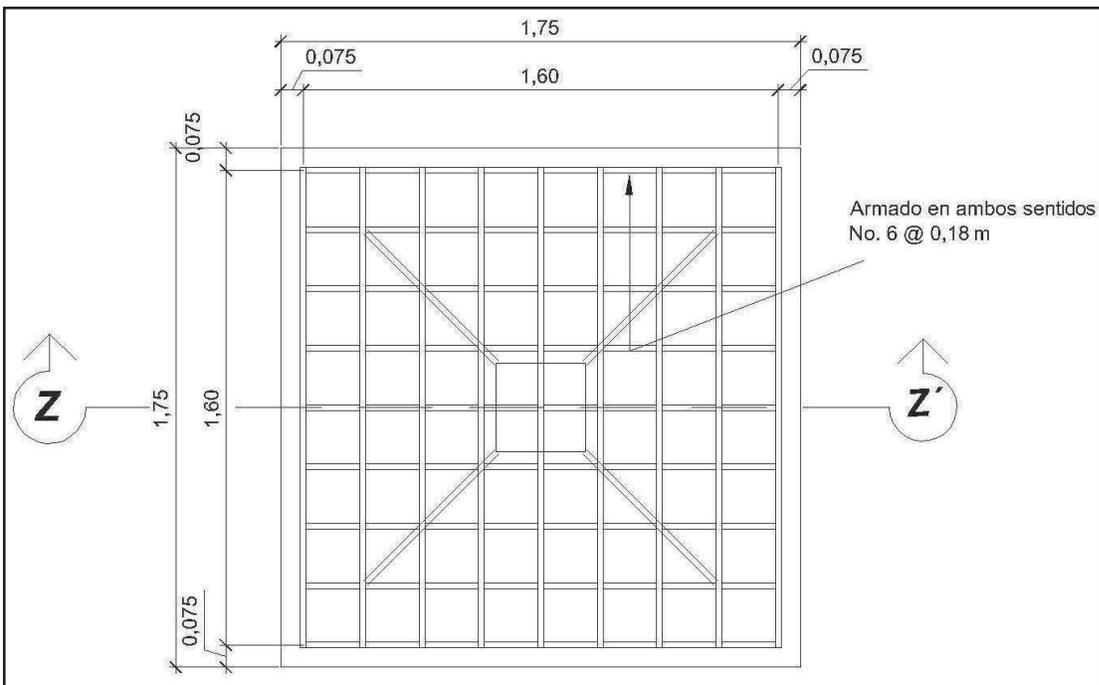
A_{varilla} = área de varilla a utilizar (cm^2)

b = ancho unitario (cm)

$A_{s_{mín}}$ = área de acero mínima (cm^2)

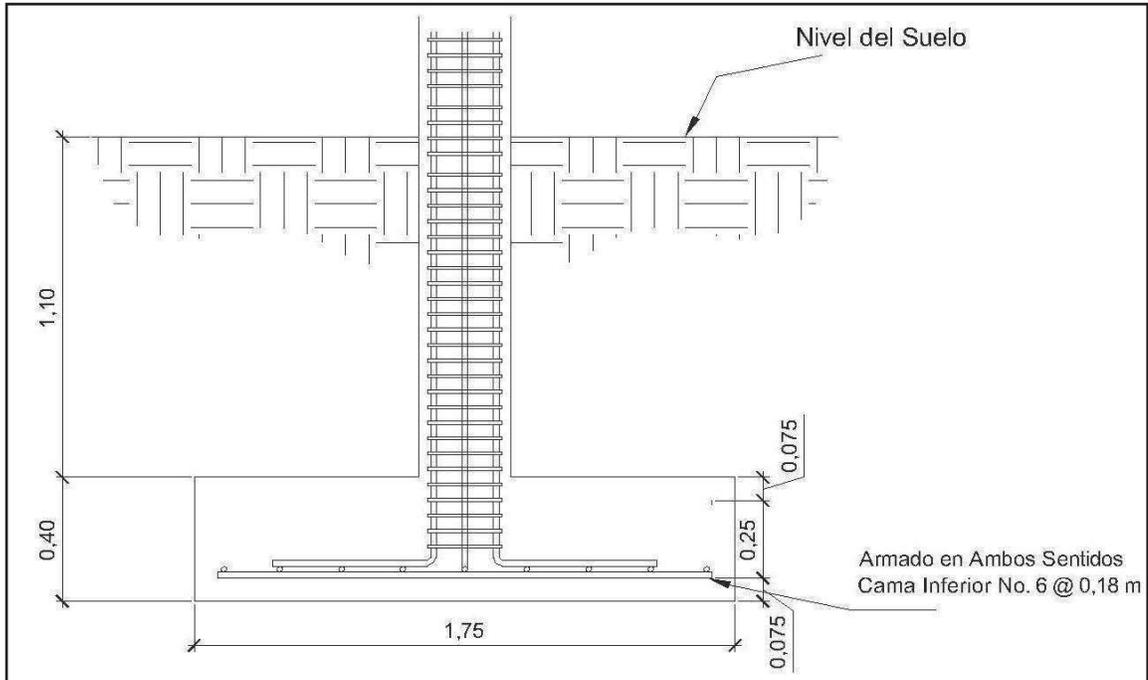
$$S = \frac{2,85 * 100}{15,81} = 18 \text{ cm}, \text{ Se utilizará No. 6 @ 0,18 m en ambos sentidos.}$$

Figura 50. **Detalle de armado de zapata planta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Detalle de elevación armado de zapata



Fuente: elaboración propia.

3.1.6.11. Diseño de la cubierta

Estructura metálica

El techo del salón de usos múltiples es de estructura metálica de dos aguas con cumbrera en la parte superior. La cubierta es de lámina de zinc calibre 28, armado con tendales compuestos de doble costanera tipo "C" de 4"x8"x1/16" y costaneras tipo "C" de 2"x4"x1/16". Para la colocación del techo se utilizan templetos con varillas de acero de $\Phi 3/8$ " y tensores con varillas de acero de $\Phi 1/2$ ".

Selección de la cubierta

Para este proyecto se seleccionó una cubierta de lámina galvanizada, ya que esta es resistente a los factores climáticos y es un material fácil de obtener y práctico de instalar.

Para fines teóricos y de este proyecto, se utilizará una lámina de 10 pies de largo y 3 pies de ancho. Para efectos de este proyecto se tomará un valor de 1,26 m entre costaneras.

Diseño de costanera tipo "C":

Integración de cargas

Para el análisis de la cubierta es importante que se tomen en cuenta todas las cargas que ejercen efecto sobre la estructura.

Las cargas que se toman en cuenta para el diseño de la cubierta, fueron tomadas con base en datos proporcionados por especificaciones técnicas del fabricante, por observación directa y experiencias reales.

$$\text{Carga muerta (Wm)} = 1,32 \text{ lb/pie}^2$$

$$\text{Carga viva (Wv)} = 8,00 \text{ lb/pie}^2$$

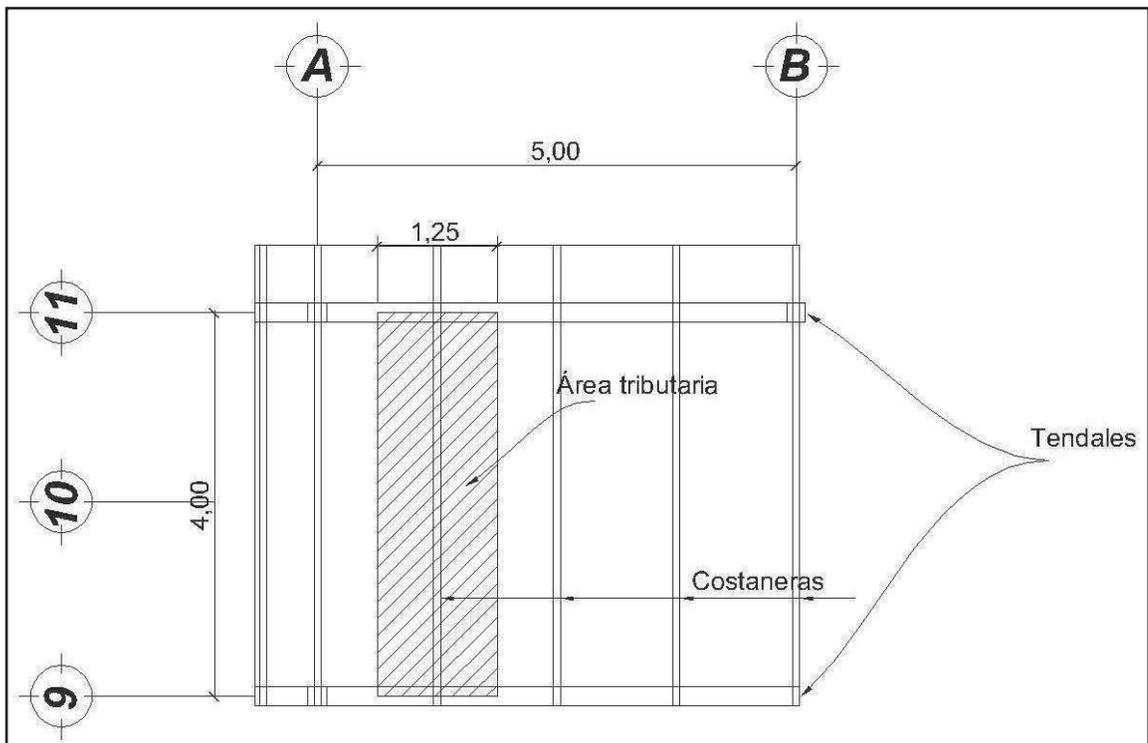
$$\text{Carga total (WT)} = \frac{\quad}{9,32 \text{ lb/pie}^2}$$

Análisis de la costanera

Carga uniformemente distribuida:

Teniendo los datos completos, se procede a calcular la carga uniformemente distribuida que actuará sobre las costaneras, las dimensiones preliminares y datos para su diseño se muestran en la figura 52.

Figura 52. **Área tributaria para el diseño de costaneras**



Fuente: elaboración propia.

$$W = \frac{W_T * A_t}{L}$$

donde:

W = carga uniformemente distribuida (lb/pie)

W_T = carga total (lb/pie²)

A_t = área tributaria (pie²)

L = longitud de la costanera (pie)

$$W = \frac{9,32 * 13,12 * 4,13}{13,12} = 38,49 \text{ lb/pie}$$

Cálculo del momento

Se tomará como una viga simplemente apoyada, y que su momento máximo ocurre en el centro de la viga.

$$M = \frac{W * L^2}{8}$$

donde:

M = momento generado por la carga aplicada (lb-pie)

W = carga uniformemente distribuida (lb/pie)

L = longitud de la costanera (pie)

$$M = \frac{38,49 * 13,12^2}{8} = 828,22 \text{ lb-pie}$$

Flexión

La flexión en una viga, aparece cuando se ha aplicado toda la carga a un elemento estructural y el eje neutro se dobla hasta adquirir una forma de curva, lo que se conoce como la curva de flexión y su fórmula es:

$$S_x = \frac{M}{0,60 * F_y}$$

donde:

S_x = módulo de sección (plg³)

M = momento generado por la carga aplicada (lb-pie)

F_y = esfuerzo permisible flexión en acero (lb/plg²)

$$S_x = \frac{828,22 * 12}{0,60 * 36\ 000} = 0,46 \text{ plg}^3$$

Tabla XI. **Valores de módulos de sección para costaneras**

TABLA PARA COSTANERAS								
A (plg)	B (plg)	C (plg)	T (plg)	Area plg ²	Ix plg ⁴	Iy plg ⁴	Sx plg ³	Sy plg ³
4	2	1/2	1/16	0,44	1,79	11,72	0,51	0,00
5	2	1/2	1/16	0,50	2,67	15,68	0,67	0,01
6	2	1/2	1/16	0,56	3,80	19,99	0,84	0,01
7	2	1/2	1/16	0,63	5,21	24,63	1,04	0,01
8	2	1/2	1/16	0,69	6,93	29,62	1,26	0,01
9	2	1/2	1/16	0,75	9,00	35,22	1,50	0,01
10	2	1/2	1/16	0,81	11,44	40,94	1,76	0,01

Fuente: COTÍ DÍAZ, Iván Alejandro. Diseño de salón de usos múltiples, área recreativa y deportes y pavimento del acceso principal para la colonia El Maestro, Quetzaltenango. p 10.

Corte

Como se sabe que la fuerza cortante en una viga simplemente apoyada, en este caso, es perpendicular al eje longitudinal de la costanera; esto quiere decir que las reacciones en los apoyos de las costaneras se calcularán de la siguiente manera:

$$R = R_1 = R_2 = \frac{W * L}{2}$$

donde:

$R_1 = R_2$ = reacciones en los apoyos (lb)

W = carga uniformemente distribuida (lb/pie)

L = longitud de la costanera (pie)

$$R = R_1 = R_2 = \frac{38,49 * 13,12}{2} = 252,49 \text{ lb}$$

Una de las propiedades del acero A36 es que el cortante promedio, no debe exceder de 14 500 l/plg². Entonces se tiene de la ecuación:

$$F = \frac{R}{A_{st}}$$

donde:

F = cortante promedio (lb/plg²)

R = reacción en los apoyos (lb)

A_{st} = área de sección transversal (plg²)

$$F = \frac{252,49}{0,44} = 573,85 \text{ lb/plg}^2$$

Teniendo el resultado, se puede notar que el esfuerzo que soporta el acero es mucho mayor que el que se le aplicará a la costanera, por lo que se concluye que es la mejor opción para la costanera.

Deflexión

La deflexión se denomina a la distancia que existe, cuando al aplicarse una carga a un elemento estructural, el eje neutro se desplaza hasta el punto más bajo en donde se encuentra la curva elástica.

El chequeo se realiza al comparar los valores de la deflexión real contra la deflexión permisible, en donde debe ser menor la deflexión real, y se obtiene por medio de las siguientes fórmulas:

$$D_r = \frac{5}{384} * \frac{W * L^3}{EI}$$

donde:

D_r = deflexión real (plg)

W = carga uniforme sobre la costanera (lb/plg)

L = longitud de la costanera (plg)

E = módulo de elasticidad del acero (29 000 Kips/plg²)

I = inercia de la costanera de 4" (1,79 plg⁴)

$$D_r = \frac{5}{384} * \frac{3,40 * (13,12 * 12)^3}{29\ 000 * 10^3 * 1,79} = 0,000\ 3\ \text{plg}$$

Y de la fórmula:

$$D_p = \frac{L}{360}$$

donde:

D_p = deflexión permisible (plg)

L = Longitud de la costanera (plg)

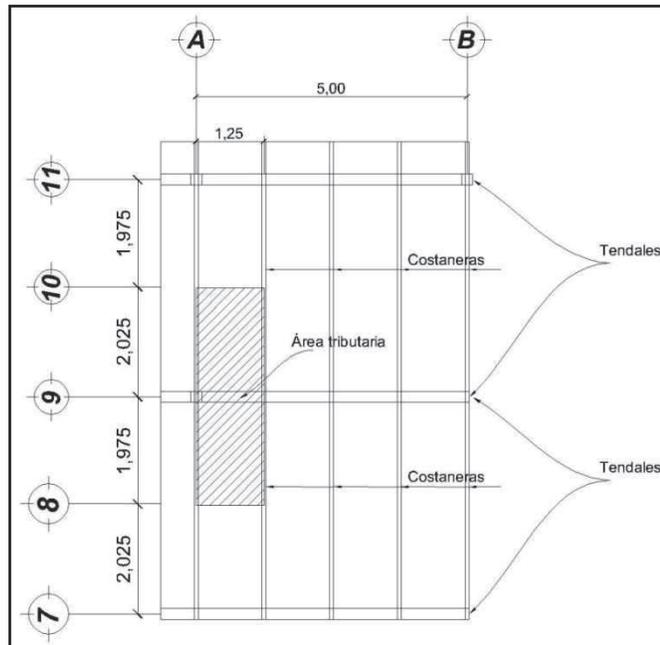
$$D_p = \frac{13,12 * 12}{360} = 0,437 \text{ plg}$$

Los chequeos correspondientes a la costanera propuesta han sido satisfactorios, no habiendo problema en utilizar la sección propuesta.

Diseño de tendales:

El procedimiento para obtener la medida de los tendales, es igual al descrito para el diseño de costaneras. El perfil de una doble costanera tipo "C" de 2"x8"x1/16", es lo adecuado, con dimensión total de 4"x8"x1/16" para resistir los momentos actuantes.

Figura 53. Área tributaria para el diseño de tendales



Fuente: elaboración propia.

3.1.6.12. Diseño de mampostería reforzada por el método simplificado

Para el diseño de los muros se procedió a utilizar el método simplificado. Este método asume que solo los muros paralelos a la dirección del sismo contribuyen a la resistencia; desprecia la contribución de los muros transversales a la dirección de la fuerza aplicada.

3.1.6.12.1. Consideraciones del análisis

Para la elaboración del análisis simple se deben de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la distribución de la fuerza lateral a cada muro se deben considerar únicamente los muros paralelos a la dirección en que esta actúa, presentándose dos efectos sobre ellos, los cuales son: uno de traslación en la misma dirección y otro de rotación respecto del centro de rigidez, cuando no coincide con el centro de masa.
- Los muros tienden a experimentar ladeo paralelo al plano que contiene al muro, no se debe de considerar en el sentido contrario.
- Los muros generalmente actúan como miembros verticales que están sujetos a fuerzas horizontales en los niveles de piso.

Las normas utilizadas para el diseño de la mampostería reforzada fueron las proporcionadas por AGIES (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica).

3.1.6.12.2. Limitaciones del método simple

Como cualquier método siempre existen ventajas y limitaciones, por lo que este no es la excepción. Las limitaciones que presenta este método son las siguientes:

- Como se mencionó anteriormente, solo se toman en cuenta los muros paralelos a la acción de la carga, despreciándose de esta manera la contribución a la resistencia de los muros perpendiculares.
- Supone rigidez mayor en el diafragma horizontal que la presentada por los muros de corte.

- Para las estructuras cuya relación altura – largo (h/d) en el sentido de la carga lateral sea mayor a 4.0 los esfuerzos entre juntas de muros son demasiado grandes, y los resultados se alejan de la realidad.

3.1.6.12.3. Procedimiento de análisis

Centro de masa de la estructura

El centro de masa es el punto en donde se aplica la fuerza de sismo, debe ser calculado tanto para el sentido X como Y. La expresión para el cálculo del centro de masa es la siguiente:

$$CM_x = \frac{\sum(x_i * A_i)}{\sum A_i} \qquad CM_y = \frac{\sum(y_i * A_i)}{\sum A_i}$$

donde:

$CM_{x,y}$ = centro de masa en el sentido indicado (m)

$x_i = y_i$ = coordenadas del centro de masa de la estructura (m)

A_i = área de la estructura (m²)

Rigidez del muro

Se debe calcular tanto para el eje X como Y. La expresión para el cálculo del centro de rigidez es la siguiente:

Empotrado - empotrado

$$\Delta = 4 * \left(\frac{h}{L}\right)^3 + 3 * \left(\frac{h}{L}\right)$$

Empotrado - voladizo

$$\Delta = \left(\frac{h}{L}\right)^3 + 3 * \left(\frac{h}{L}\right)$$

$$K = \frac{1}{\Delta}$$

donde:

Δ = desplazamiento de nivel (adim)

h = altura efectiva (m)

L = longitud del muro (m)

K = rigidez (adim)

Centro de rigidez

Se debe calcular tanto para el eje X como Y. La expresión para el cálculo del centro de rigidez es la siguiente:

$$CR_y = \frac{\sum(y_i * k_{ix})}{\sum(k_{ix})} \quad \text{muros que trabajan en el sentido X}$$

$$CR_x = \frac{\sum(x_i * k_{iy})}{\sum(k_{iy})} \quad \text{muros que trabajan en el sentido Y}$$

donde:

$CR_{x,y}$ = centro de rigidez en el sentido indicado (m)

$x_i = y_i$ = coordenadas del centro del muro (m)

$K_{ix} = K_{iy}$ = rigidez en el sentido indicado (adim)

Centro de masa de muros

La expresión para el cálculo del centro de masa es la siguiente:

$$CM_{\text{muro } x} = x_i * L \qquad CM_{\text{muro } y} = y_i * L$$

donde:

$CM_{\text{muros } x,y}$ = centro de masa de muros en el sentido indicado (m^2)

$x_i = y_i$ = coordenadas del centro del muro (m)

L = longitud del muro (m)

Centro de masa combinado

La expresión para el cálculo del centro de masa combinado es la siguiente:

$$CMC_x = \frac{C_{\text{muros } x} * W_{\text{muros}} + CM_x * W_{\text{techo}}}{W_{\text{techo}} + W_{\text{muros}}}$$

$$CMC_y = \frac{C_{\text{muros } y} * W_{\text{muros}} + CM_y * W_{\text{techo}}}{W_{\text{techo}} + W_{\text{muros}}}$$

$$C_{\text{muros } x} = \frac{\sum(x_i * L * h * \#_{\text{block}} * W_{\text{block}})}{\sum(W_{\text{muro}})}$$

$$C_{\text{muros } y} = \frac{\sum(y_i * L * h * \#_{\text{block}} * W_{\text{block}})}{\sum(W_{\text{muro}})}$$

donde:

$CMC_{x,y}$ = centro de masa combinado en el sentido indicado (m)

$C_{muros\ x,y}$ = centro de muros en el sentido indicado (m)

W_{muro} = peso del muro (kg)

W_{techo} = peso del techo (kg)

$CM_x = CM_y$ = centro de masa en el sentido indicado (m)

$x_i = y_i$ = coordenadas del centro del muro (m)

h = altura efectiva (m)

L = longitud del muro (m)

$\#_{block}$ = cantidad de blocks por m^2

W_{block} = peso del block a utilizar (kg)

Excentricidad de configuración

Se debe calcular tanto para el eje X como Y. La expresión para el cálculo del centro de rigidez es la siguiente:

$$e_{conf\ x} = 1,5 * |CR_x - CMC_x| + 0,05 * L_{máx\ x}$$

$$e_{conf\ y} = 1,5 * |CR_y - CMC_y| + 0,05 * L_{máx\ y}$$

$$e_{mín\ x} = 1,5 * L_{máx\ x} \qquad e_{mín\ y} = 1,5 * L_{máx\ y}$$

donde:

$e_{conf\ x,y}$ = excentricidad de configuración (m)

$e_{mín\ x,y}$ = excentricidad mínima en el sentido indicado (m)

$CR_{x,y}$ = centro de rigidez en el sentido indicado (m)

$CMC_{x,y}$ = centro de masa combinado en el sentido indicado (m)

$L_{\text{máx } x,y}$ = longitud máxima en el sentido indicado (m)

Se hará la comparación entre la excentricidad de configuración y la excentricidad mínima, y se tomará el valor mayor para X y Y.

Momento polar

Se debe calcular tanto para el eje X como Y. La expresión para el cálculo del centro de rigidez es la siguiente:

$$MP_{xi} = K_{yi} * (-x_i + CR_x)^2 \quad MP_{yi} = K_{xi} * (-y_i + CR_y)^2$$

$$J = \sum MP_x + \sum MP_y$$

donde:

$MP_{x,y}$ = momento polar en el sentido indicado (m^2)

$K_{ix} = K_{iy}$ = rigidez en el sentido indicado (adim)

$CR_{x,y}$ = centro de rigidez en el sentido indicado (m)

$x_i = y_i$ = coordenadas del centro del muro (m)

Cálculo del corte basal

El cálculo del corte basal está determinado por:

$$1. \quad V = \frac{C_v * I}{R * T}$$

2. Pero la ecuación 1. no debe ser mayor que

$$V = \frac{2,5 * C_a * I}{R} * W_T$$

3. La ecuación 2 no debe ser mayor a

$$V = 0,11 * C_a * I * W_T$$

4. Para zona sísmica 4 no debe ser menor a

$$V = \frac{0,87 * Z * N_v * I}{R} * W_T$$

donde:

V = corte basal (kg)

$C_v = 0,64 * N_v$

I = importancia que depende del tipo de estructura, para salones (I = 1)

R = 3,5 factor del tipo de estructura para mampostería

$T = 0,0488 * (h)^{3/4}$

h = altura efectiva (m)

$C_a = 0,44 * N_a$

W_T = peso total de la estructura (kg)

$N_a = 1$

$N_v = 1$

Cálculo de la fuerza

El cálculo de la fuerza por nivel está determinado por:

$$F_i = \frac{W_T * h * V}{\sum(W_T * h)}$$

donde:

F_i = fuerza por nivel (kg)

W_T = peso total de la estructura (kg)

V = corte basal (kg)

h = altura efectiva (m)

Cálculo de la carga por muro

El cálculo de la carga lateral está determinado por:

$$F_{ix} = K_{ix} * \frac{(F_i)}{\sum(K_{ix})} \qquad F_{iy} = K_{iy} * \frac{(F_i)}{\sum(K_{iy})}$$

donde:

$F_{x,y}$ = fuerza por nivel en el sentido indicado (kg)

F_i = fuerza por nivel (kg)

$K_{ix} = K_{iy}$ = rigidez en el sentido indicado (adim)

Carga por torsión

El cálculo de la carga por torsión está determinado por:

$$F_{tx} = (e_{dis} * F_i + 0,3 * e_{dis} * F_i) * \frac{K_{iy} * (-y_i + CR_y)}{J}$$

$$F_{fy} = (e_{dis} * F_i + 0,3 * e_{dis} * F_i) * \frac{K_{ix} * (-x_i + CR_x)}{J}$$

donde:

$F_{tx,y}$ = carga por torsión en el sentido indicado (kg)

e_{dis} = excentricidad de diseño en el sentido indicado (m)

F_i = fuerza por nivel (kg)

$K_{ix} = K_{iy}$ = rigidez en el sentido indicado (adim)

$x_i = y_i$ = coordenadas del centro de masa de la estructura (m)

$CR_{x,y}$ = centro de rigidez en el sentido indicado (m)

Carga total

El cálculo de la carga total está determinado por:

$$F_{Tx,y} = F_{x,y} + F_{tx,y}$$

donde:

$F_{Tx,y}$ = carga total en el sentido indicado (kg)

$F_{x,y}$ = fuerza por nivel en el sentido indicado (kg)

$F_{tx,y}$ = carga por torsión en el sentido indicado (kg)

Momento actuante

El cálculo del momento actuante está determinado por:

$$M_{act\ x} = F_{Tx} * h \qquad M_{act\ y} = F_{Ty} * h$$

donde:

$M_{act\ x,y}$ = momento actuante en el sentido indicado (kg-m)

$F_{Tx,y}$ = carga total en el sentido indicado (kg)

h = altura efectiva (m)

Cálculo área de acero por muro

$$n = \frac{E_s}{E_m}$$

$$F_s = \frac{F_y}{2} \text{ ó } 1\,690, \text{ se utiliza el menor de los dos valores.}$$

$$F_b = \frac{1}{2} * \frac{1}{3} * f'm * 1,6$$

donde:

n = relación de módulos de materiales (adim)

E_s = módulo de elasticidad del acero de refuerzo (kg/cm^2)

E_m = módulo de elasticidad de la mampostería (kg/cm^2)

F_s = esfuerzo del acero (kg/cm^2)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2)

F_b = esfuerzo admisible debido a la flexión (kg/cm^2)

$f'm$ = resistencia a la compresión de la mampostería (kg/cm^2)

Cortante permisible

El cálculo del cortante permisible está determinado por:

$$V_p = \frac{1,5 * \sqrt{f'm}}{2} \Rightarrow \text{sin refuerzo}$$

$$V_p = \frac{1,5 * \sqrt{f'm}}{2} * 1,6 \Rightarrow \text{con refuerzo}$$

$$K = \frac{n}{n + \frac{F_s}{F_b}} \quad J = 1 - \frac{K}{3}$$

donde:

V_p = cortante permisible (kg)

$f'm$ = resistencia a la compresión de la mampostería (kg/cm^2)

K = coeficiente (adim)

n = relación de módulos de materiales (adim)

F_s = esfuerzo del acero (kg/cm^2)

F_b = esfuerzo admisible debido a la flexión (kg/cm^2)

J = coeficiente (adim)

Cuantía vertical

El cálculo de la cuantía vertical está determinada por:

$$l_v = \frac{M_{act} * 100}{F_s * t * 100 * (h * 100)^2 * J} \Rightarrow \text{no menor a } 0,001$$

donde:

l_v = cuantía vertical (adim)

$M_{act x,y}$ = momento actuante en el sentido indicado (kg-m)

F_s = esfuerzo del acero (kg/cm^2)

t = espesor de muro (m)

h = altura efectiva (m)

J = coeficiente (adim)

Cuantía horizontal

El cálculo de la cuantía horizontal está determinado por:

$$l_H = l_V - 0,001 \Rightarrow \text{no menor a } 0,0015$$

donde:

l_V = cuantía vertical (adim)

l_H = cuantía horizontal (adim)

Cortante actuante

El cálculo del cortante actuante está determinado por:

$$V_{act} = \frac{F_T}{(t * 100)(L * 100)}$$

donde:

V_{act} = corte actuante (kg)

$F_{T,x,y}$ = carga total en el sentido indicado (kg)

t = espesor de muro (m)

L = longitud del muro (m)

Si $V_{act} > V_{permisible}$, aumentar f'm para ese muro.

Área de acero vertical y horizontal

El cálculo del área de acero vertical y horizontal está determinado por:

$$As_V = \ell_V * [(t * 100) * (L * 100)]$$

$$As_H = \ell_H * [(t * 100) * (h * 100)]$$

donde:

As_V = área de acero vertical (cm^2)

As_H = área de acero horizontal (cm^2)

ℓ_V = cuantía vertical (adim)

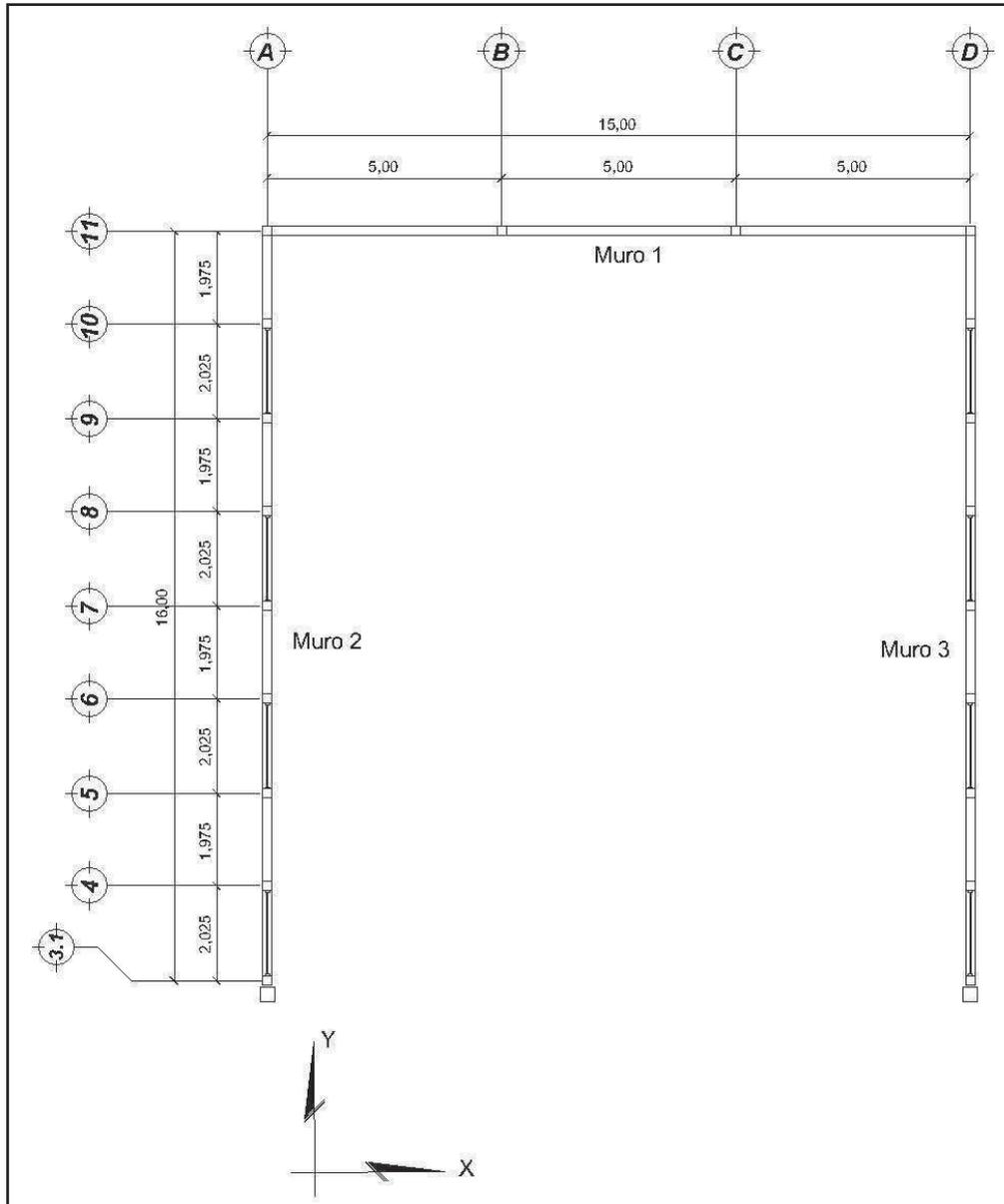
ℓ_H = cuantía horizontal (adim)

t = espesor de muro (m)

L = longitud del muro (m)

Diseño de muros

Figura 54. **Planta de muros**



Fuente: elaboración propia.

Datos

Alto total = 5,40 m

Grosor muro = 0,20 m

Peso unidad de block = 15 kg

Peso techo = 15 kg/m²

Sobrecarga = 40 kg/m²

Carga viva = 100 kg/m²

f'm = 35 kg/m²

Fy = 2 810 kg/m²

f'c = 281 kg/m²

Tabla XII. **Centro de masa**

Centro de masa							
No.	CM _x	CM _y	L _x	L _y	Área	Xi*Ai	Yi*Ai
1	3,24	8,28	7,73	16,57	128,08	415,96	1 060,55
2	11,29	8,28	7,73	16,57	128,08	1 446,41	1 060,55
					256,17	1 862,37	2 121,10

Fuente: elaboración propia.

$$CM_x = \frac{1\,862,37}{256,17} = 7,27 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{2\,121,10}{256,17} = 8,28 \text{ m}$$

$$W_{\text{techo}} = 256,17 * 15 = 3\,842,58 \text{ kg}$$

Tabla XIII. **Configuración de muros**

ID muro	Coordenadas C.M.		L	Sentido de trabajo		Rigidez de muros (Emp - Vol.)		Centro de rigidez	
	X	Y		X	Y	X	Y	X	Y
Muro 1	0,00	7,81	14,85	1,00	0,00	0,91	0,00	7,14	0,00
Muro 2	-7,19	-0,27	16,00	0,00	1,00	0,00	0,99	0,00	-7,12
Muro 3	7,19	-0,27	16,00	0,00	1,00	0,00	0,99	0,00	7,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Configuración de muros**

ID muro	Centro de masa		Peso muros	Peso muros por centro		Distancia al centro de rigidez		Momento polar	
	X	Y		X	Y	X	Y	X	Y
Muro 1	0,00	115,97	15 035,62	0,000	117 428,23	0,00	0,00	0,00	0,00
Muro 2	-115,04	-4,32	16 200,00	-116 478,00	-4 374,00	7,19	0,00	51,21	0,00
Muro 3	115,04	-4,32	16 200,00	116 478,00	-4 374,00	-7,19	0,00	51,21	0,00

Fuente: elaboración propia.

Continuación Tabla XV. **Configuración de muros**

ID Muro	Distancia al centro de rigidez		Momento polar	
	X	Y	X	Y
Muro 1	0,00	0,00	0,00	0,00
Muro 2	7,19	0,00	51,21	0,00
Muro 3	-7,19	0,00	51,21	0,00

Fuente: elaboración propia.

Centro de muros:

$$X = \frac{0,00}{47\,435,65} = 0,00 \text{ m} \qquad Y = \frac{108\,680,23}{47\,435,65} = 2,29 \text{ m}$$

Centro de rigidez:

$$X = \frac{0,00}{1,98} = 0,00 \text{ m} \qquad Y = \frac{7,14}{0,91} = 7,81 \text{ m}$$

Centro de masa combinado:

$$X = \frac{(0,00 * 47\,435,64) + (7,27 * 3\,842,58)}{47\,435,64 + 3\,842,58} = 0,54 \text{ m}$$

$$Y = \frac{(2,29 * 47\,435,64) + (8,28 * 3\,842,58)}{47\,435,64 + 3\,842,58} = 2,74 \text{ m}$$

Excentricidad de configuración:

$$X = 1,5 * |0,00 - 0,54| + 0,05 * 16,09 = 1,62 \text{ m}$$

$$Y = 1,5 * |7,81 - 2,74| + 0,05 * 16,57 = 8,43 \text{ m}$$

Excentricidad mínima:

$$X = 0,15 * 16,07 = 2,41 \text{ m}$$

$$Y = 0,15 * 16,57 = 2,48 \text{ m}$$

$$W_T = 3\,842,58 + 40 * 256,17 + 0,25 * 100 + 48\,943,00 = 63\,057,12 \text{ kg}$$

Cálculo del corte basal

$$I = 1$$

$$R = 3,50$$

Tipo de suelo = sin determinar

$$N_a = 1$$

$$Z = 0,40$$

$$N_V = 1$$

$$C_t = 0,048\,8$$

$$h_n = 5,40 \text{ m}$$

$$T = 0,173$$

$$C_V = 0,64$$

$$C_a = 0,44$$

$$V_1 = \frac{(63\,057,12 * 0,64 * 1)}{(3,5 * 0,1729)} = 66\,700,78 \text{ kg}$$

$$V_2 = \frac{(63\,057,12 * 0,44 * 1)}{(3,5)} = 19\,817,95 \text{ kg} \Rightarrow \text{A utilizar}$$

$$V_3 = 0,11 * 0,44 * 1 * 63\ 057,12 = 3\ 051,96 \text{ kg}$$

$$V_4 = \frac{0,8 * 0,4 * 1 * 1 * 63\ 057,12}{(3,5)} = 5\ 765,20 \text{ kg}$$

Distribución de fuerzas

$$F = \frac{63\ 057,12 * 5,4 * 19\ 817,95}{63\ 057,12 * 5,4} = 19\ 817,95 \text{ kg}$$

Tabla XVI. **Cálculo del corte actuante en muros**

ID muro	Carga lateral		Carga por torsión		Carga total		Momento actuante	
	X	Y	X	Y)	X	Y	X	Y
Muro 1	19 817,95	0,00	0,00	0,00	19 817,95	0,00	107 016,94	0,00
Muro 2	0,00	9 908,97	0,00	0,00	0,00	9 908,97	0,00	53 508,47
Muro 3	0,00	9 908,97	0,00	0,00	0,00	9 908,97	0,00	53 508,47

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de refuerzo en muros

$$F_b = 9\ 333 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_s = 1\ 405,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_m = 89\ 332,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 2\ 030\ 000,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 22,724$$

$$K = 0,131$$

$$J = 0,956$$

Tabla XVII. **Cálculo del refuerzo en muros**

ID muro	Momento actuante		Cuantía req. vertical	Cuantía req. horizontal	Actuante	
	X	Y			X	Y
Muro 1	107 016,94	0,00	0,0015	0,0015	0,66	0,00
Muro 2	0,00	53 508,47	0,0010	0,0015	0,00	0,31
Muro 3	0,00	53 508,47	0,0010	0,0015	0,00	0,31

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Cálculo del refuerzo en muro 1**

ID muro	Valor de As vertical	Valor de As horizontal	# varillas vert.	# varillas hor.	Cuantía min
Muro 1	43,74	15,60	35	22	0,003

Fuente: elaboración propia.

Varilla vertical a utilizar = # 4

$$\phi_{\text{varilla}} = 1,27 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla}} = 1,266 \text{ 8 cm}^2$$

Varilla horizontal a utilizar = # 3

$$\phi_{\text{varilla}} = 0,953 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla}} = 0,712 \text{ 6 cm}^2$$

Tabla XIX. Cálculo del refuerzo en muro 2-3

ID muro	Valor de As vertical	Valor de As horizontal	# varillas vert.	# varillas hor.	Cuánta min
Muro 2 - 3	32,00	15,60	45	22	0,0025

Fuente: elaboración propia.

Varilla vertical a utilizar = # 3

$$\phi_{\text{varilla}} = 0,953 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla}} = 0,7126 \text{ cm}^2$$

Varilla horizontal a utilizar = # 3

$$\phi_{\text{varilla}} = 0,953 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla}} = 0,7126 \text{ cm}^2$$

3.1.6.12.4. Diseño de cimientos

Datos:

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

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_s = 26,67 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,4 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$F_{\text{CU}} = 1,54$$

$$W_U = 2600 \text{ kg/m}$$

$$W' = \frac{W_u}{F_{\text{CU}}}$$

donde:

W' = carga de servicio (t/m)

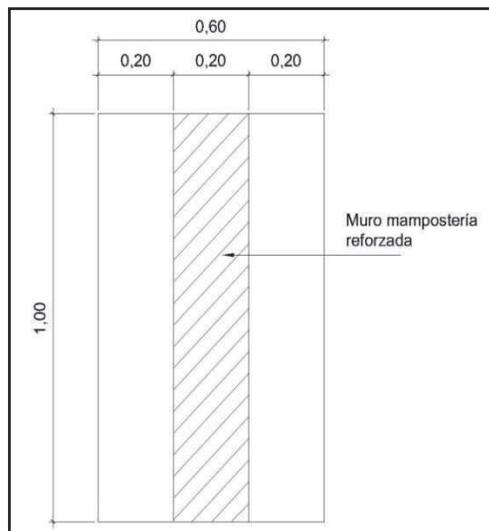
W_U = carga distribuida última (t/m)

F_{CU} = factor de carga última (adim)

$$W' = \frac{2,6}{1,54} = 1,68 \text{ t/m}$$

Se tomará como base para el diseño un ancho unitario de 1,00 m, por lo tanto las dimensiones del cimiento corrido, son las mostradas en la figura siguiente.

Figura 55. **Cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia.

$$A_z = b * A_u$$

donde:

A_z = área estimada (m²)

b = base del cimiento (m)

A_u = ancho unitario (m)

$$A_z = 0,60 * 1,00 = 0,60 \text{ m}^2$$

Cálculo del espesor del cimiento corrido

$$t_{\text{mín}} = 15 + \phi + \text{rec.}$$

donde:

$t_{\text{mín}}$ = espesor mínimo (cm)

rec = recubrimiento mínimo (cm)

ϕ = diámetro de varilla a utilizar (cm)

Asumiendo varilla No. 4 se tiene:

$$t_{\text{mín}} = 15 + 1,27 + 7,5 = 23,77 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Integración de cargas

$$P_{\text{muro}} = h * t_{\text{muro}} * A_u * \gamma_{\text{concreto}}$$

donde:

P_{muro} = peso de muro (t)

h = altura total de la estructura (m)

t_{muro} = espesor de muro (m)

A_u = ancho unitario (m)

γ_{concreto} = peso específico del concreto (t/m^3)

$$P_{\text{muro}} = 6,00 * 0,20 * 1,00 * 2,40 = 2,90 \text{ t}$$

$$P_{\text{suelo}} = D * A_z * \gamma_{\text{suelo}}$$

donde:

P_{suelo} = peso del suelo (t)

D = desplante (m)

A_z = área estimada (m^2)

γ_{concreto} = peso específico del concreto (t/m^3)

$$P_{\text{suelo}} = 0,60 * 0,60 * 1,4 = 0,504 \text{ t}$$

$$P_{\text{cimiento}} = A_z * t * \gamma_{\text{concreto}}$$

donde:

P_{cimiento} = peso del cimiento (t)

A_z = área estimada (m^2)

t = espesor del cimiento (m)

γ_{concreto} = peso específico del concreto (t/m^3)

$$P_{\text{cimiento}} = 0,60 * 0,25 * 2,4 = 0,36 \text{ t}$$

$$W_T = W' * A_u$$

donde:

W_T = carga de trabajo (t/m)

W' = carga de servicio (t/m)

A_u = ancho unitario (m)

$$W_T = 1,68 * 1,00 = 1,68 \text{ t}$$

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{muro}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}} + W_T$$

$$P_{\text{Total}} = 2,90 + 0,504 + 0,36 + 1,68 = 5,44 \text{ t}$$

La presión sobre el suelo será:

$$q_{\text{máx}} = \frac{P_{\text{Total}}}{A_z}$$

donde:

$q_{\text{máx}}$ = presión sobre el suelo (t/m^2)

P_{Total} = peso total (t)

A_z = área estimada (m^2)

$$q_{\text{máx}} = \frac{5,44}{0,60} = 9,00 \text{ t/m}^2$$

Entonces

$$q_{\text{máx}} = 9,00 \text{ t/m}^2 < V_s = 26,67 \text{ t/m}^2$$

No excede el valor soporte del suelo.

Debido a que la presión es constante se toma que $q_{\text{dis}} = q_{\text{máx}}$

$$q_{\text{dis}} = q_{\text{máx}} * F_{\text{cu}}$$

donde:

q_{dis} = presión de diseño (t/m^2)

$q_{\text{máx}}$ = presión máxima sobre el suelo (t/m^2)

F_{CU} = factor de carga última (adim)

$$q_{\text{dis}} = 9,00 * 1,54 = 13,90 \text{ t/m}^2$$

Chequeo por corte simple

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi}{2}$$

donde:

d = peralte efectivo (cm)

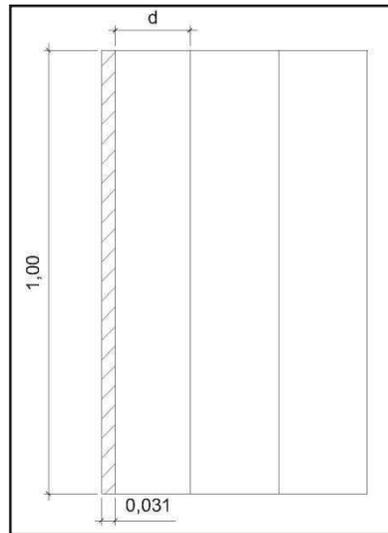
t = espesor del cimiento (cm)

rec = recubrimiento mínimo (cm)

ϕ = diámetro de varilla a utilizar (cm)

$$d = 25 - 7,5 - \frac{1,27}{2} = 16,90 \text{ cm}$$

Figura 56. Diagrama de corte simple



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = A_{ash} * q_{dis}$$

donde:

V_{act} = corte actuante (t)

A_{ash} = área ashurada (cm^2)

q_{dis} = presión de diseño (t/m^2)

$$V_{act} = (0,031 * 1,00) * 13,90 = 0,431 t$$

$$V_R = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

donde:

V_R = corte resistente (t)

\emptyset = factor de reducción (adim)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

d = peralte efectivo (cm)

A_u = ancho unitario (cm)

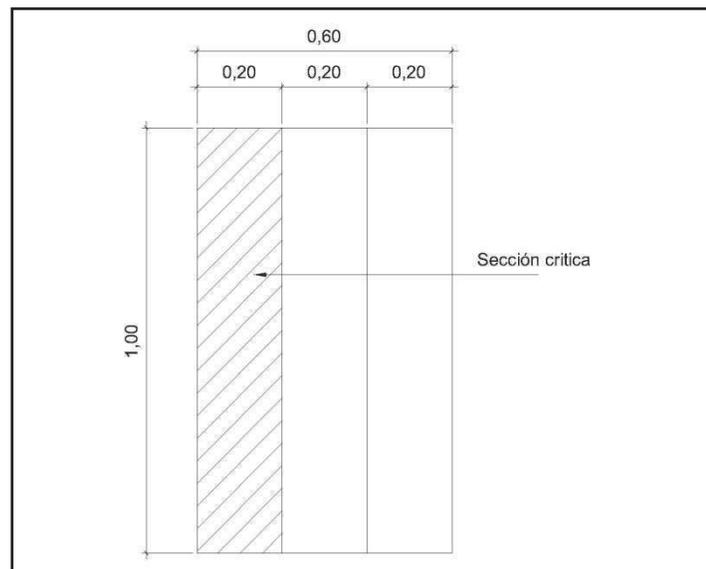
$$V_R = (0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 100 * 16,90) / 1\ 000 = 12,76\ \text{t}$$

$$V_R = 12,76\ \text{t} > V_{act} = 0,431\ \text{t}$$

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

Chequeo por flexión

Figura 57. **Diagrama de sección crítica por flexión**



Fuente: elaboración propia.

El momento actuante será

$$M_{act} = \frac{q_{dis} * l^2 * A_u}{2}$$

donde:

M_{act} = momento actuante (t-m)

q_{dis} = presión de diseño (t/m²)

l = longitud de la sección crítica (m)

A_u = ancho unitario (cm)

$$M_{act} = \frac{13,90 * 0,20^2 * 1,00}{2} = 0,278 \text{ t-m} = 278,00 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{F_y}$$

donde:

A_s = área de acero (cm²)

b = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

M_u = momento último (kg-m)

F_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (kg/cm²)

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

$$A_s = \left[(100 * 16,90) - \sqrt{(100 * 16,90)^2 - \frac{278,00 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2810} = 0,65 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} * A_u * d$$

donde:

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínima (cm^2)

ρ_{\min} = cuantía de acero mínima (adim)

A_u = ancho unitario (cm)

d = peralte efectivo (cm)

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2\ 810} * 100 * 16,90 = 8,48 \text{ cm}^2$$

como $A_s < A_{s_{\min}}$, colocar $A_{s_{\min}}$

Cálculo del espaciamiento de estribos

$$S = \frac{A_{\text{varilla}} * A_u}{A_{s_{\min}}}$$

donde:

S = espaciamiento de estribos (cm)

A_{varilla} = área de varilla a utilizar (cm^2)

A_u = ancho unitario (cm)

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínima (cm^2)

$$S = \frac{1,266\ 8 * 100}{8,48} = 15 \text{ cm. Se utilizará No. 4 @ 0,15 m.}$$

Como no existe flexión en el sentido "Y" se coloca A_{temp}

$$A_{s_{\text{temp}}} = 0,002 * b * t$$

donde:

$A_{s_{temp}}$ = área de acero por temperatura (cm^2)

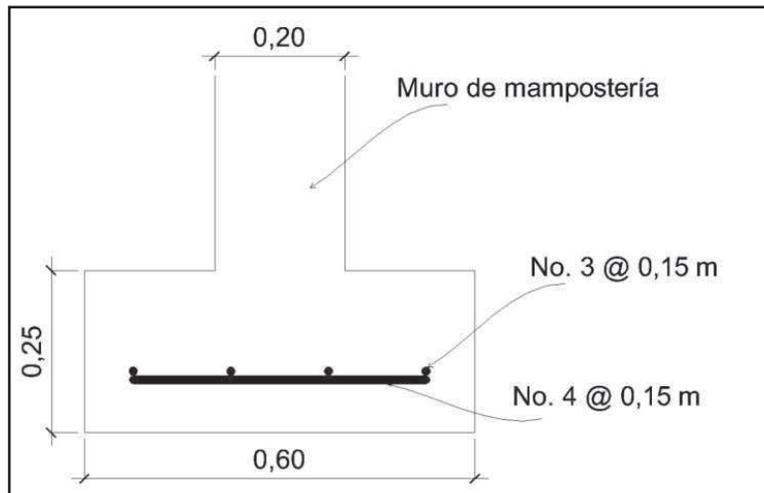
b = base de la sección del cimiento (cm)

t = espesor del cimiento (cm)

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * 60 * 25 = 3,00 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{0,71 * 40}{3,00} = 15 \text{ cm. Se utilizará No. 3 @ 0,15 m.}$$

Figura 58. **Detalle de elevación armado de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia.

3.1.7. Instalaciones

Son el conjunto de redes y equipos fijos que permiten el suministro y operación de los servicios que ayudan a la edificación a cumplir las funciones para las que ha sido diseñado.

3.1.7.1. Drenajes

La evacuación de aguas negras y pluviales, es a través de sistemas independientes. Para evitar la contaminación e incremento de caudal en el sistema del drenaje general.

Tabla XX. Diseño de la línea principal de drenaje

De	A	Cotas terreno		Dist. h (m)	Terreno S (%)	Población	f _{qm}	Fact. <i>Harmond</i>	Q _{diseño} (l/s)	ϕ (plg)
		Inicio	Final							
1	2	100,00	99,80	23,00	-0,84	180	0,002	4,16	1,5	4

De	A	Tubería S (%)	Área (m ²)	Sección llena		Rel q/Q	Rel d/D	Rel v/V	Chequeo
				V (m/s)	Q (l/s)				
1	2	2,00	0,0081	1,22	9,91	0,15133	0,27	0,73	0,89

Fuente: elaboración propia.

Se utilizará tubería y accesorios PVC de diámetro de 4 plg, según norma ASTM D-3034. La tubería del drenaje será colocada con una pendiente mínima del 1%, será ubicada a 0.60 m por debajo del nivel del piso y se utilizarán cajas de unión en los cambios de dirección.

Para el diseño del drenaje pluvial se utilizó la ecuación racional.

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

donde:

Q = caudal del área de estudio (m³/s)

C = coeficiente de escorrentía = 1

I = intensidad de lluvia máxima previsible (mm/h)

t = tiempo de concentración (min)

$$I = \frac{6\,889,1}{t + 39,5} \rightarrow t = 5 \text{ min}$$

$$I = 154,81 \text{ mm/h}$$

A = área a drenar por cada bajada igual a 30,50 m² = 0,003 050 Ha

$$Q = \frac{1 * 154,81 * 0,003\,050}{360} = 0,001\,150 \text{ m}^3/\text{s} = 1,15 \text{ l/s}$$

Luego se calcula el diámetro de la tubería por medio de la fórmula de Manning, de la siguiente manera:

$$D = \left(\frac{691\,000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Como se utilizará tubería de PVC, se estima un coeficiente de rugosidad n = 0,010. Se estimará una pendiente S=1%.

$$Q = \left(\frac{691\,000 * 0,001\,150 * 0,010}{0,01^{1/2}} \right)^{3/8} = 5,70 \text{ cm} = 2,25 \text{ plg}$$

Para las bajadas se utilizará tubería de 4" de diámetro.

3.1.7.2 Agua potable

El sistema de agua potable está diseñado para los servicios sanitarios del edificio y para la oficina del conserje. La red principal deberá estar por lo menos a 0.50 metros por debajo del nivel del piso y a 0.30 metros sobre la tubería del alcantarillado. Se colocará una válvula de cheque y una de compuerta, como seguridad y para mantenimiento de la tubería.

Se utilizó la ecuación de Hazen – Williams para realizar el diseño del agua potable, usando un coeficiente de rugosidad para tubería PVC de $C = 150$.

Tabla XXI. **Diseño de la línea principal de agua potable**

De	A	Cota terreno		Long. (m)	Qlocal (l/s)	C CHW	ϕ Teór. (plg)	ϕ Com. (plg)	Hf (m)	Vel. chequeo	Tubería	Presión (PSI)
		Inicial (m)	Final (m)									
1	2	100	99,8	26	0,20	150	1,01	1	0,25	0,40744	5	160

Fuente: elaboración propia.

Se utilizará tubería de PVC de 1 plg de diámetro en la línea principal, y para las líneas secundarias y accesorios, se utilizará tubería de PVC de ½ plg, según norma ASTM D-1785.

3.1.7.3. Electricidad

La instalación eléctrica constará de circuitos de iluminación y fuerza que estarán ubicados en los diferentes ambientes del centro de albergue y en los sanitarios.

Para este caso, la potencia real P (Watts) será igual a la potencia activa P (VA), en lo que a iluminación y tomacorrientes se refiere.

Las cargas mínimas para la iluminación y tomacorrientes comunes menores a 20 A, serán de 28 VA por metro cuadrado de construcción; por tanto, según la anterior afirmación, se considera que para 100 m² de construcción se utilizan 2 800 VA.

Entonces para el edificio escolar que mide 360,00 m² se utilizarán 10 080 VA.

$$I = \frac{P}{V}$$

donde:

I = corriente (A)

P = potencia (VA)

V = voltaje (V)

$$I = \frac{10\ 080}{120} = 84,00 \text{ A}; \text{ Se proponen 7 circuitos para el centro de albergue}$$

$$\frac{84,00}{3} = 28,00 \text{ A}$$

Con esto se asegura que se puede utilizar flipones de 30 A, para cada circuito, garantizando la seguridad de los mismos.

Tabla XXII. **Diseño de la Instalación eléctrica**

Circ.	Tomacorrientes			Lámparas			P (W)	I (A)	Seguridad 1,25 * I	Calibre cable (AWG)	Protección flipón (A)
	240 (V)	120 (V)	Total	100 (w)	2x40 (w)	Total					
A	0	0	0	1	5	500	500	4,17	5,21	3 # 12	1 x 30
B	0	0	0	1	5	500	500	4,17	5,21	3 # 12	1 x 30
C	0	0	0	0	9	720	720	6,00	7,50	3 # 12	1 x 30
1	0	7	840	0	0	0	840	7,00	8,75	3 # 12	1 x 30
2	0	6	720	0	0	0	720	6,00	7,50	3 # 12	1 x 30
3	0	6	720	0	0	0	720	6,00	7,50	3 # 12	1 x 30
4	0	7	840	0	0	0	840	7,00	8,75	3 # 12	1 x 30

Fuente: elaboración propia.

La instalación eléctrica constará de un tablero de distribución de 8 flipones de 30 A; en la iluminación se usarán lámparas fluorescentes de 2x40 watts en las oficinas y pasillos, y bombillas incandescentes de 100 watts en la oficina de registro y oficina de conserje; en cuanto a los circuitos de fuerza se usarán tomacorrientes dobles con placa metálica de 120V y cable de cobre de calibre #12 AWG para todos los circuitos.

3.1.8. **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 agua potable y planta de instalación eléctrica.

3.1.9. Presupuesto

La integración del presupuesto fue realizada usando costos unitarios, donde los costos directos son: los materiales de construcción, mano de obra calificada y no calificada, y los costos indirectos: utilidades, administración, supervisión e imprevistos, equivalentes al 25%. Los precios de los materiales se cotizaron en la cabecera municipal de La Unión, para los salarios de mano de obra se consideraron los que la municipalidad asigna para casos similares.

Tabla XXI. **Presupuesto de centro de albergue**

LA UNIÓN, ZACAPA PROYECTO: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA UBICACIÓN: ALDEA TAGUAYNÍ					
No	RENLÓN	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Total (Q)
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza y nivelación	m ²	360,00	14,05	5 058,14
1,2	Trazo y estaqueado	m	124,00	17,86	2 214, 08
2	CIMENTACIÓN				
2,1	Zapata tipo 1	Unidad	10,00	3 523,36	35 233,64
2,2	Zapata tipo 2	Unidad	2,00	4 262,88	8 525,76
2,3	Cimiento corrido	m	47,00	683,66	32 132,10
3	MUROS				
3,1	Muros de 0,15 X 0,20 X 0,40 m	m ²	125,00	290,90	36 362,89
3,2	Muros de 0,10 X 0,20 X 0,40 m	m ²	19,00	244,40	4 643,64
3,3	Muros de 0,20 X 0,20 X 0,40 m	m ²	185,00	338 63	62 646,79
4	SOLERAS				
4,1	Solera hidrófuga de 0,15 X 0,20 m	m	147,00	155,54	22 864,01
4,2	Solera de 0,15 X 0,20 m	m	310,00	155,54	48 216,63
4,3	Solera de 0,10 X 0,15 m	m	88,30	103,83	9 168,40
4,4	Solera hidrófuga de 0,20 X 0,20 m	m	268,20	186,50	50 019,77
4,5	Solera de 0,10 X 0,20 m	m	60,00	133,93	8 035,64
5	ESTRUCTURAS				
5,1	COLUMNAS				
5,1,1	Columna tipo A	m	54,00	904,98	48 868,83
5,1,2	Columna tipo B	m	36,00	812,97	29 266,90
5,1,3	Columna tipo C	m	209,00	324,78	67 879,98
5,1,4	Columna tipo D	m	94,80	191,61	18 164,88
5,1,5	Columna tipo F	m	30,00	410,58	12 317,54

Continuación tabla XXI

5,1,6	Columna C-1	m	28,00	449,86	12 596,01
5,1,7	Columna C-2	m	21,00	425,01	8 925,31
5,1,8	Columna C-3	m	100,00	479,69	47 968,74
5,2	VIGAS				
5,2,1	Viga tipo 1	m	45,00	752,64	33 868,70
5,2,2	Viga tipo 2	m	32,00	700,64	22 420,41
5,2,3	Viga tipo 3	m	45,00	564,14	25 386,20
5,2,4	Viga tipo 4	m	32,00	617,83	19 770,49
6	TECHOS				
6,1	LOSA TRADICIONAL				
6,1,1	Losa de techo	m ²	120,00	705,58	84 669,62
6,1,2	Losa de entrepiso	m ²	113,57	870,68	98 883,15
6,2	Estructura metálica	m ²	274,25	653,88	179 327,08
7	GRADAS				
7,1	Gradas	Global	1	14 847,69	14 847,69
8	ACABADOS				
8,1	ACABADO DE PISO				
8,1,1	Piso cerámico	m ²	787,24	290,37	228 589,07
8,1,2	Base de concreto para piso	m ²	632,08	263,92	166 817,42
8,2	ACABADO DE MURO				
8,2,1	Repello	m ²	585,40	75,28	44 068,91
8,2,2	Cernido vertical	m ²	585,40	65,69	38 454,93
8,2,3	Azulejo	m ²	48,00	240,15	11 527,20
8,2,4	Pintura	m ²	585,00	75,43	44 126,55
8,3	TALLADO				
8,3,1	Columnas	m	500,00	55,24	27 620,00
8,3,2	Vigas	m	204,00	55,24	11 268,96
8,3,3	Losas	m ²	146,00	55,24	8 065,04
9	SISTEMA DE DRENAJE Y PLUVIAL				
9,1	Drenaje y pluvial	Global	1,00	18 865,92	18 865,92
10	SISTEMA DE AGUA POTABLE				
10,1	Agua potable	Global	1,00	12 544,69	12 544,69
11	SISTEMA ELÉCTRICO				
11,1	Iluminación y fuerza	Global	1,00	22 667,60	22 667,60
12	PUERTAS Y VENTANAS				
12,1	Ventanas	m ²	66,00	164,60	10 863,60
12,2	Puertas	m ²	36,20	460,60	16 673,72
13	ARTEFACTOS SANITARIOS				
13,1	Artefactos sanitarios	Global	1,00	16 065,95	16 065,95
14	OTROS				
14,1	Barandas	m	30,20	400,00	12 080,00

Continuación tabla XXI

14,2	Jardinización	Global	1,00	1 200	1 200,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q.	1 741 782,59

Fuente: elaboración propia.

3.1.10. Evaluación de impacto ambiental inicial (EIA)



MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
REPÚBLICA DE GUATEMALA

EVALUACIÓN AMBIENTAL INICIAL

(Formato propiedad del MARN)

Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del listado taxativo</p> <p>Firma y sello de recibido MARN</p>

I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: Centro de albergue para eventos de emergencia, aldea Taguayni, La Unión, Zacapa	
I.2. Información legal: A) Nombre del proponente o representante legal: Municipalidad de La Unión, Zacapa <hr/> B) De la empresa: Razón social: Municipalidad de La Unión, Zacapa <hr/> Nombre comercial: Municipalidad de La Unión, Zacapa <hr/> No. de escritura constitutiva: _____ Fecha de constitución: _____ <hr/> Patente de sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____ Patente de comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____ No. de finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____ _____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad. Número de identificación tributaria (NIT): _____	
I.3 Teléfono _____ Fax _____ Correo electrónico: _____	
I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: Especificar coordenadas UTM o geográficas	
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas geográficas Datum WGS84

I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo		
II. INFORMACIÓN GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapas de:		
de Construcción**	Operación	Abandono
Actividades a realizar	- Actividades o procesos	- acciones a tomar en caso de cierre
Insumos necesarios	- Materia prima e insumos	
- Maquinaria	- Maquinaria	
Otros de relevancia	- Productos y subproductos (bienes o servicios)	
** Adjuntar planos	- Horario de trabajo	
	- Otros de relevancia	
II.3 Área		
a) Área total de terreno en m ² <u>708 m²</u>		
b) Área de ocupación del proyecto en m ² : <u>360 m²</u>		
II.4 Actividades colindantes al proyecto:		
NORTE: <u>Calle principal</u>		
SUR: <u>Cultivos</u>		
ESTE <u>Cultivos</u>		
OESTE <u>Cultivos</u>		
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
Calle principal	Norte	20 metros
Cultivos	Sur, Este, Oeste	Alrededores
II.5 Dirección del viento:		
Norte - Sur		
II.7 Datos laborales		
a) Jornada de trabajo: Diurna (x) Nocturna () Mixta (x) Horas Extras		

b) Número de empleados por jornada _____		
Total empleados _____		
c) Otros datos laborales, especifique		

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	tipo	si/no	cantidad (mes, día, hora)	proveedor	uso	especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
agua	servicio público						
	pozo						
	agua superficial						
	otro						
combustibles*	gasolina						
	diesel						
	bunker						
	djp						
	Otro						
lubricantes	solubles						
	no solubles						
refrigerantes							
OTRO O							
*NOTA: Si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenamiento de combustibles, adjuntar copia							
III. TRANSPORTE							
III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:							
a) Número de vehículos _____							
b) Tipo de vehículo Agrícolas, Pick-Ups _____							
c) Sitio para estacionamiento y área que ocupa Calle Principal							
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD							

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

No.	Aspecto Ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Destrucción de las cosechas Molestias pulmonares a los vecinos	Terrenos aledaños a la construcción del centro, la calle principal por lo cercano	Evitar en todo lo posible la destrucción de cosechas Movilización de maquinaria en horarios especiales
		Ruido	Malestar a toda la comunidad	Casas aledañas a la construcción	Horarios coordinados con la comunidad para evitar discusiones
		Vibraciones	Destrucción de cosechas por la maquinaria	Terrenos aledaños	Reparar el terreno arruinado y pago de las cosechas
		Olores	Mal olores	Terrenos aledaños a la construcción	Colocación de baños portátiles y orientación a los trabajadores

2	Agua	Abastecimiento de agua	No se produce	No se produce	
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: 600 l/día, generados por los trabajadores	Descarga: En la quebrada mas cercana a la construcción	Construcción de fosas sépticas que van a ayudar a que la quebrada no se siga contaminando
		Agua de lluvia	Captación En cunetas colocadas por todo el terreno aledaño a la construcción	Descarga: En la quebrada mas cercana al proyecto	
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: 2 metros cúbicos semanales	Terrenos colindantes al proyecto	Colocación de barriles para basura y capacitación a los trabajadores
		Desechos Peligrosos (con una o mas de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: 1.5 metros cúbicos semanales	Disposición	
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	Contaminación del suelo	Terrenos aledaños a la construcción del proyecto	Reacondicionamiento del suelo afectado
		Modificación del relieve o topografía del área	Derrumbes o deslaves	Terrenos aledaños a la construcción	Taludes, terrazas y eliminación de terreno flojo
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	Tala de arboles, destrucción de flora	Terrenos aledaños a la construcción del proyecto	Reforestación de terrenos aledaños y terrenos destruidos
		Fauna (animales)	Muerte de animales pequeños	Terrenos cercanos a la construcción del proyecto	Reubicación de los animales que se encuentren cerca del proyecto

5	Visual	Modificación del paisaje	No se presenta malestar		
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	Afectar la economía de la comunidad por el bloqueo de la calle principal por la maquinaria	Las comunidades que utilizan esta carretera para compra y venta de productos	Establecer horarios de paso y evitar lo mas que se pueda el bloqueo de la carretera

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO	350 KW/mes
V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____	
V.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público: otorgado por la municipalidad de La Unión, Zacapa	

b) Sistema privado	

c) Generación propia	

V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? Sí _____ NO _____	
V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?	
La iluminación natural, proporcionada por las ventanas y espacios abiertos con los que cuenta el centro de albergue	
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:	
a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio	
b) <input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores	
c) <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores	
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que y cuáles serían las actividades riesgosas:	
Debido a que el proyecto beneficiará a las comunidades aledañas en casos de emergencia y también para actividades de la comunidad	
VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?	
a) Inundación () b) Explosión () c) Deslizamientos (x)	
d) Derrame de combustible () e) Fuga de combustible() d) Incendio()	
e) Otro ()	
Detalle la información explicando el porqué? Por estar ubicado dentro de la montaña, bosque nuboso en La Unión	

VI.3 Riesgos ocupacionales:

- Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores
- La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores
- La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores
- No existen riesgos para los trabajadores

Ampliar información:

Debido a que en invierno se producen derrumbes y el paso se obstaculiza por ser camino de terracería

VI.4 Equipo de protección personal

- Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? Sí (x) NO ()
- Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:

Casco protector, botas de trabajo, arnés y chaleco

Medidas de mitigación

- Realizar la actividad de limpieza y desmonte solo en las áreas que sean necesarias.
- Concientizar previamente a los vecinos sobre la tala de árboles y destrucción de los cultivos.
- Trabajar en horas donde se cauce la menor molestia a la población.
- Mantener bolsas de basura para cualquier desecho que produzca la cuadrilla.
- Colocar avisos o señales cerca de la construcción.
- Cuando lo amerite, usar equipos de protección como casco y arnés para realizar el trabajo.

CONCLUSIONES

1. Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario requiere hacer un estudio minucioso de todas las características de la población y del lugar; el alcantarillado sanitario para el caserío Oratorio está diseñado para un período de diseño de 22 años con tasa de crecimiento del 3,00%, tubería PVC y fosas sépticas, basado en especificaciones del INFOM.
2. Con la implementación del sistema de alcantarillado sanitario en el caserío Oratorio, se contribuye al saneamiento ambiental y se evita la generación de enfermedades, debido a la disposición de desechos hacia lugares públicos. Beneficiando a 726 habitantes en la actualidad, con un costo de Q. 1 569 352,65 (un millón quinientos sesenta y nueve mil trescientos cincuenta y dos con sesenta y cinco centavos).
3. El diseño estructural de la edificación, se analizó bajo las condiciones de carga de acuerdo con la utilización de la misma; además, se consideró el efecto que puede producir un sismo en determinado momento. El edificio de dos niveles para la aldea Taguayní, está diseñado con el método de *SEAOC*, para fuerzas inducidas por sismo. El diseño estructural se realizó con base en el código ACI 318-99 y norma AGIES.
4. El aporte técnico que el Ejercicio Profesional Supervisado, -EPS- de la Facultad de Ingeniería hizo a la municipalidad de La Unión, consistió en la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Oratorio, aldea Campanario y un edificio de dos niveles para centro de albergue para aldea Taguayní, la cual surgió 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 La Unión

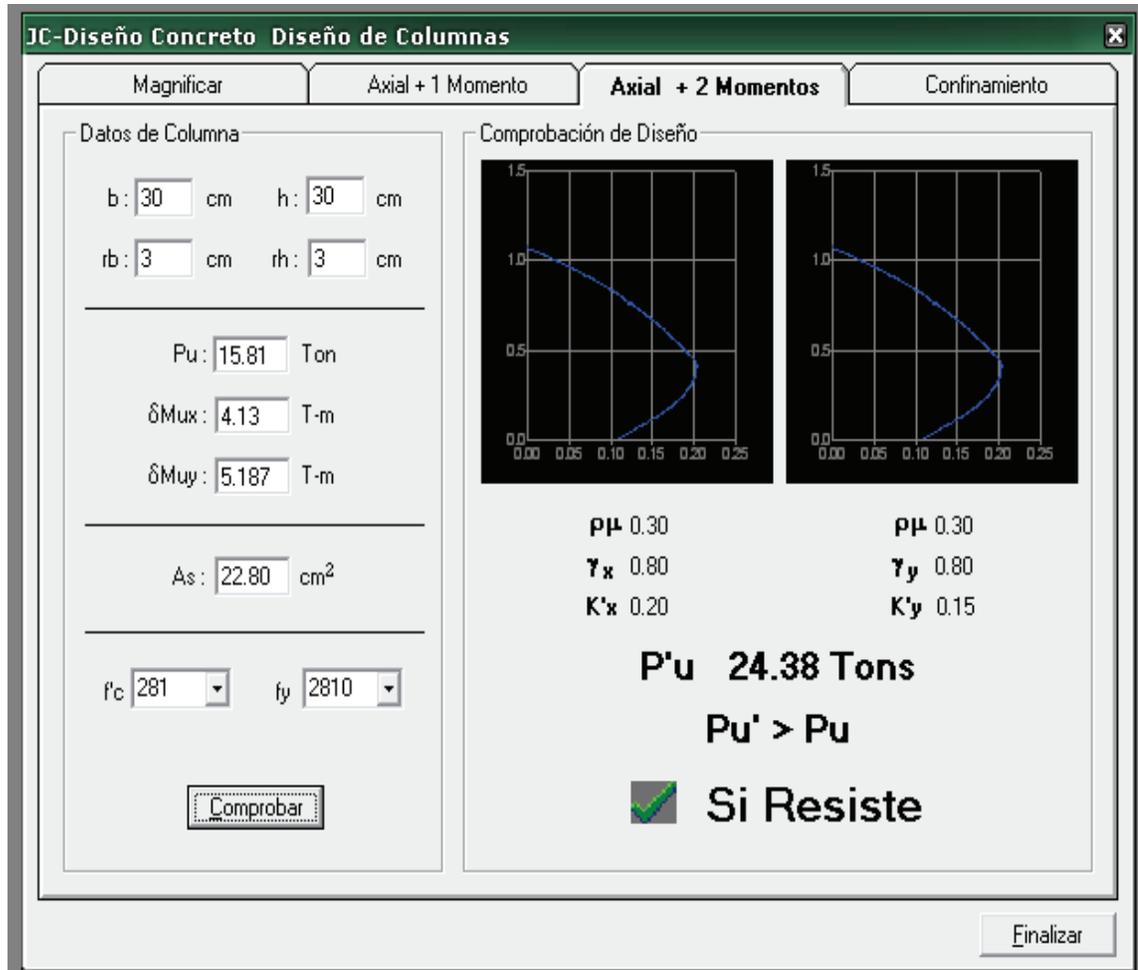
1. Capacitar a los miembros del COCODE, del caserío Oratorio, para el mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado sanitario, para que posea un funcionamiento y durabilidad adecuada.
2. Desarrollar una campaña de educación sanitaria a la población del caserío Oratorio, acerca de la utilidad del servicio de alcantarillado sanitario. Esto 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 uno demanda, para garantizar 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 variaciones, 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*. Estados Unidos: 1999. 586 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *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 Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994. 145 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4^a ed. México: Limusa Noriega, 2002. 650 p.
5. Instituto de Fomento Municipal, INFOM, UNEPAR. *Normas generales para diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, UNEPAR, 2001. 30 p.
6. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 13^a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 772 p. ISBN: 958600953X.

APÉNDICE 1

Diagrama de interacción de columna



Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE 2

Diseño de la red de alcantarillado sanitario para el caserío Oratorio, aldea Campanario, La Unión

Diseño de red de alcantarillado sanitario para el caserío Oratorio, aldea Campanario, La Unión, Zacapa		Tasa de crecimiento										Período de diseño																				
		No. De hab fut.					Densidad de población					22 años					22 años															
		720 hab		139 hab		6 hab/inm	3.00 %		F.H.		Q (lit/s)		Re i/q		Re i/q		Re i/q		Re i/q		Re i/q		Re i/q									
Dist. H	S (%)	Viviendas	Local Acumulada	Actual Futura	Actual Futura	Actual Futura	Actual Futura	Area m ²	% tubo	Seccion Llana	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q	Re i/q									
Inicial	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final									
SI	1	12	100.00	9824	50.94	3.47	8.00	48	92	0.002	4.32	4.25	0.41	0.78	6.00	3.47	0.082	2.11	38.45	0.07083	0.0750	0.334	0.70	0.02035	0.1000	0.401	0.85	98.60	98.84	1.40	1.40	
SI	4	3	109.53	108.13	12.81	10.97	2.00	12	23	0.002	4.41	4.37	0.11	0.20	6.00	10.97	0.082	3.75	88.40	0.001546	0.0300	0.184	0.89	0.002940	0.0400	0.220	0.83	108.13	108.73	1.40	1.40	
SI	3	2	108.13	9824	39.54	25.01	8.00	60	115	0.002	4.30	4.23	0.52	0.97	6.00	24.88	0.082	5.65	103.02	0.05007	0.0625	0.284	1.49	0.009433	0.0700	0.300	1.81	106.66	98.84	1.45	1.40	
SI	2	187	98.24	8787	42.44	24.89	10.00	108	207	0.002	4.23	4.14	0.91	1.71	6.00	24.78	0.082	5.64	102.81	0.08886	0.0675	0.312	1.76	0.016677	0.0900	0.3750	2.11	98.79	88.27	1.45	1.40	
SI	87	86	87.67	91.18	15.31	22.89	2.00	20	20	0.002	4.22	4.13	1.01	1.90	6.00	0.50	0.082	0.80	14.60	0.06388	0.1800	0.577	0.46	0.129802	0.2450	0.620	0.55	86.22	86.14	1.45	5.03	
SI	86	85	91.18	93.62	15.69	-15.55	2.00	32	253	0.002	4.21	4.11	1.11	2.08	6.00	0.50	0.082	0.80	14.60	0.07879	0.1800	0.596	0.48	0.142330	0.2600	0.7160	0.57	86.09	86.02	5.08	7.60	
SI	85	83	93.62	75.62	34.98	51.44	0.00	162	310	0.002	4.18	4.07	1.35	2.53	6.00	0.50	0.082	0.80	14.60	0.041318	0.0750	0.334	2.19	0.021126	0.1025	0.4080	2.88	85.97	74.22	7.65	1.40	
SI	83	82	75.62	78.34	46.87	-5.56	9.00	216	414	0.002	4.14	4.02	1.79	3.32	6.00	0.50	0.082	0.80	14.60	0.22336	0.2400	0.684	0.55	0.227574	0.3300	0.6170	0.65	74.17	73.93	1.45	4.41	
SI	A2	21	78.34	70.76	46.66	16.23	0.00	282	483	0.002	4.11	3.98	2.07	3.85	6.00	0.68	0.082	3.52	84.26	0.03234	0.1250	0.463	1.63	0.039844	0.1700	0.5900	1.97	73.88	69.36	4.46	1.40	
SI	4	5	109.53	104.82	22.01	21.42	2.00	12	23	0.002	4.41	4.37	0.11	0.20	6.00	21.42	0.082	5.24	95.59	0.001186	0.0275	0.174	0.91	0.002103	0.0350	0.200	1.06	108.13	103.42	1.40	1.40	
SI	5	6	104.82	98.51	27.94	22.87	7.00	54	103	0.002	4.31	4.24	0.47	0.88	6.00	22.38	0.082	5.38	97.71	0.04762	0.0300	0.256	1.37	0.008979	0.0975	0.5120	1.67	103.37	97.11	1.45	1.40	
SI	6	7	98.51	96.06	35.33	6.93	2.00	110	165	0.002	4.18	4.07	1.38	2.57	6.00	6.78	0.082	2.95	53.78	0.02634	0.1153	0.432	1.27	0.047839	0.1300	0.5170	1.52	97.06	94.67	1.45	1.40	
SI	7	8	96.06	86.42	48.14	-19.82	0.00	66	126	0.002	4.29	4.21	0.57	1.07	6.00	19.82	0.082	5.00	91.25	0.03204	0.0575	0.281	1.41	0.01681	0.0775	0.3490	1.71	94.62	85.02	1.45	1.40	
SI	8	9	86.42	79.95	49.03	13.21	0.00	66	126	0.002	4.29	4.21	0.57	1.07	6.00	13.10	0.082	4.10	74.75	0.00573	0.0625	0.297	1.22	0.014259	0.0850	0.3610	1.48	84.97	78.55	1.45	1.40	
SI	9	10	79.95	78.99	9.99	-9.61	0.00	66	126	0.002	4.29	4.21	0.57	1.07	6.00	9.10	0.082	3.42	62.30	0.00887	0.0575	0.312	1.07	0.017108	0.0925	0.3800	1.30	78.30	77.59	1.45	1.40	
SI	35	34	123.53	126.72	25.29	22.97	2.00	12	23	0.002	4.41	4.37	0.11	0.20	6.00	22.97	0.082	5.43	98.99	0.001088	0.0250	0.163	0.88	0.002031	0.0350	0.200	1.10	131.13	125.32	1.40	1.40	
SI	34	33	126.72	120.91	25.29	22.97	4.00	36	69	0.002	4.34	4.28	0.31	0.59	6.00	22.78	0.082	5.40	98.57	0.00371	0.0425	0.230	1.24	0.00986	0.0575	0.2810	1.52	125.27	119.51	1.45	1.40	
SI	33	32	120.91	115.99	10.67	46.25	3.00	9.00	54	103	0.002	4.31	4.24	0.47	0.88	6.00	45.80	0.082	7.66	139.77	0.00329	0.0425	0.230	1.76	0.006277	0.0575	0.2810	2.15	119.46	114.58	1.45	1.40

Continuación apéndice 2

Diseño de red de alcantarillado sanitario para el caserío Oraburo, antes Compañero, La Unión, Zacapa		Densidad de población		Tasa de crecimiento		Período de diseño																								
Duración		No. De hab. lit.		3.00 %		22 años																								
150 Inhabida		1,391 hab																												
726 hab		6 habitantes																												
Tramo	DA	A	Cota Terreno	Dist. H	S (%)	Viviendas	Población	Fpm	F.H.	Q (litros/s)	Ø (pulg)	% Tubo	Area m ²	Vel (m/s)	Q (l/s)	Rel Q/Q Actual	Rel d/D Actual	Rel V/V Actual	Chequeo Vel. Act.	Rel Q/Q Futuro	Rel d/D Futuro	Rel V/V Futuro	Chequeo Vel. Fut.	Cota Inert	Altura Pozos					
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Entrada	Salida	Entrada	Salida			
32.31	115.98	109.58	29.27	21.84	3.00	12.00	72	138	0.002	4.28	4.20	0.62	1.16	6.00	21.68	0.0082	5.27	96.17	0.006469	0.0575	0.281	1.48	0.012058	0.0775	0.3410	1.80	114.53	108.18	1.45	1.40
31.30	108.58	103.19	29.27	21.85	1.00	13.00	78	149	0.002	4.27	4.19	0.67	1.25	6.00	21.65	0.0182	5.27	96.10	0.006394	0.0600	0.289	1.52	0.013038	0.0800	0.3480	1.83	108.13	101.79	1.45	1.40
30.29	103.19	97.77	14.71	36.81	0.00	13.00	78	149	0.002	4.27	4.19	0.67	1.25	6.00	36.50	0.0182	5.84	124.78	0.005940	0.0550	0.273	1.87	0.010041	0.0725	0.3270	2.24	101.74	96.37	1.45	1.40
29.28	97.77	87.20	43.64	24.23	0.00	13.00	78	149	0.002	4.27	4.19	0.67	1.25	6.00	24.12	0.0182	5.86	101.43	0.005700	0.0600	0.289	1.61	0.012352	0.0800	0.3480	1.94	96.32	85.80	1.45	1.40
28.27	87.20	82.11	24.88	20.46	0.00	13.00	78	149	0.002	4.27	4.19	0.67	1.25	6.00	20.25	0.0182	5.10	92.94	0.007700	0.0625	0.297	1.51	0.019461	0.0625	0.3350	1.81	85.75	80.71	1.45	1.40
27.10	82.11	78.99	38.00	8.21	0.00	13.00	78	149	0.002	4.27	4.19	0.67	1.25	6.00	8.07	0.0182	3.22	56.67	0.013390	0.0750	0.334	1.07	0.023355	0.1025	0.4000	1.31	80.66	77.59	1.45	1.40
10.11	78.99	80.96	60.93	-3.23	0.00	24.00	144	276	0.002	4.20	4.09	1.21	2.28	6.00	0.30	0.0182	0.62	11.31	0.008945	0.2250	0.659	0.41	0.199702	0.3100	0.7900	0.49	77.54	77.36	1.45	3.60
11.12	80.96	84.78	55.73	-6.87	3.00	27.00	162	310	0.002	4.18	4.07	1.35	2.53	6.00	0.30	0.0182	0.62	11.31	0.191222	0.2350	0.676	0.42	0.229477	0.3300	0.8170	0.51	77.31	77.14	3.65	7.65
12.13	84.78	84.34	21.97	2.05	3.00	30.00	180	345	0.002	4.16	4.05	1.50	2.89	6.00	0.30	0.0182	0.62	11.31	0.132526	0.2500	0.702	0.44	0.247077	0.3400	0.8300	0.51	77.09	77.03	7.70	7.31
13.14	84.34	84.95	28.99	-2.10	5.00	35.00	210	402	0.002	4.14	4.02	1.74	3.24	6.00	0.30	0.0182	0.62	11.31	0.153718	0.2700	0.730	0.45	0.269052	0.3700	0.8680	0.54	76.98	76.89	7.36	8.06
14.15	84.95	85.33	25.00	-1.54	5.00	40.00	240	468	0.002	4.12	3.99	1.99	3.67	6.00	0.30	0.0182	0.62	11.31	0.174739	0.2900	0.761	0.47	0.242618	0.4000	0.9020	0.56	76.84	76.76	8.11	8.57
15.16	85.33	83.54	43.88	4.08	9.00	54.00	324	621	0.002	4.06	3.92	2.63	4.87	6.00	0.20	0.0182	0.51	9.24	0.265118	0.3700	0.868	0.44	0.327500	0.5200	1.0160	0.51	76.71	76.63	8.62	6.92
16.17	83.54	80.21	39.81	8.36	7.00	62.00	372	713	0.002	4.04	3.89	3.00	5.55	6.00	0.20	0.0182	0.51	9.24	0.325778	0.4000	0.902	0.46	0.600398	0.5600	1.0490	0.53	76.58	76.50	6.97	3.72
17.18	80.21	78.16	14.71	13.97	3.00	65.00	390	747	0.002	4.03	3.88	3.14	5.60	6.00	0.30	0.0182	0.62	11.31	0.277893	0.3700	0.868	0.44	0.512359	0.5100	1.0090	0.63	76.45	76.40	3.77	1.75
18.19	78.16	76.34	14.71	12.37	2.00	67.00	402	770	0.002	4.02	3.87	3.23	5.96	6.00	0.60	0.0182	0.51	63.99	0.069322	0.1650	0.528	1.85	0.093713	0.2100	0.6330	2.22	76.35	74.94	1.60	1.40
19.20	76.34	72.38	31.52	12.56	6.00	73.00	438	839	0.002	4.00	3.85	3.51	6.46	6.00	12.43	0.0182	3.99	72.82	0.049159	0.1500	0.517	2.06	0.088697	0.2050	0.6240	2.49	74.89	70.97	1.45	1.40
20.21	72.38	70.76	14.78	10.93	1.00	74.00	444	851	0.002	4.00	3.84	3.55	6.54	6.00	10.55	0.0182	3.68	67.08	0.026262	0.1575	0.533	1.96	0.097503	0.2150	0.6440	2.37	70.92	69.36	1.45	1.40
21.22	70.76	66.81	24.52	16.13	2.00	118.00	708	1357	0.002	3.89	3.71	5.51	10.07	6.00	15.92	0.0182	4.52	82.41	0.066872	0.1800	0.577	2.61	0.122174	0.2400	0.6940	3.09	66.31	65.41	1.45	1.40
22.23	66.81	64.82	14.78	13.43	1.00	119.00	714	1368	0.002	3.89	3.71	5.55	10.15	6.00	13.10	0.0182	4.10	74.75	0.074303	0.1650	0.567	2.41	0.135730	0.2500	0.7020	2.88	65.36	63.42	1.45	1.40
23.24	64.82	60.62	35.47	11.84	2.00	121.00	726	1391	0.002	3.89	3.70	5.64	10.30	6.00	11.70	0.0182	3.87	70.64	0.079689	0.1950	0.605	2.34	0.145833	0.2800	0.7160	2.77	63.37	59.22	1.45	1.40

Continuación apéndice 2

Diseño de red de alcantarillado sanitario para el caserío Oratoro, aleda. Campanero, La Unión, Zacapa																												
Dotación		No. De hab		No. De hab fut.		Densidad de población		Tasa de crecimiento		Periodo de diseño																		
160/ha		726 hab		1391 hab		6 hab/ha		3.00 %		22 años																		
Tramo	De	A	Cota Terreno	Dist. H	S (%)	Viviendas	Población	Fom	F.H.	Odseno (l/s)	Ø (pulg)	% Tubo	Area m ²	Vel (m/s)	Q (l/s)	Sección Llana	Rel q/Q	Rel d/D	Rel v/V	Chequeo	Vel. fut.	Cota Invert.	Salida Entrada	Altura Pozos				
Inicial	PVP	Final	(m)	(m)		Local	Acumulada	Actual	Futura	Actual	Futura		m ²		Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Salida	Entrada			
24.25	60.62	54.81	49.45	117.6	0.00	726	1391	0.002	3.89	3.70	5.64	6.00	11.66	0.0182	3.87	70.32	0.079935	0.1950	0.605	2.34	0.146083	0.2800	0.7160	2.77	59.17	53.41	1.45	1.40
25.26	54.81	53.00	19.78	9.15	0.00	726	1391	0.002	3.89	3.70	5.64	6.00	8.90	0.0182	3.38	61.61	0.091962	0.2700	0.633	2.14	0.167207	0.2800	0.7470	2.62	53.38	51.60	1.45	1.40
S1	C	B1	99.83	94.92	17.09	287.4	3.00	18	34	0.002	4.39	4.34	0.16	0.30	6.00	28.74	0.0162	0.0300	0.194	1.12	0.002707	0.0400	0.2210	1.34	96.43	93.52	1.40	1.40
B1	B	94.92	93.83	5.97	18.17	0.00	3.00	18	34	0.002	4.39	4.34	0.16	0.30	6.00	17.40	0.0182	0.0325	0.194	0.92	0.003479	0.0460	0.2380	1.13	93.47	92.43	1.45	1.40
B	15	93.83	85.33	30.49	27.88	2.00	5.00	30	57	0.002	4.35	4.30	0.26	0.49	6.00	27.70	0.0182	0.0375	0.212	1.26	0.004550	0.0500	0.2360	1.63	92.38	83.93	1.45	1.40
S1	B1	B2	94.92	94.12	10.00	8.00	1.00	6	11	0.002	4.43	4.41	0.05	0.10	6.00	8.00	0.0182	0.0250	0.163	0.52	0.001735	0.0325	0.1940	0.62	93.32	92.72	1.40	1.40
B2	B3	94.12	94.44	6.00	4.00	0.00	1.00	6	11	0.002	4.43	4.41	0.05	0.10	6.00	4.20	0.0182	0.0275	0.174	0.40	0.002385	0.0375	0.2120	0.49	92.67	92.33	1.45	2.11
B3	B4	94.44	93.98	19.49	2.38	4.00	5.00	30	57	0.002	4.35	4.30	0.26	0.49	6.00	1.10	0.0182	0.0775	0.341	0.40	0.022833	0.1050	0.4440	0.49	92.28	92.07	2.16	1.91
B4	B5	93.98	93.62	8.98	4.01	0.00	5.00	30	57	0.002	4.35	4.30	0.26	0.49	6.00	1.10	0.0182	0.0775	0.341	0.40	0.022833	0.1050	0.4440	0.49	92.02	91.92	1.96	1.70
S1	A	16	86.08	83.54	22.75	11.14	1.00	6	11	0.002	4.43	4.41	0.05	0.10	6.00	11.14	0.0182	0.0225	0.162	0.57	0.001470	0.0300	0.1940	0.70	94.88	82.14	1.40	1.40
S1	A	11	86.08	82.28	23.41	16.23	4.00	24	46	0.002	4.37	4.32	0.21	0.40	6.00	16.23	0.0182	0.0375	0.212	0.97	0.004771	0.0500	0.2360	1.17	84.88	80.88	1.40	1.40
A1	A2	82.28	78.34	15.19	25.94	2.00	6.00	36	69	0.002	4.34	4.28	0.31	0.59	6.00	25.60	0.0182	0.0425	0.230	1.32	0.005665	0.0550	0.2730	1.56	80.83	76.94	1.45	1.40

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE 3

Ensayo de compresión triaxial, diagrama de Mohr



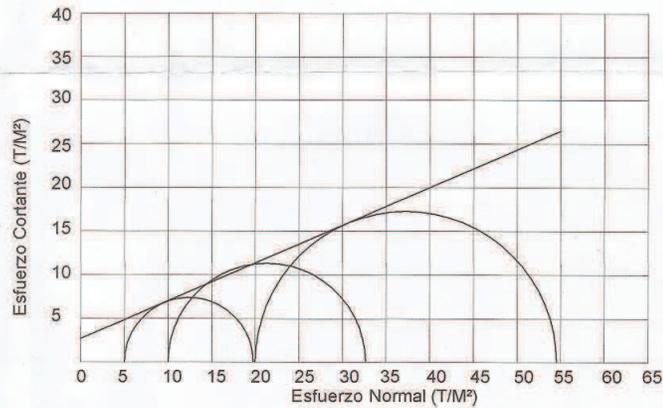
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 008933

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 441 S.S. O.T.: 26,147
 INTERESADO: Guillermo Raymundo Sacahui, carne 2002-17434.
 PROYECTO: EPS, Centro de Albergue para Eventos de Emergencia.
 UBICACIÓN: Aldea Taguayni, La Union, Zacapa. 29 de Octubre de 2009.
 pozo: 1 Profundidad: 1.50 m. Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 23.40^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 2.70 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Arcilla Limo-arenoso, color café.

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (T/m ²)	14.78	22.64	34.54
PRESION INTERSTICIAL u (T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA E_r (%)	1.5	3.0	5.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.44	1.44	1.44
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.83	1.83	1.83
HUMEDAD (%H)	27.80	27.80	27.80

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

ANEXOS

Tabla de relaciones hidráulicas

Tubería PVC				Tubería PVC			
q/Q	v/V	d/D	a/A	q/Q	v/V	d/D	a/A
0.000151	0.088980	0.010000	0.001693	0.321691	0.890908	0.390000	0.361082
0.000672	0.140803	0.020000	0.004773	0.336988	0.902170	0.400000	0.373530
0.001608	0.183921	0.030000	0.008741	0.352505	0.913154	0.410000	0.386030
0.002980	0.222095	0.040000	0.013417	0.368230	0.923862	0.420000	0.398577
0.004802	0.256893	0.050000	0.018693	0.384151	0.934299	0.430000	0.411165
0.007083	0.289158	0.060000	0.024496	0.400255	0.944467	0.440000	0.423789
0.009829	0.319412	0.070000	0.030772	0.416530	0.954371	0.450000	0.436444
0.012043	0.348007	0.080000	0.037478	0.432962	0.964012	0.460000	0.449125
0.016726	0.375193	0.090000	0.044578	0.449538	0.973393	0.470000	0.461826
0.020878	0.401157	0.100000	0.052044	0.466246	0.982517	0.480000	0.474542
0.025498	0.426042	0.110000	0.059849	0.483071	0.991385	0.490000	0.487268
0.030585	0.449964	0.120000	0.067972	0.500000	1.000000	0.500000	0.500000
0.036135	0.473014	0.130000	0.076393	0.517019	1.008362	0.510000	0.512732
0.042145	0.495268	0.140000	0.085095	0.534114	1.016474	0.520000	0.525458
0.048609	0.516790	0.150000	0.094060	0.551271	1.024336	0.530000	0.538174
0.055524	0.537633	0.160000	0.103275	0.568475	1.031949	0.540000	0.550875
0.062884	0.557845	0.170000	0.112727	0.585711	1.039313	0.550000	0.563556
0.070683	0.577464	0.180000	0.122402	0.602964	1.046430	0.560000	0.576211
0.078914	0.596526	0.190000	0.132290	0.620219	1.053300	0.570000	0.588835
0.087571	0.615060	0.200000	0.142378	0.637461	1.059922	0.580000	0.601423
0.096647	0.633094	0.210000	0.152658	0.654673	1.066296	0.590000	0.613970
0.106134	0.650652	0.220000	0.163119	0.671840	1.072422	0.600000	0.626470
0.116024	0.667755	0.230000	0.173753	0.688945	1.078300	0.610000	0.638918
0.126310	0.684422	0.240000	0.184549	0.705972	1.083927	0.620000	0.651309
0.136982	0.700670	0.250000	0.195501	0.722903	1.089305	0.630000	0.663637
0.148032	0.716516	0.260000	0.206600	0.739721	1.094430	0.640000	0.675896
0.159452	0.731973	0.270000	0.217838	0.756408	1.099301	0.650000	0.688081
0.171231	0.747054	0.280000	0.229208	0.772947	1.103917	0.660000	0.700186
0.183361	0.761771	0.290000	0.240703	0.789319	1.108275	0.670000	0.712205
0.195831	0.776135	0.300000	0.252316	0.805504	1.112372	0.680000	0.724132
0.208633	0.790156	0.310000	0.264040	0.821484	1.116207	0.690000	0.735960
0.221755	0.803842	0.320000	0.275868	0.837238	1.119774	0.700000	0.747684
0.235187	0.817203	0.330000	0.287795	0.852745	1.123072	0.710000	0.759297
0.248919	0.830244	0.340000	0.299814	0.867985	1.126096	0.720000	0.770792
0.262940	0.842975	0.350000	0.311919	0.882936	1.128840	0.730000	0.782162
0.277239	0.855401	0.360000	0.324104	0.897575	1.131301	0.740000	0.793400
0.291805	0.867528	0.370000	0.336363	0.911878	1.133473	0.750000	0.804499
0.306626	0.879362	0.380000	0.348691				

Fuente: Instituto Municipal de Fomento. (INFOM).

Cargas vivas en edificaciones, Norma AGIES NR-2:2000

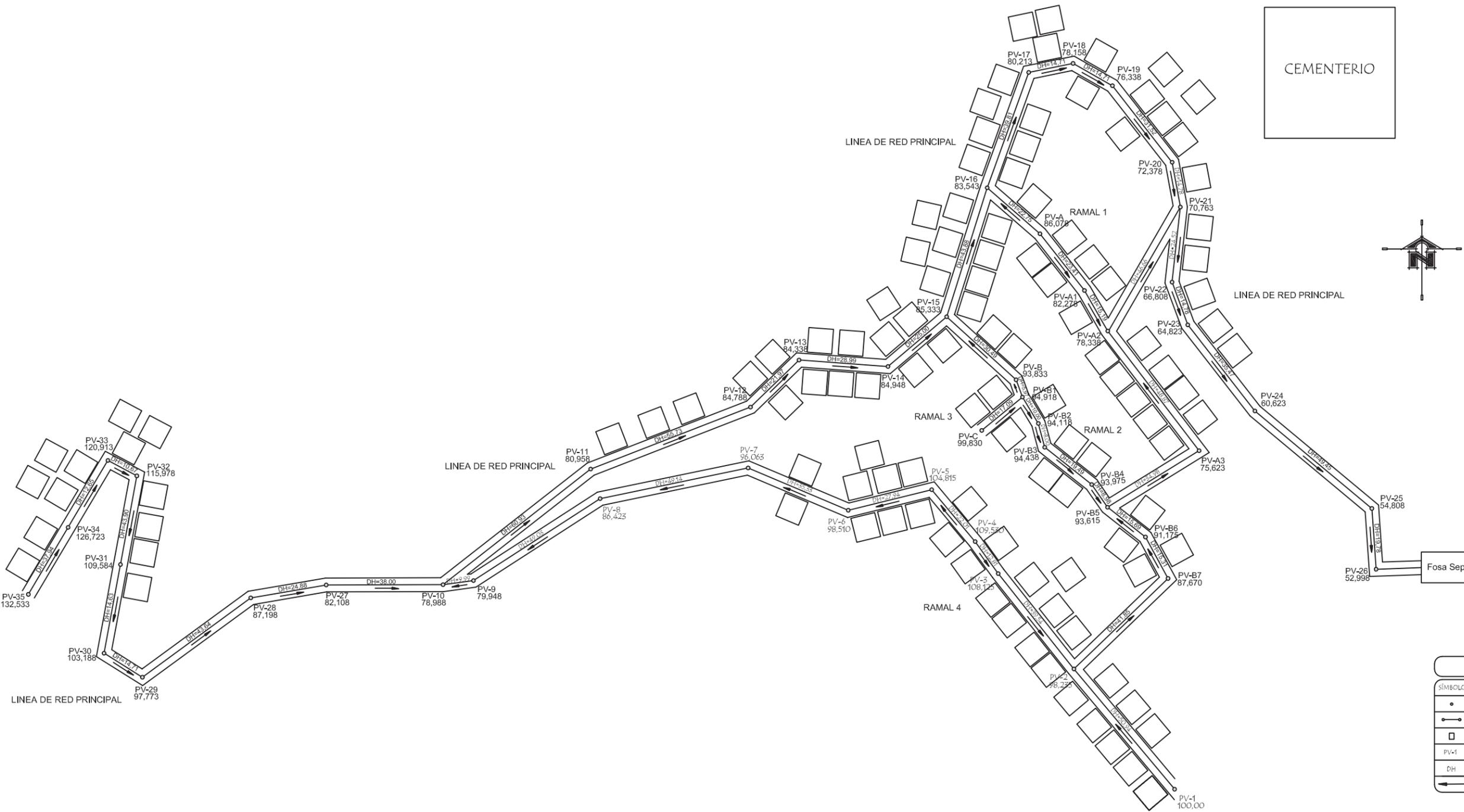
Tipo de ocupación o uso	kg/m ²	Tipo de ocupación o uso	kg/m ²
Vivienda	200	Zonas de asientos	400
Oficina	250	Aulas y escuelas	200
Hospitales - encamamiento y habitaciones	200	Bibliotecas	
Hospitales - servicios médicos y laboratorio	350	Área de lectura	200
Hoteles - alas de habitaciones	200	Depósito de libros	600
Hoteles - servicios y áreas públicas	500	Almacenes	
Escaleras privadas	300	Minoristas	350
Escalera públicas o de escape	500	Mayoristas	500
Balcones, cornisas y marquesinas	300	Estacionamientos y garajes	
Áreas de salida y/o escape	500	Automóviles	250
Vestíbulos públicos	500	Rampas de uso colectivo	750
Plazas y áreas públicas a nivel de calle	500	Corredores de circulación	500
Salones de reunión		Servicio y reparación	500
Con asientos fijos	300	Bodegas	
Sin asientos fijos	500	Cargas livianas	600
Escenarios y circulaciones	500	Cargas pesadas	1200
Instalaciones deportivas públicas			
Zonas de circulación	500		

Fuente: Asociación guatemalteca de ingeniería estructural y sísmica (AGIES) NR-2:2000.

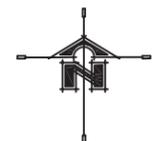
PLANOS CONSTRUCTIVOS

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. Detalle de pozo de visita y conexión domiciliar
 - 1.7. Detalle de fosa séptica

2. Edificio escolar de dos niveles
 - 2.1. Planta amueblada
 - 2.2. Planta acotada
 - 2.3. Elevaciones y cortes
 - 2.4. Planta de acabados
 - 2.5. Detalle de acabados
 - 2.6. Planta de cimentación
 - 2.7. Detalle de columnas y cimientos
 - 2.8. Detalle de cimentación, gradas y muros
 - 2.9. Detalle de vigas
 - 2.10. Planta de techos
 - 2.11. Detalle de techos y losa
 - 2.12. Planta de instalación hidráulica
 - 2.13. Planta de drenajes y pluvial
 - 2.14. Planta de iluminación
 - 2.15. Planta de fuerza



LIBRETA TOPOGRAFICA			
Est.	Po.	Azimut	D.H.
1	2	320° 00' 00"	50.94
4	3	324° 10' 00"	12.81
3	2	321° 30' 00"	39.54
2	B7	46° 10' 53"	42.44
B7	B6	151° 20' 00"	15.31
B6	B5	128° 05' 00"	15.69
B5	A3	58° 21' 17"	34.98
A3	A2	142° 35' 00"	48.87
A2	21	30° 07' 44"	46.66
4	5	320° 00' 00"	22.01
5	6	256° 10' 00"	27.94
6	7	292° 50' 00"	35.33
7	8	258° 20' 00"	49.14
8	9	237° 10' 00"	49.03
9	10	262° 20' 00"	9.99
35	34	210° 45' 00"	25.29
34	33	210° 45' 00"	25.29
33	32	298° 00' 00"	10.67
32	31	10° 30' 00"	29.27
31	30	10° 30' 00"	29.27
30	29	302° 00' 00"	14.71
29	28	233° 50' 00"	43.64
28	27	260° 20' 00"	24.88
27	10	269° 50' 00"	38.00
10	11	52° 00' 00"	60.93
11	12	68° 50' 00"	55.73
12	13	46° 00' 00"	21.97
13	14	94° 10' 00"	28.99
14	15	49° 45' 00"	25.00
15	16	17° 30' 00"	43.88
16	17	19° 50' 00"	39.81
17	18	78° 35' 00"	14.71
18	19	119° 30' 00"	14.71
19	20	142° 00' 00"	31.52
20	21	169° 30' 00"	14.78
21	22	186° 20' 00"	24.52
22	23	159° 45' 00"	14.78
23	24	142° 00' 00"	35.47
24	25	129° 45' 00"	49.45
25	26	176° 00' 00"	19.78
C	B1	230° 45' 00"	17.09
B1	B	159° 50' 00"	5.97
B	15	132° 10' 00"	30.49
B1	B2	148° 50' 00"	10.00
B2	B3	165° 00' 00"	8.00
B3	B4	128° 20' 00"	19.49
B4	B5	145° 10' 00"	8.98
A	16	131° 00' 00"	22.75
A	A1	141° 50' 00"	23.41
A1	A2	150° 05' 00"	15.19



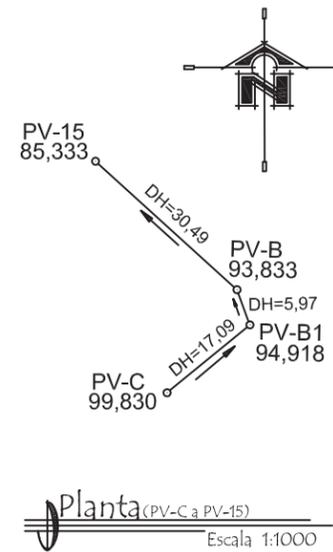
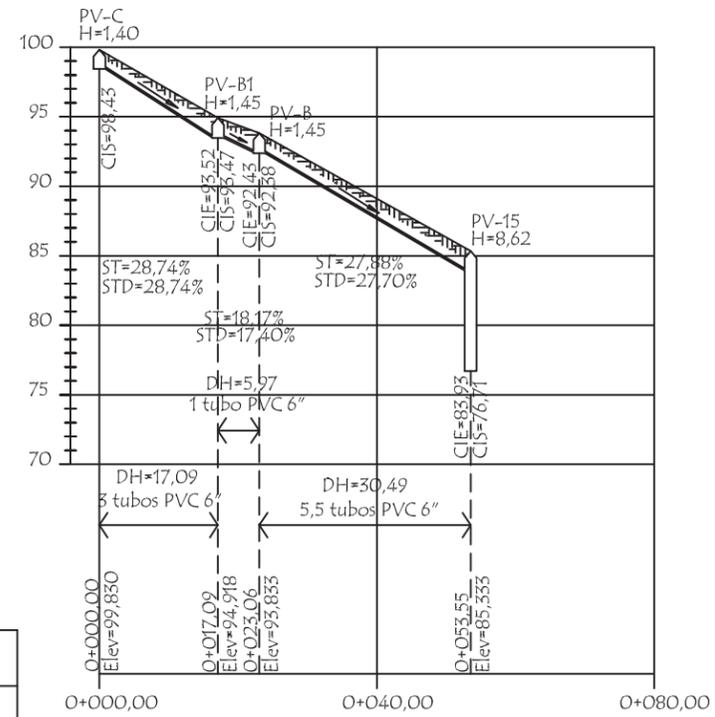
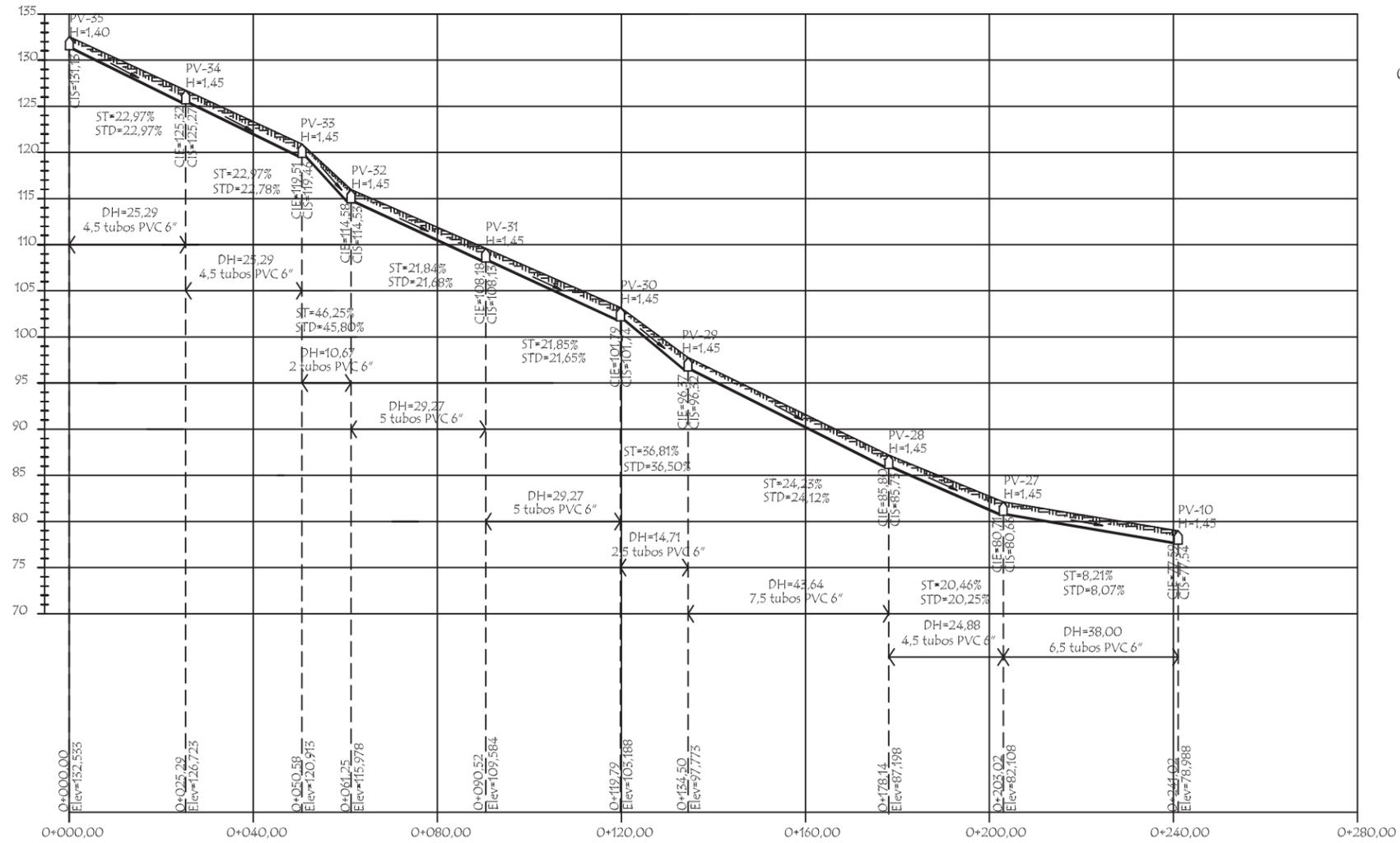
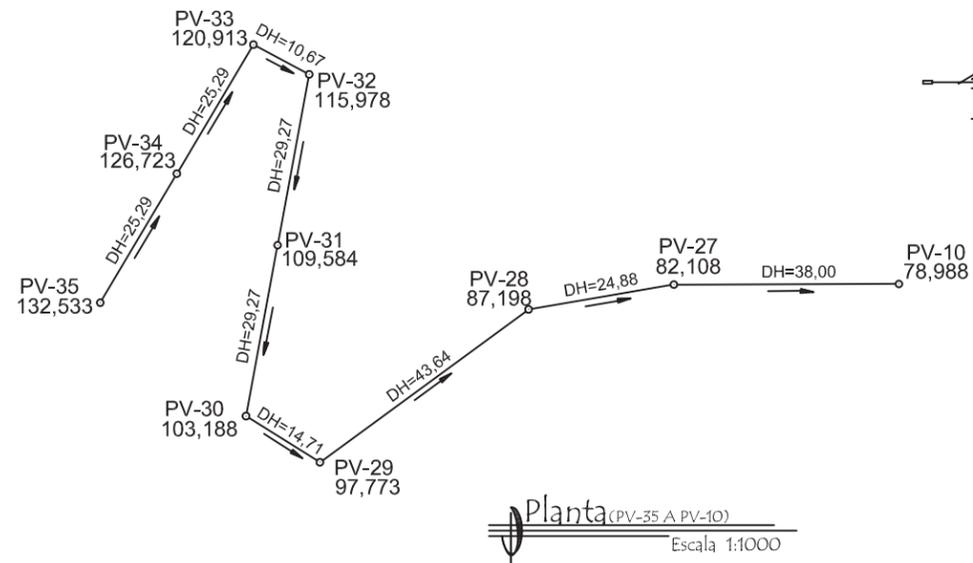
Planta de conjunto

Escala 1:750



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPIALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPA	HOJA No 1/7
Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA CAMPARARIO, CASERIO ORATORIO	Fecha: INDICADA
Contenido: PLANTA CONJUNTO	Escala: INDICADA
Ing. GUILLERMO RAMALLO SACARIN EPISTEMIA	Ing. ROBERTO ESCOBAR ASESOR E.P.S.



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
o	POZO DE VISITA
—	RAMAL DE DRENAJE
—	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA

No. POZO	H. ALTURA DE POZO
ST (%)	PENDIENTE DE TERRENO
STD (%)	PENDIENTE TUBO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL TUBOS A UTILIZAR, MATERIAL Y DIAMETRO
DIST. ACUMULADA ELEVACION DE TERRENO	DIST. ACUMULADA ELEVACION DE TERRENO
CAMINAMIENTO	CAMINAMIENTO



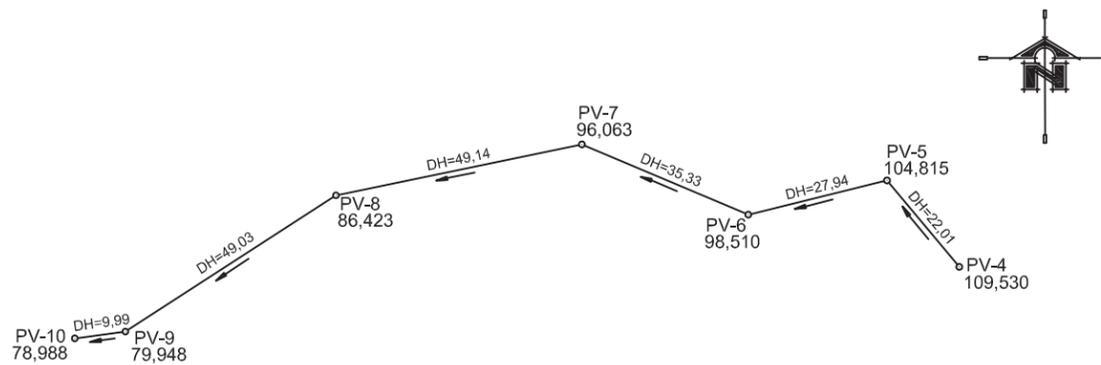
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE LA UNIÓN
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

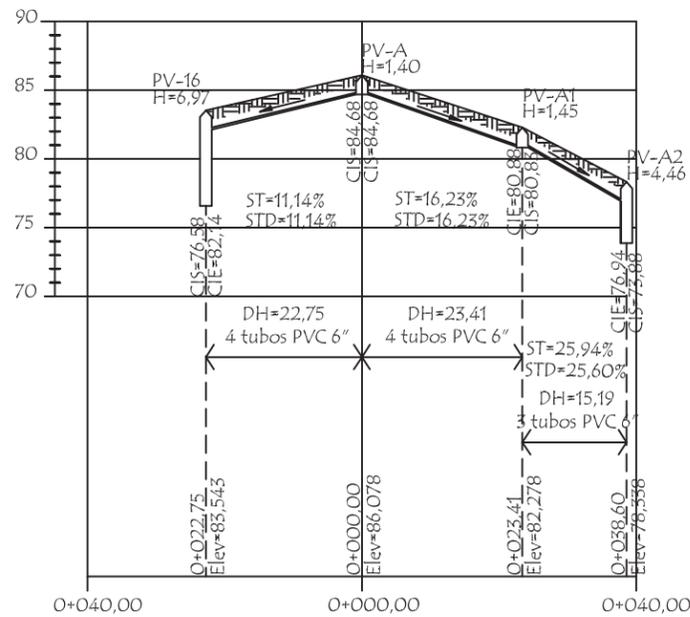
Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA CAMPARARIO, CASERIO ORATORIO

Contenido: PERFILES Estado: INDICADA

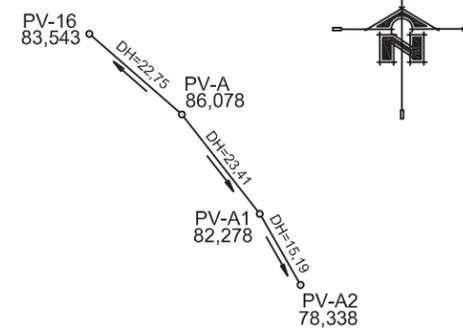
HOJA No. 2/7



Planta (PV-4 A PV-10)
Escala 1:1000



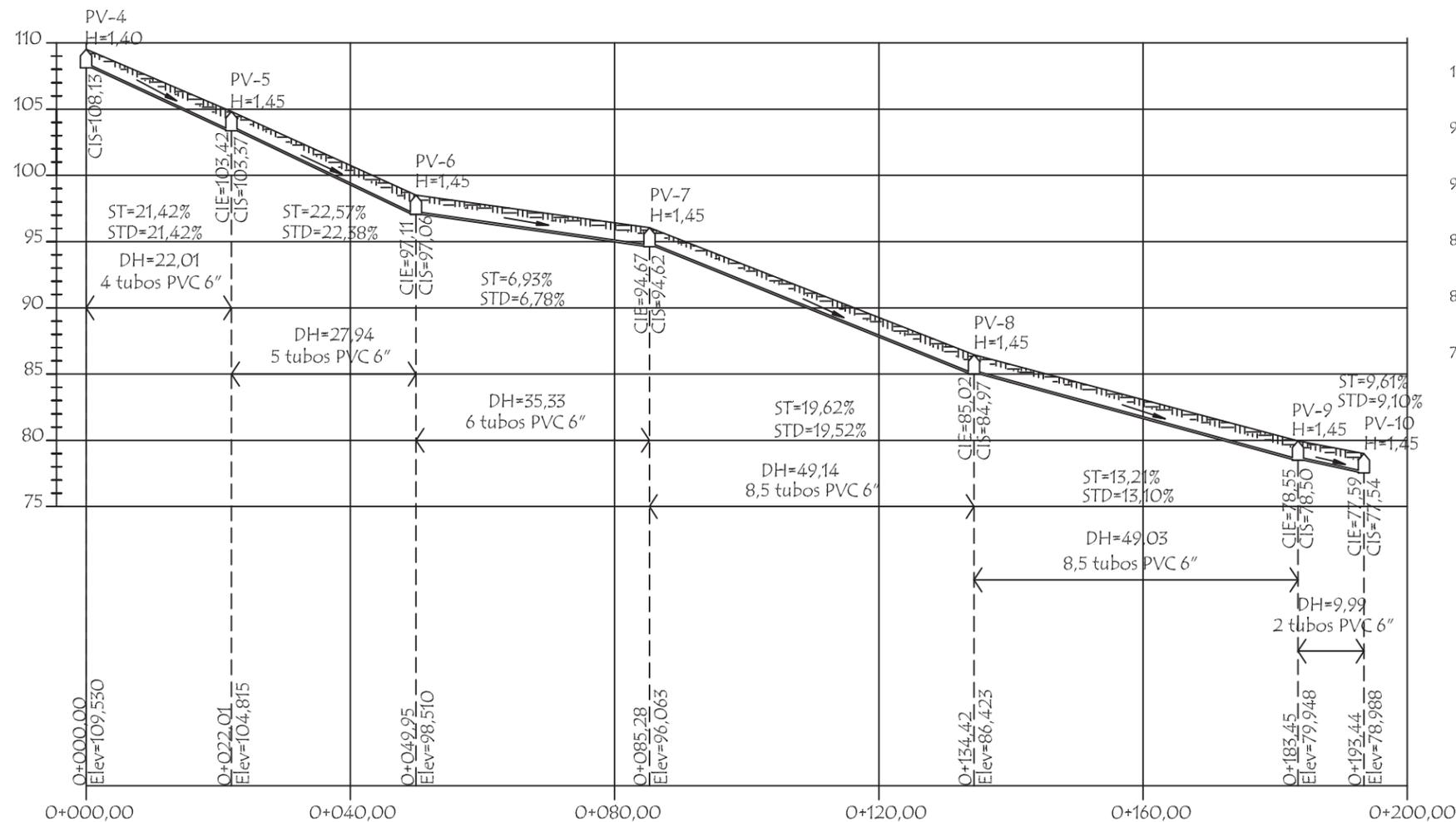
Perfil (PV-A a PV-16)
(PV-A a PV-A2) Escala horizontal 1:1000
Escala vertical 1:500



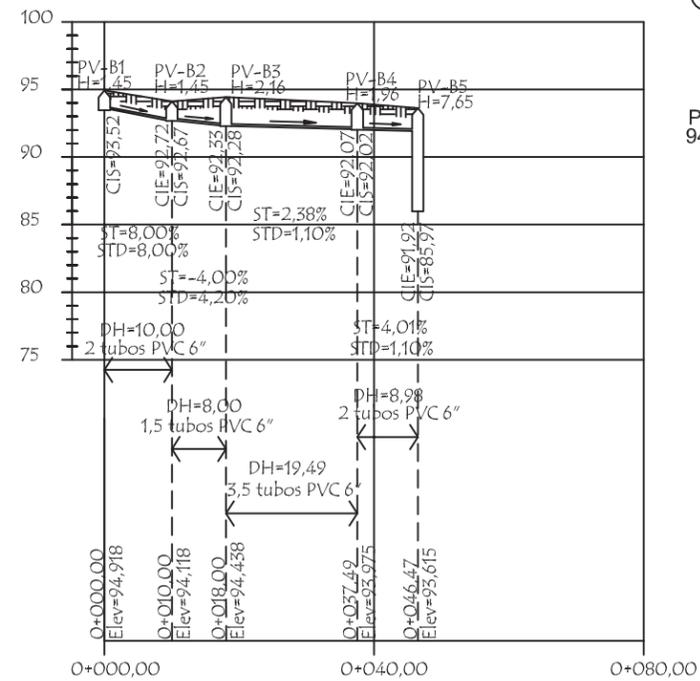
Planta (PV-A a PV-16) (PV-A a PV-A2)
Escala 1:1000

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	POZO DE VISITA
	RAMAL DE DRENAJE
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
	POZO DE VISITA (P.V.)
	TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-3054
PV	POZO DE VISITA

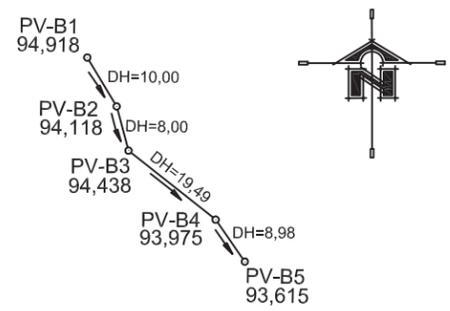
--	--



Perfil (PV-4 A PV-10) Escala horizontal 1:1000
Escala vertical 1:500



Perfil (PV-B1 a PV-B5) Escala horizontal 1:1000
Escala vertical 1:500



Planta (PV-B1 a PV-B5)
Escala 1:1000



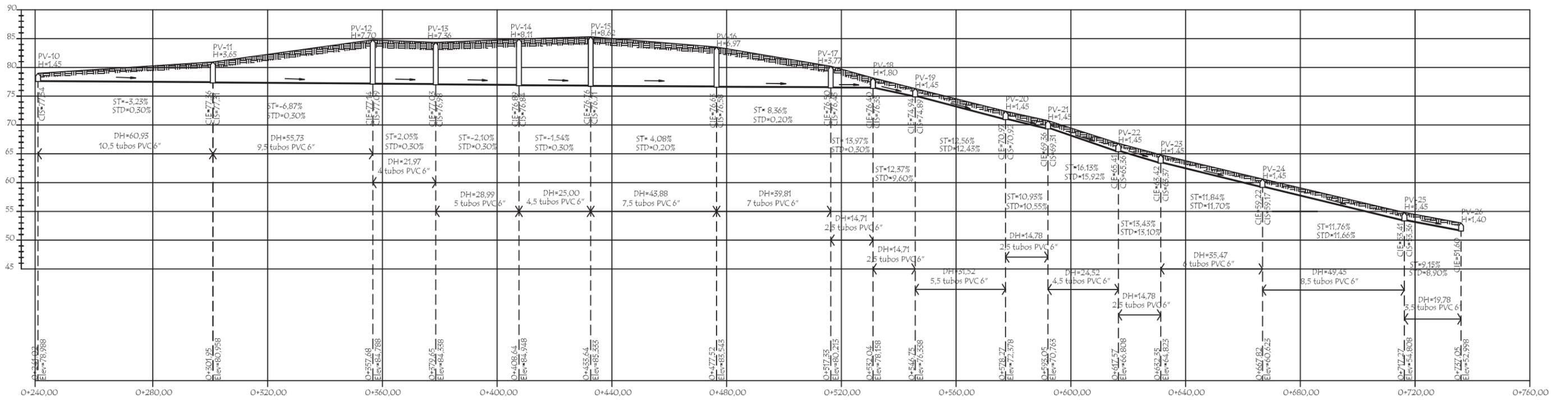
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE LA UNION
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

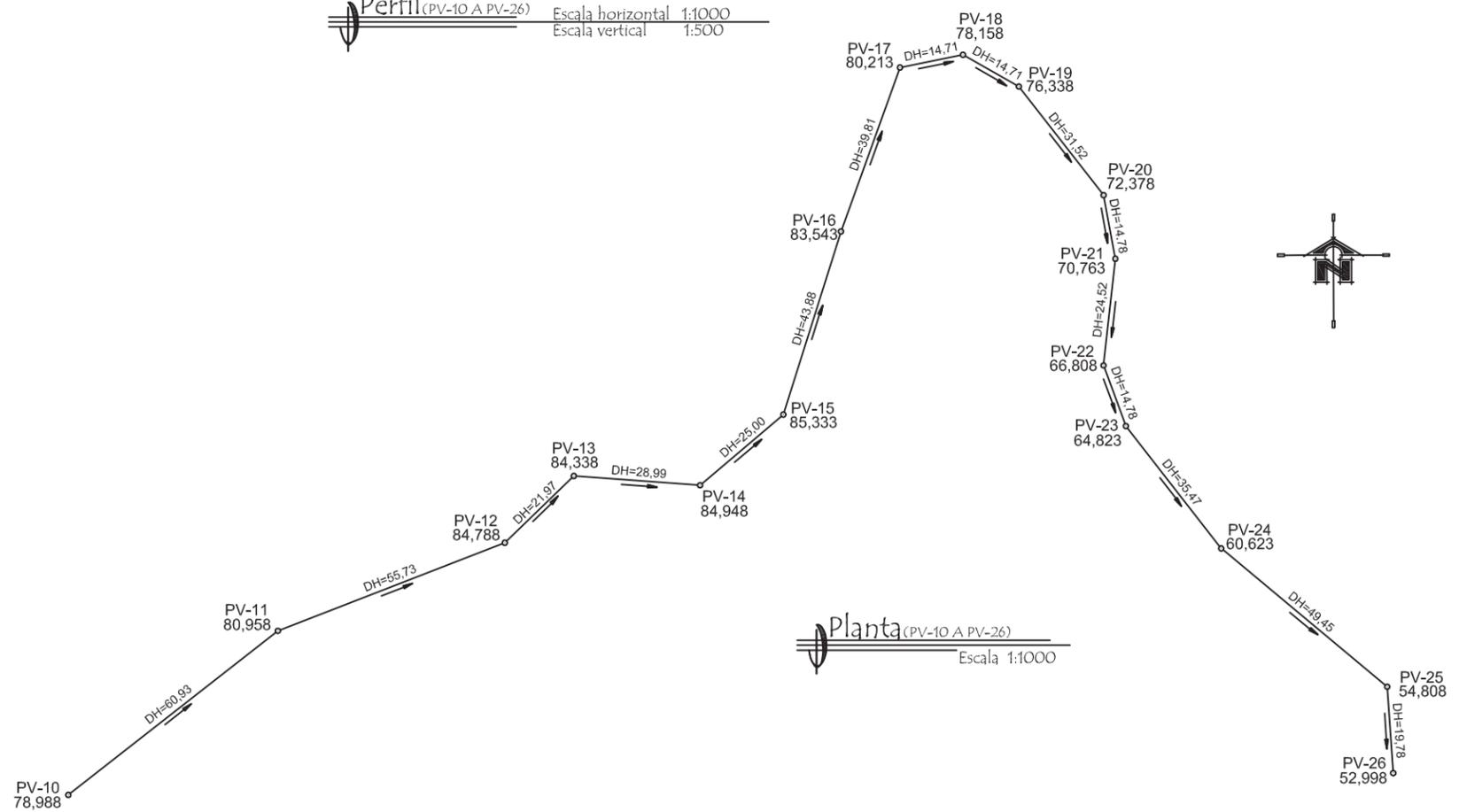
Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA CAMPARARIO, CASERIO ORATORIO

Contenido: PERFILES Estado: INDICADA

HOJA No. 3/7



Perfil (PV-10 A PV-26)
Escala horizontal 1:1000
Escala vertical 1:500



Planta (PV-10 A PV-26)
Escala 1:1000

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	POZO DE VISITA
	RAMAL DE DRENAJE
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
	POZO DE VISITA (P.V.)
	TUBERÍA PVC. NORMA ASTM D-3034
PV	POZO DE VISITA

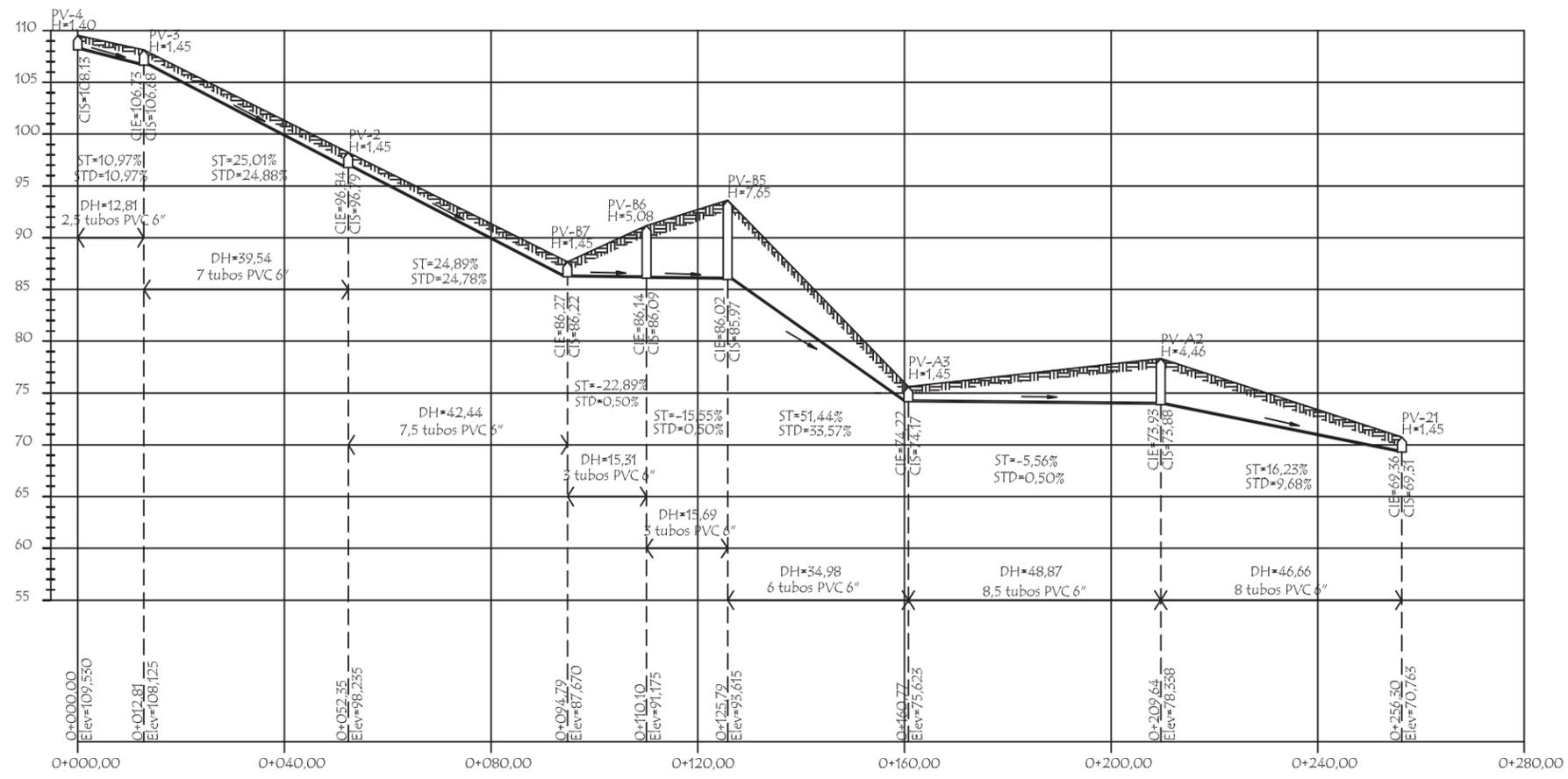
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE LA UNION
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

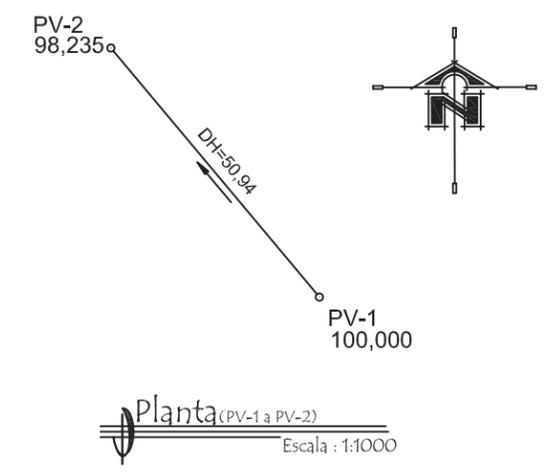
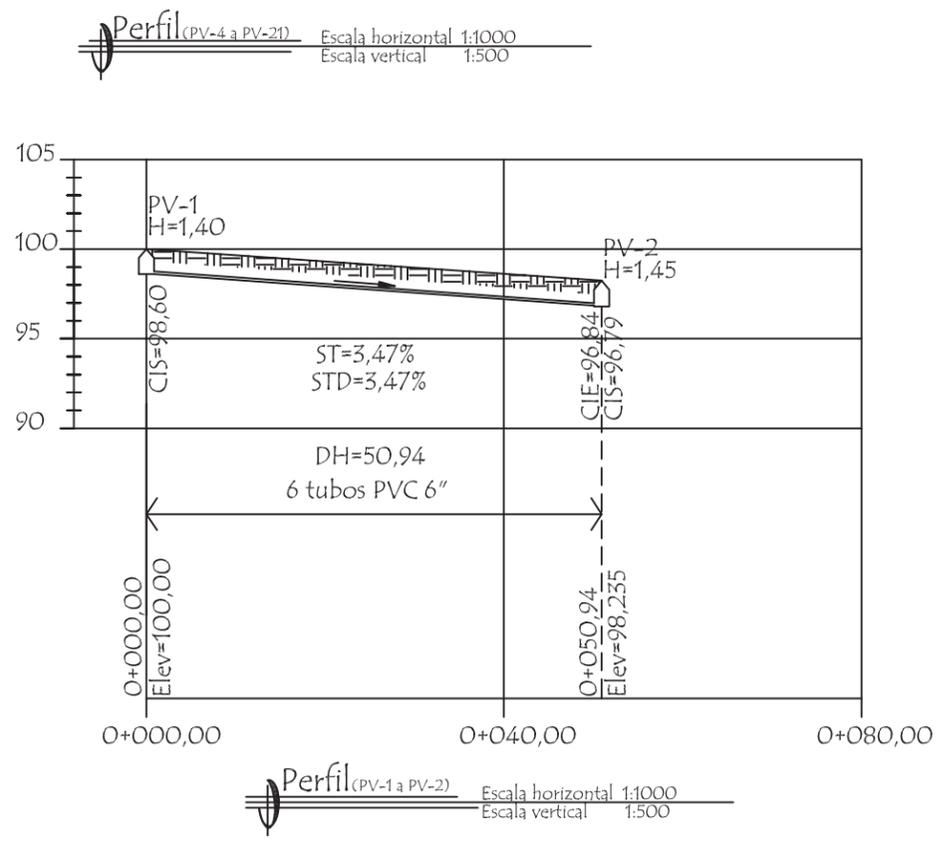
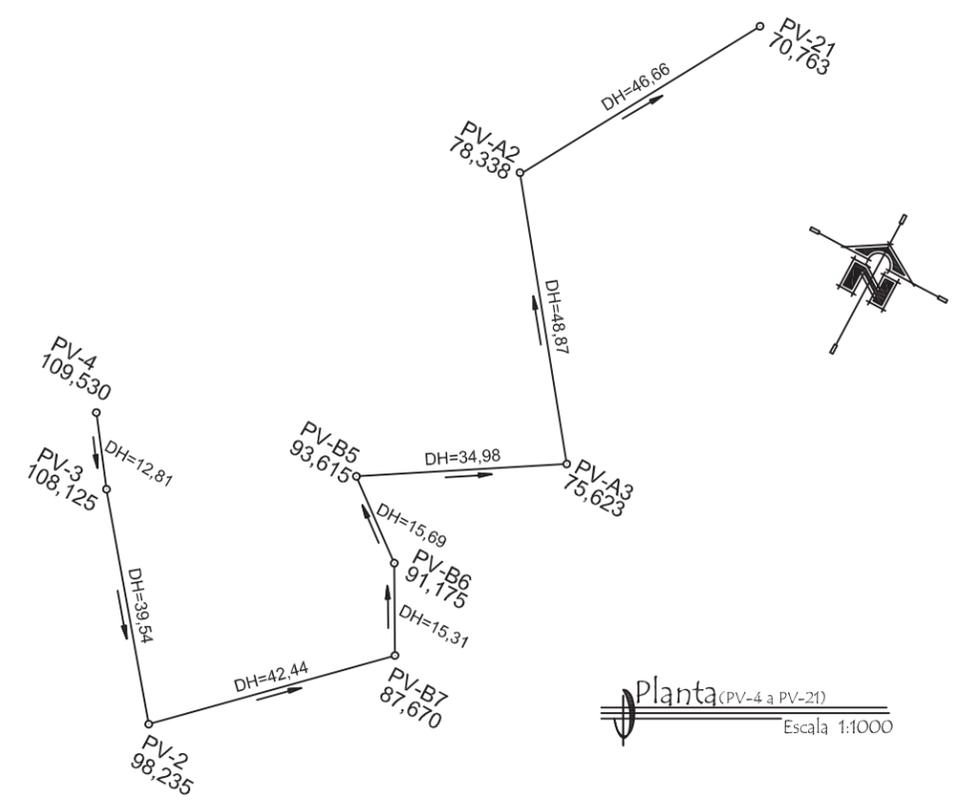
Proyecto: SISTEMA DE ALcantarillado SANITARIO
ALDEA CAMPARARIO, CASERIO ORATORIO

Contenido: PERFILES

Hoja No: 4/7



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
—○—	RAMAL DE DRENAJE
—	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA (P.V.)
—	TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-3054
PV	POZO DE VISITA



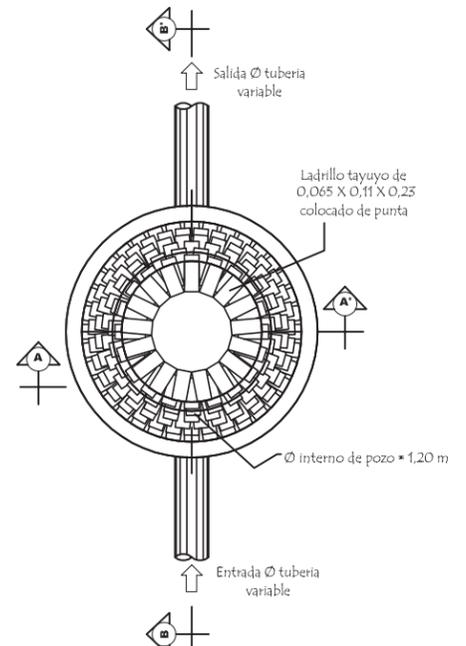
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE LA UNIÓN
DEPARTAMENTO DE ZACAPÁ

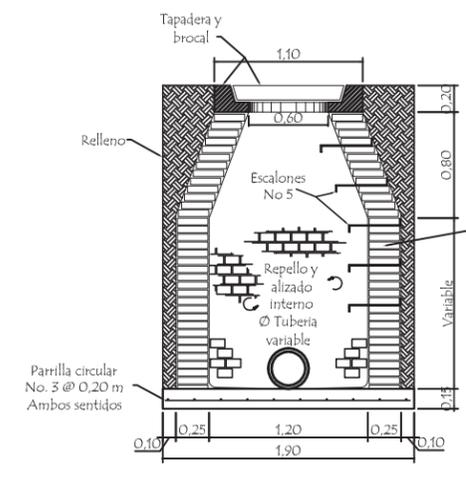
Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA CAMPARARIO, CASERIO ORATORIO

Contenido: PERFILES

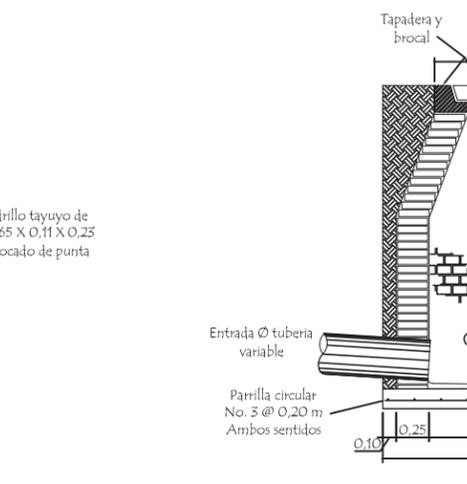
HOJA No 5/7



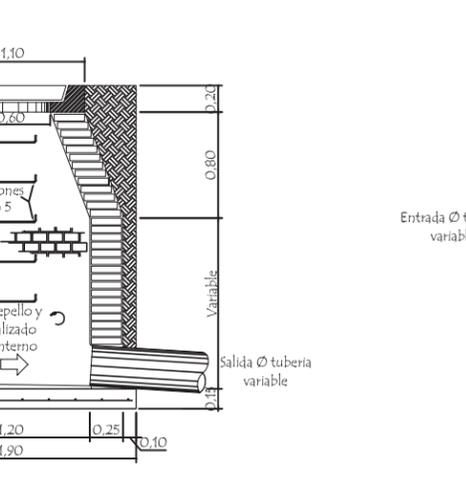
Planta de pozo
Escala 1:25



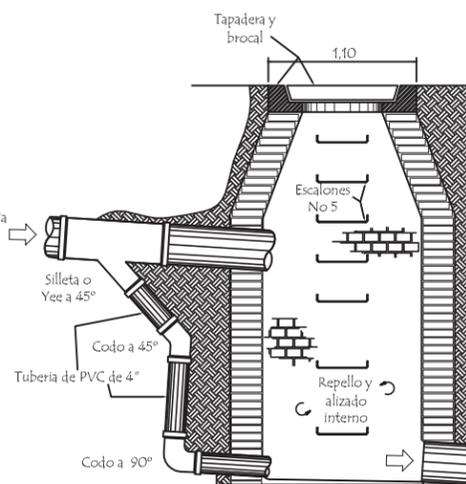
Seccion A-A'
Escala 1:25



Seccion B-B'
Escala 1:25



Seccion C-C'
Escala 1:25



Seccion D-D'
Escala 1:25

Disipador de energía
Para pozos con caída mayor a 0,70 m
Escala 1:25

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

CONCRETO:

1. El Concreto debe tener una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm².
2. El agregado grueso debe tener un diámetro mínimo de 1/2".
3. El recubrimiento mínimo para la base será de 7 cm y de 3 a 5 cm para la tapadera.

ACERO:

1. El acero debe tener un fy = 2 810 kg/cm².

MAMPOSTERIA:

1. Se utilizará Ladrillo Tayuyo de 0,065 x 0,11 x 0,23 m.
2. La mampostería será conforme a la norma ASTM C-62.
3. El ladrillo tayuyo tendrá una resistencia a la compresión mínima de 84 kg/cm².

MORTERO:

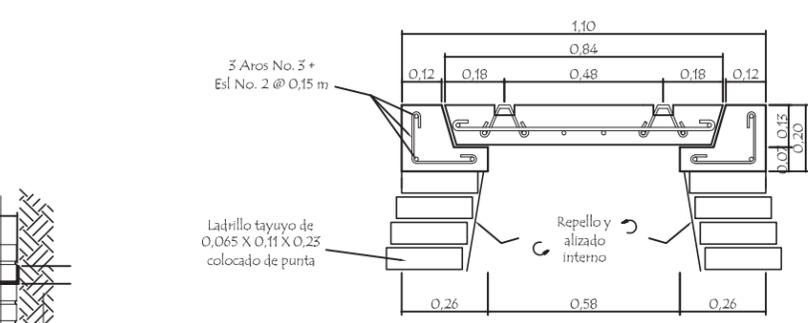
1. Proporción 1:3, una de cemento por tres de arena.
2. El agua a utilizar debe ser limpia y libre de cualquier sustancia dañina.
3. El cemento a utilizar es Portland tipo 1, ASTM C-150.
4. Se utilizará arena de río seca, ASTM C-144c.

TUBERIA:

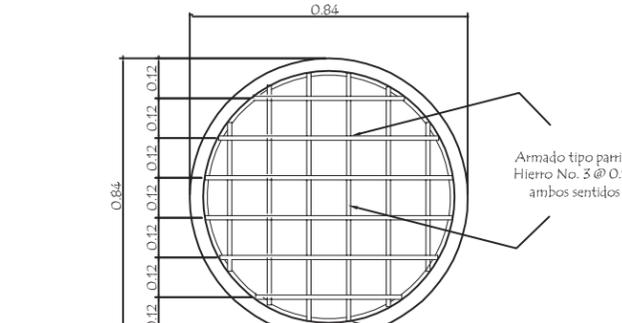
1. Toda la tubería será y deberá cumplir con la norma ASTM D - 3034, no debe utilizarse tubería de diámetro menor a lo especificado en planos.
2. Las uniones realizadas entre tramos de tubería, así como entre tubos y conexiones, cumplen con los requerimientos establecidos en la norma ASTM D 3212. El empaque de hule utilizado para el sello entre tuberías, entre tubos y conexiones cumplen con los requerimientos de la norma ASTM F 477.
3. Toda la tubería se colocará alineada y con la pendiente especificada en planos.

NOTAS:

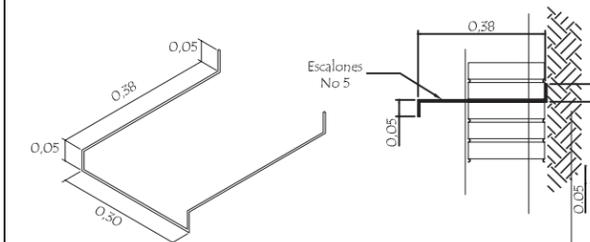
1. Las tapaderas y brocales deberán curarse según las especificaciones del ACI 318, antes de su colocación.
2. Los pozos deberán identificarse de acuerdo al plano de red general.



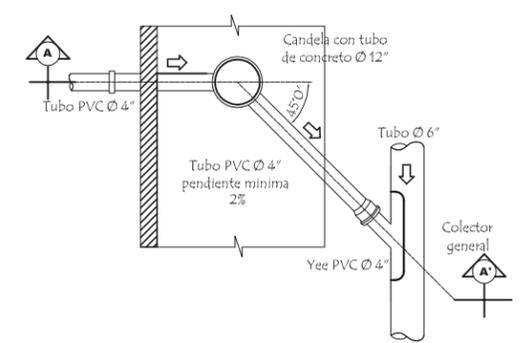
Tapadera y brocal
Escala 1:10



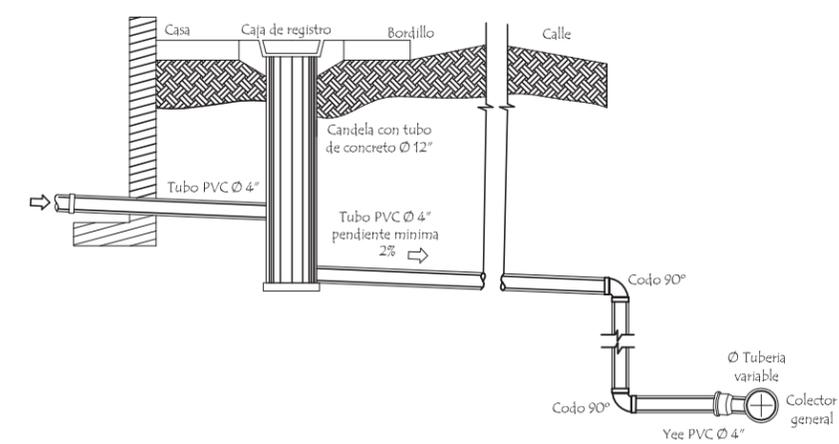
Planta de tapadera
Escala 1:10



Escalon
Escala 1:10



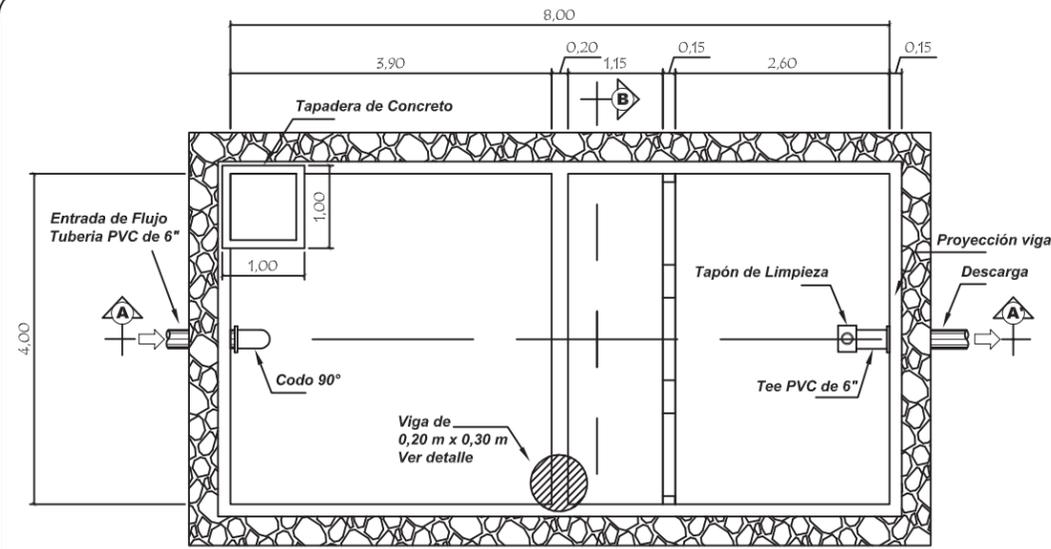
Planta
Escala 1:20



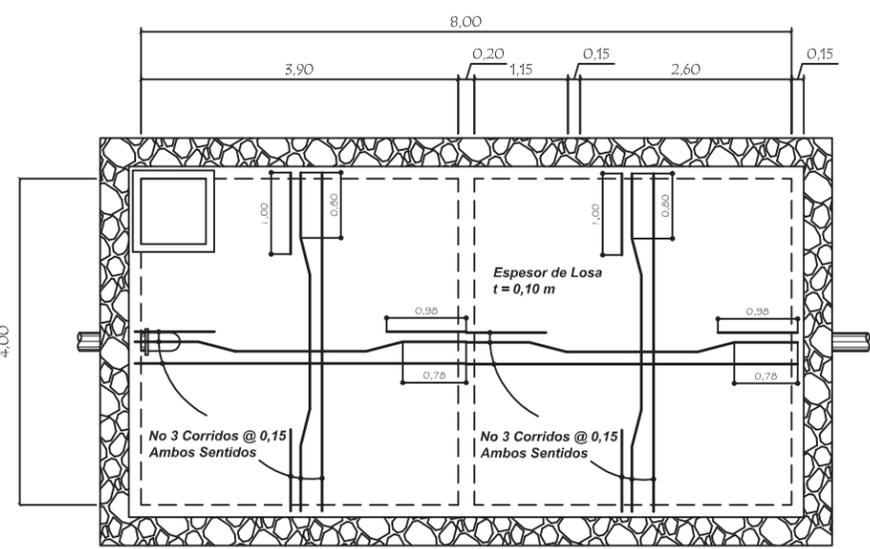
Seccion A-A'
Escala 1:25

Acometida domiciliar

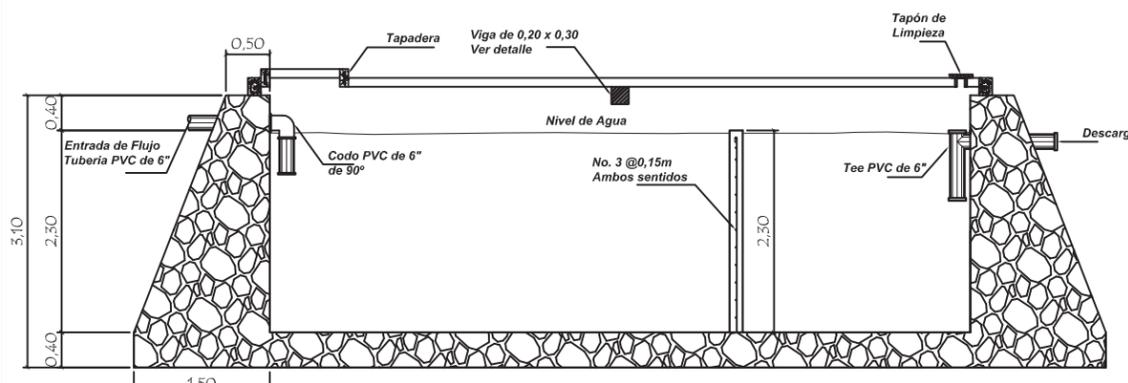
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
<p>PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA CAMPARARIO, CASERIO ORATORIO</p>	<p>MUNICIPALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPA</p>	<p>FECHA: INDICADA</p>
<p>CONTENIDO: DETALLES DE POZO</p>	<p>HOJA No 6/7</p>	<p>ING. GUILLERMO RAVARUNDO SACARIN CALAJUTZ' ASESOR E.P.S.</p>



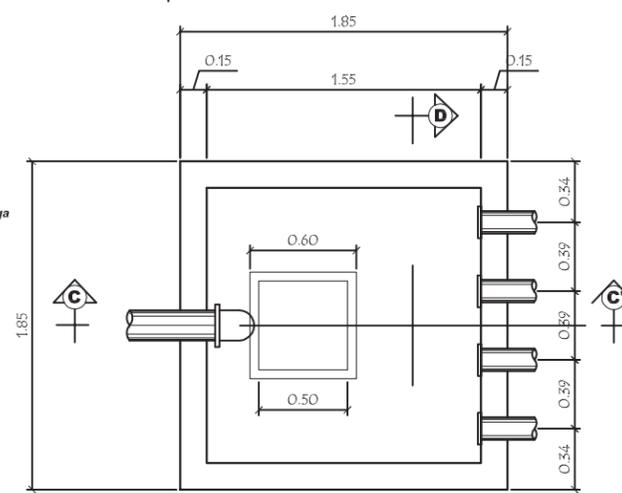
Planta fosa septica
Escala 1:50



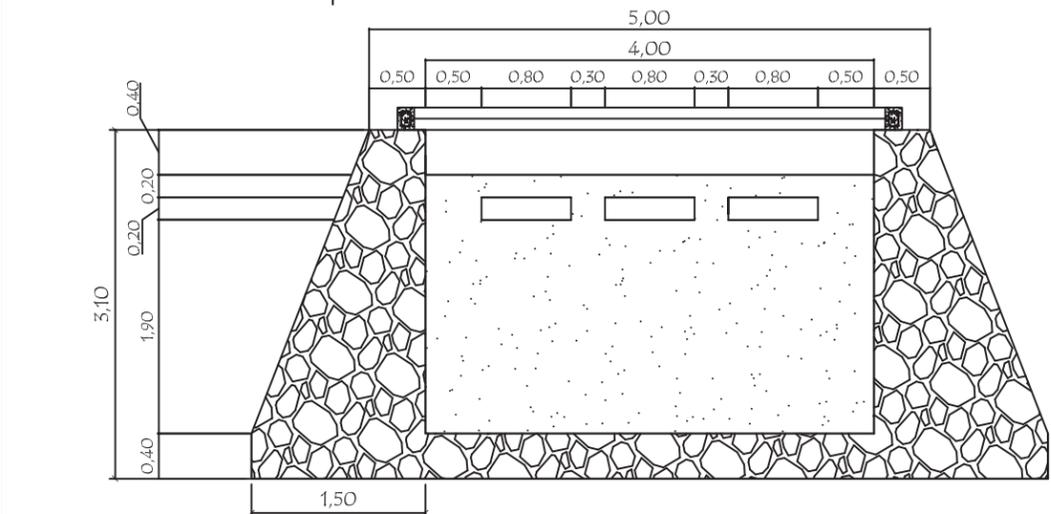
Armado de losa
Escala 1:50



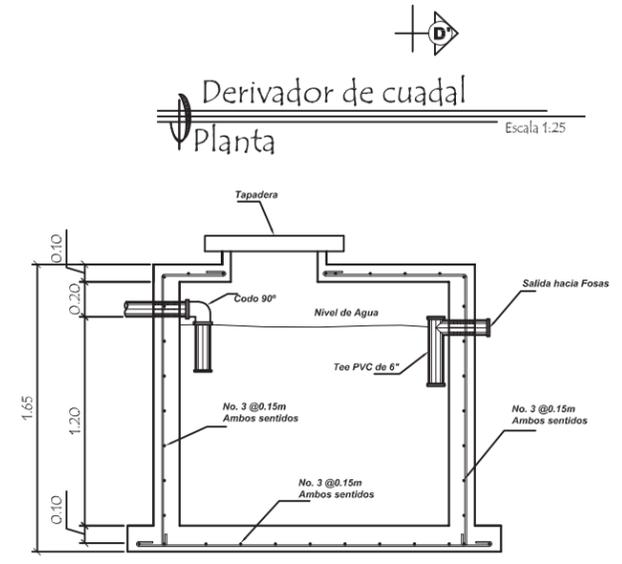
Seccion A - A'
Escala 1:50



Derivador de caudal
Escala 1:25



Seccion B - B'
Escala 1:50



Seccion C - C'
Escala 1:25

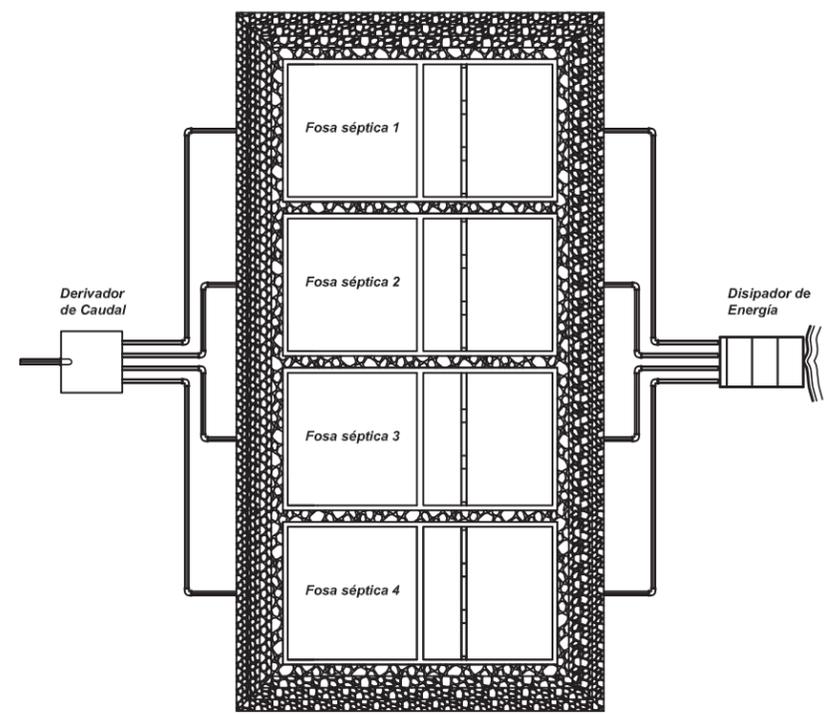
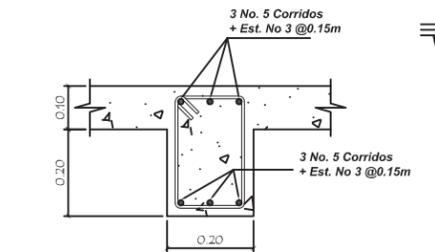
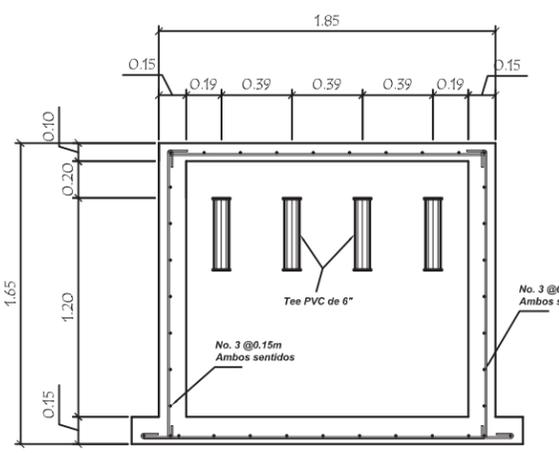


Diagrama general
Escala 1:100



Detalle de viga
Escala 1:25



Seccion D - D'
Escala 1:25

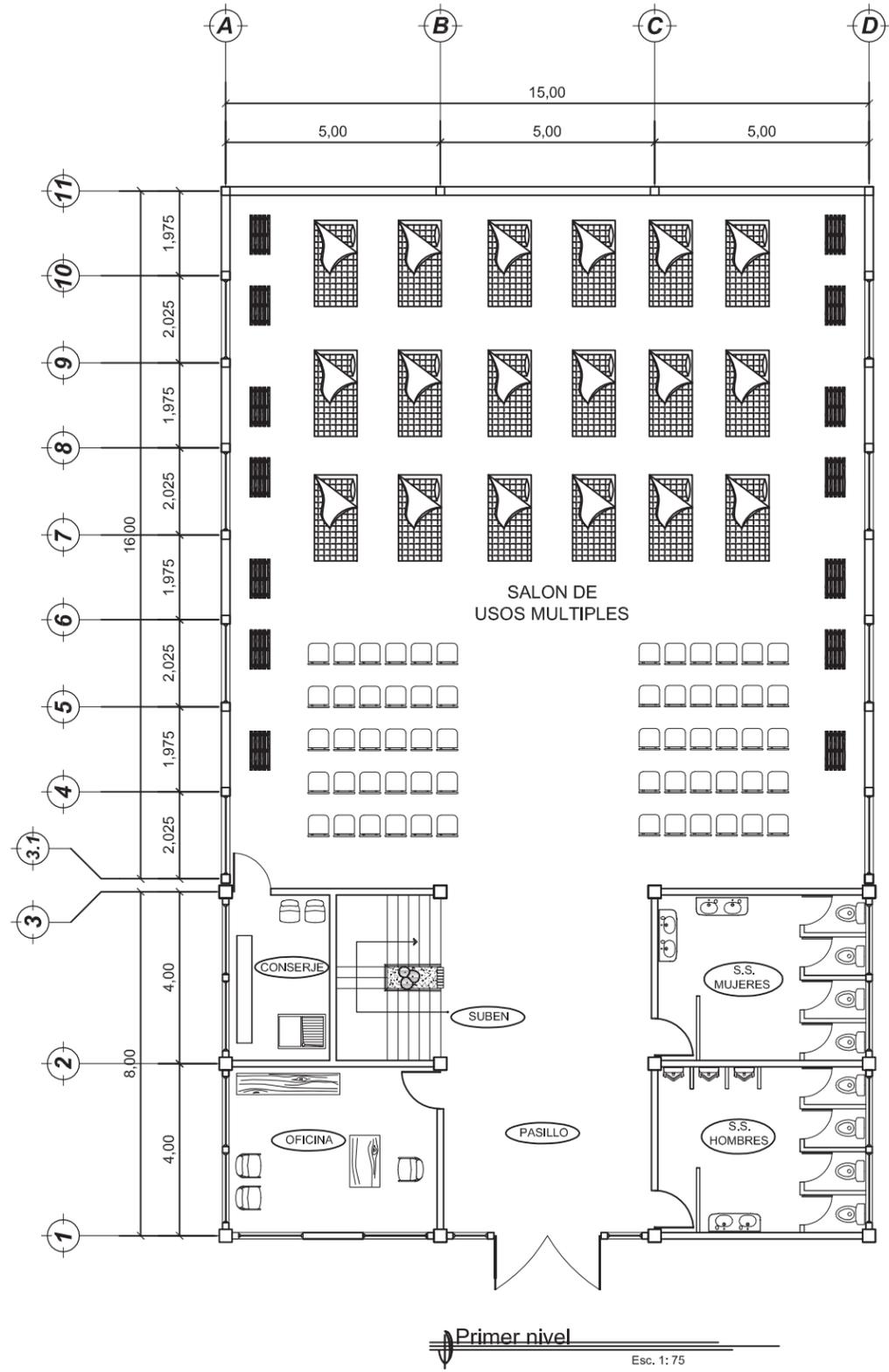
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- CONCRETO:**
- El Concreto debe tener una resistencia a la compresión de 281 Kg/cm².
 - El agregado grueso debe tener un diámetro mínimo de 1/2".
 - El concreto deberá tener una proporción 1:2:3
- ACERO:**
- El acero debe tener un fy = 2 810 kg/cm².
- MORTERO:**
- Proporción 1:3, una de cemento por tres de arena.
 - El cemento a utilizar es Portland tipo 1, ASTM C-150.
 - Se utilizará arena de río seca, ASTM C-144c.
- TUBERIA:**
- Toda la tubería ~~será Novafort~~ y deberá cumplir con la norma ASTM F 949.
 - Toda la tubería será PVC de 6", y los accesorios respectivos.

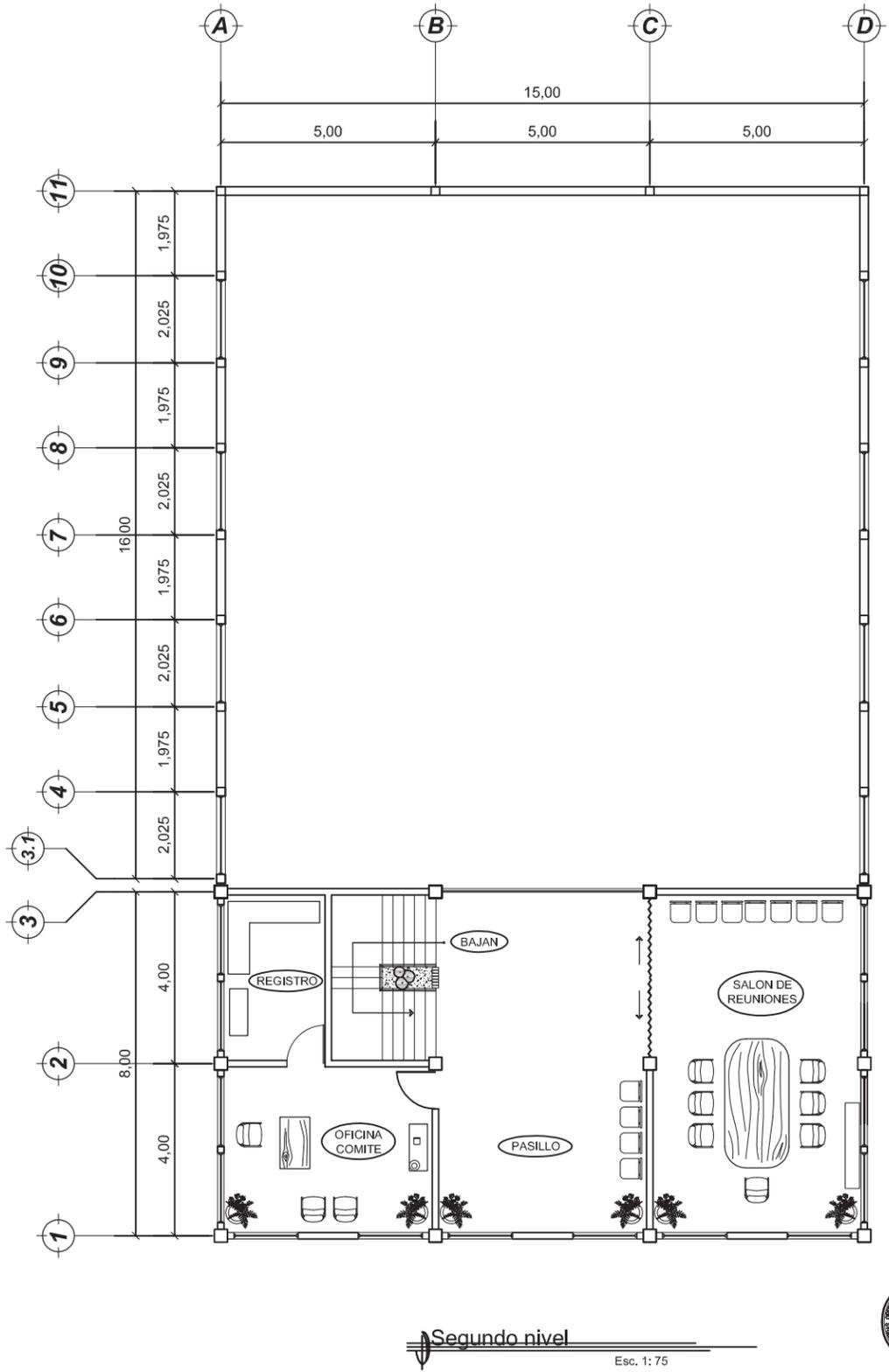
- NOTAS:**
- Los muros están diseñados para trabajar tanto sobre como bajo la tierra.
 - Los recubrimientos serán de 3 cm, excepto donde se indique lo contrario y éste se medirá entre el rostro de la barra y la superficie de concreto.
 - El terreno bajo la losa del piso deberá ser perfectamente apisonado.
 - La losa del techo deberá tener una pendiente de 1% hacia los lados.
 - Los muros de piedra deberán impermeabilizarse en sus caras interiores por medio de una capa de sabieta de cemento arena, proporción (1:3), debidamente alisada.

Los muros del tanque serán de concreto ciclópeo
70 % piedra bola
30 % sabieta (cemento y arena) proporción 1:3

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
<p>PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA CAMPARARIO, CASERIO ORATORIO</p>	<p>MUNICIPALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPA</p>	<p>FECHA: INDICADA</p>
<p>CONTENIDO: FOSA SEPTICA</p>	<p>HOJA No 7/7</p>	<p>ELABORADO POR: GUZMÁN RAMÓN SANDOVAL CASARAY</p>



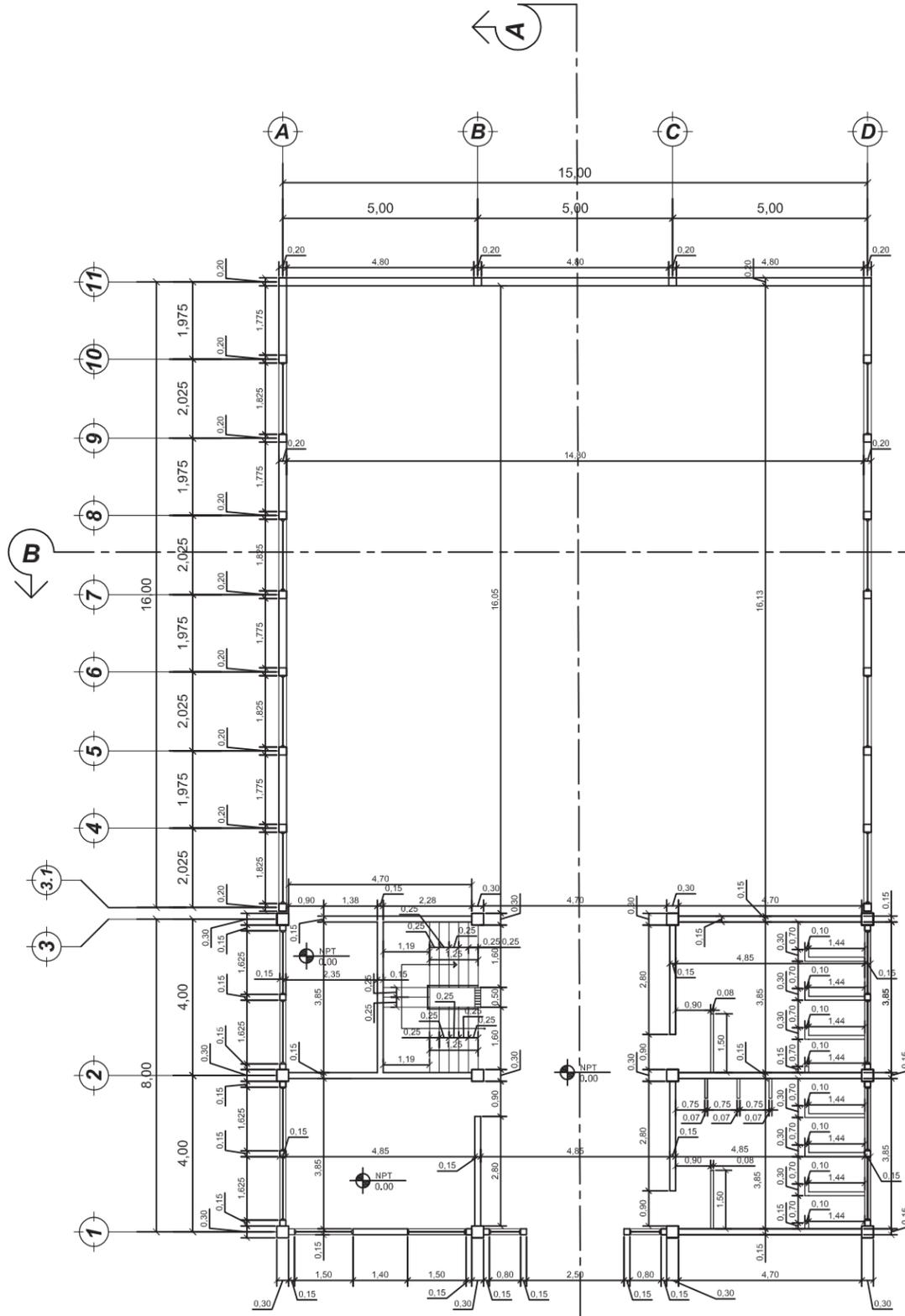
Primer nivel
Esc. 1:75



Segundo nivel
Esc. 1:75

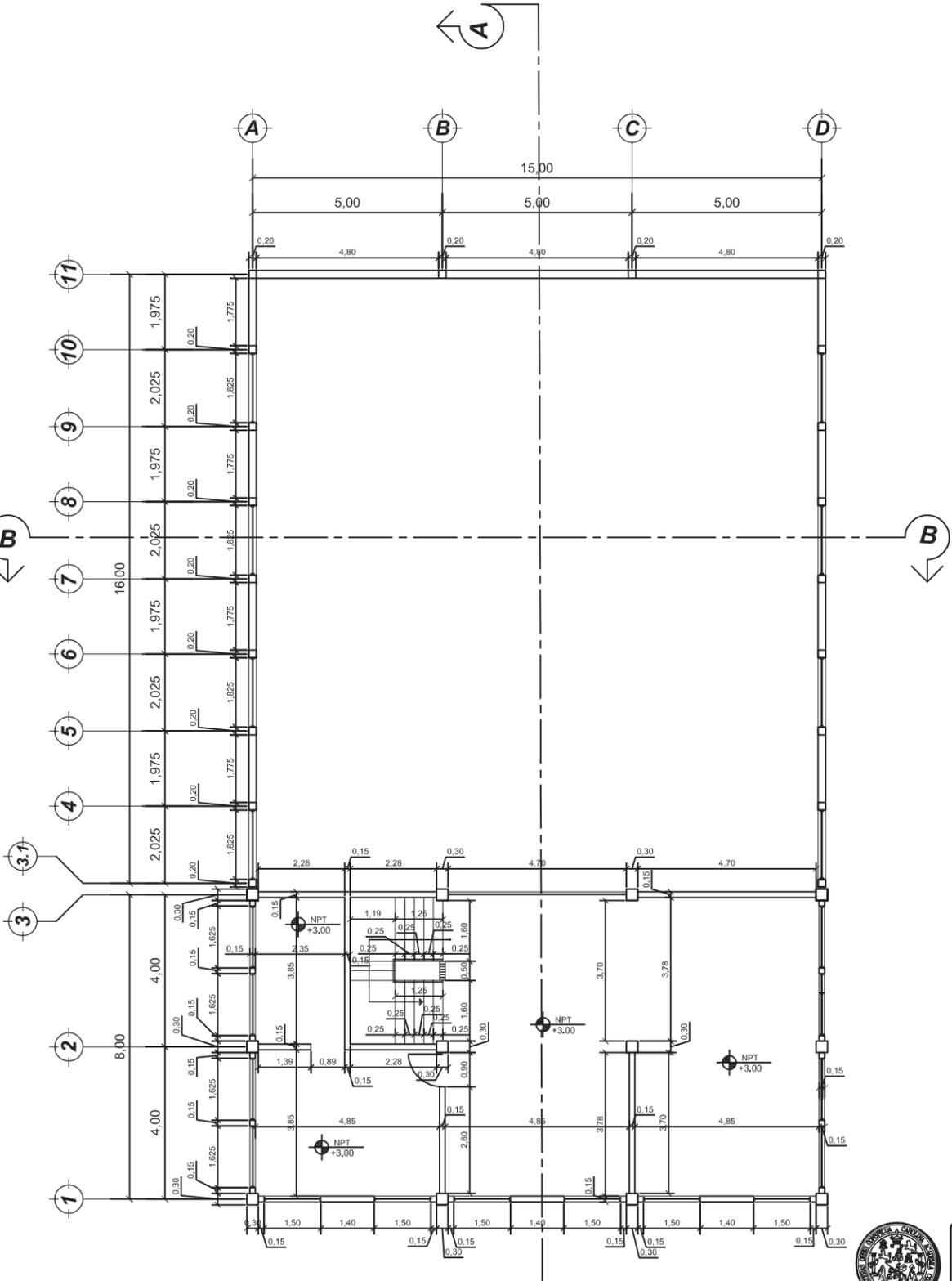
Planta amueblada

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		Nombre: GUILLERMO SACAHU Fecha: 15/05/2017
		Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA Fecha: 15/05/2017
Contenido: PLANTA AMUEBLADA Fecha: 15/05/2017		HOJA No 1 / 15
Ing. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU ARQUITECTO		Ing. ANGELUS GARCIA ARQUITECTO



Primer nivel
Esc. 1:75

Planta acotada



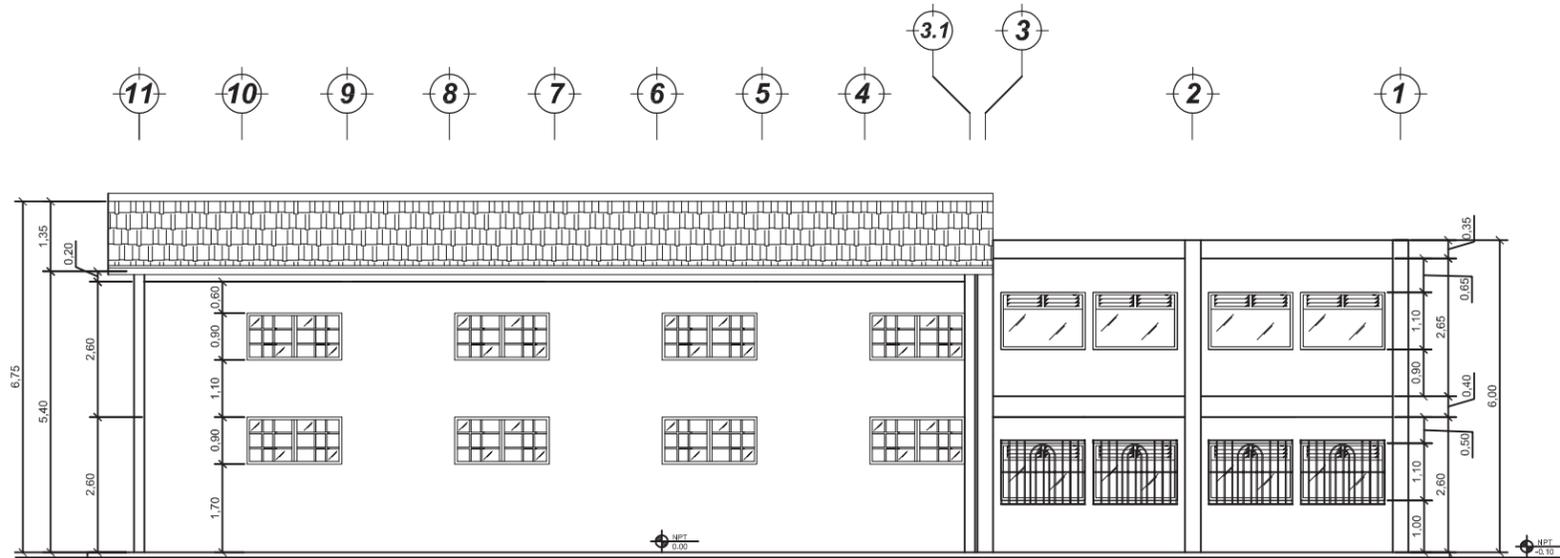
Segundo nivel
Esc. 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHUJ	Nombre: ANGELES GARCIA
Apellido: SACAHUJ	Apellido: GARCIA
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA	Plano: ARQUITECTURA
Contenido: PLANTA ACOTADA	Fecha: INDICADA
HOJA No 2 / 15	

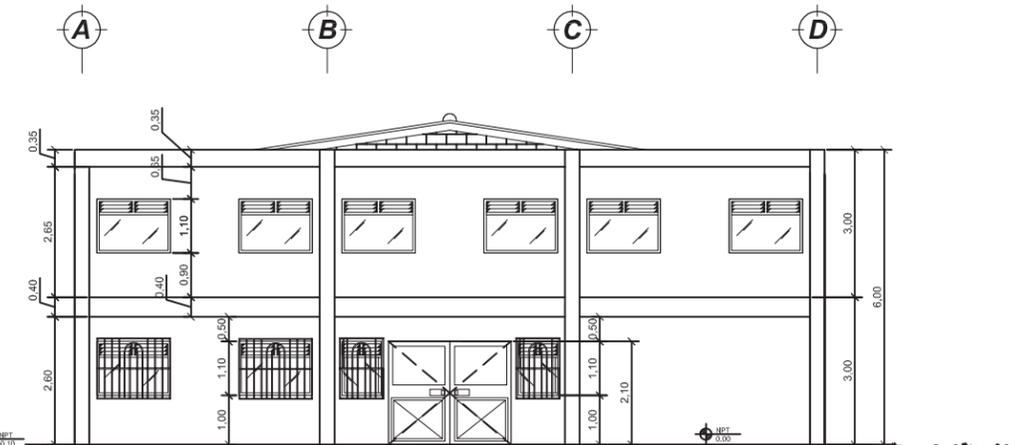
ING. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHUJ
ING. ANGELES GARCIA



Elevacion lateral

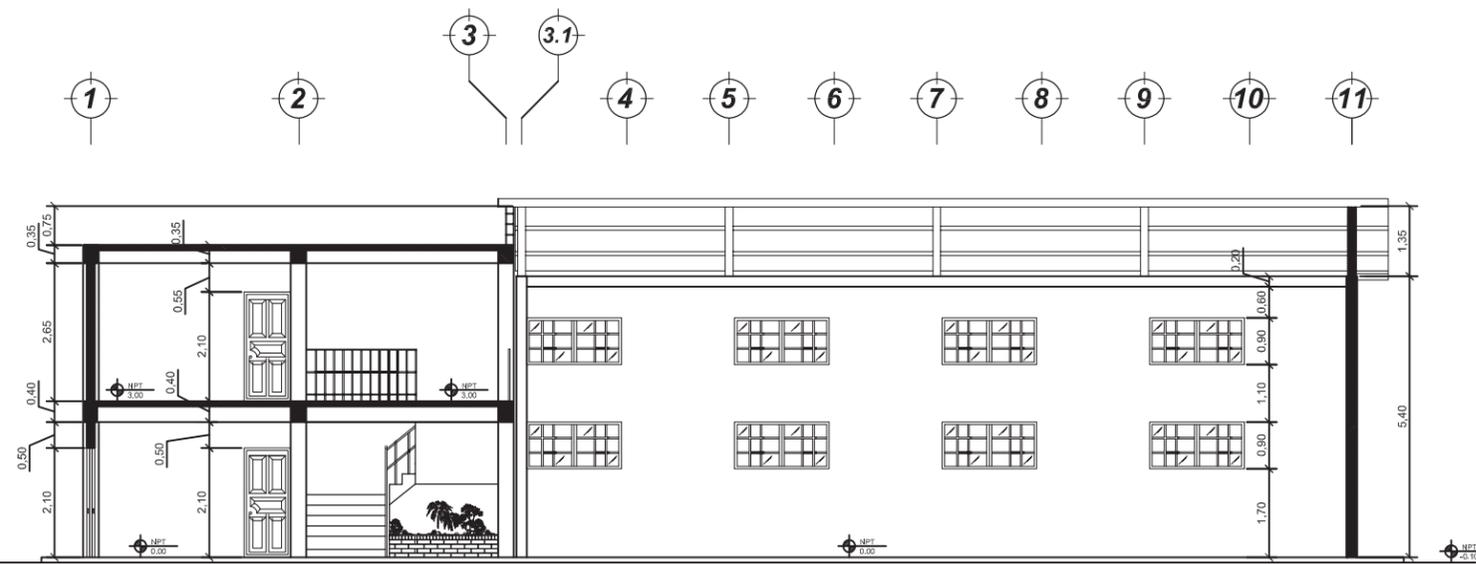
Esc. 1: 75

Elevaciones



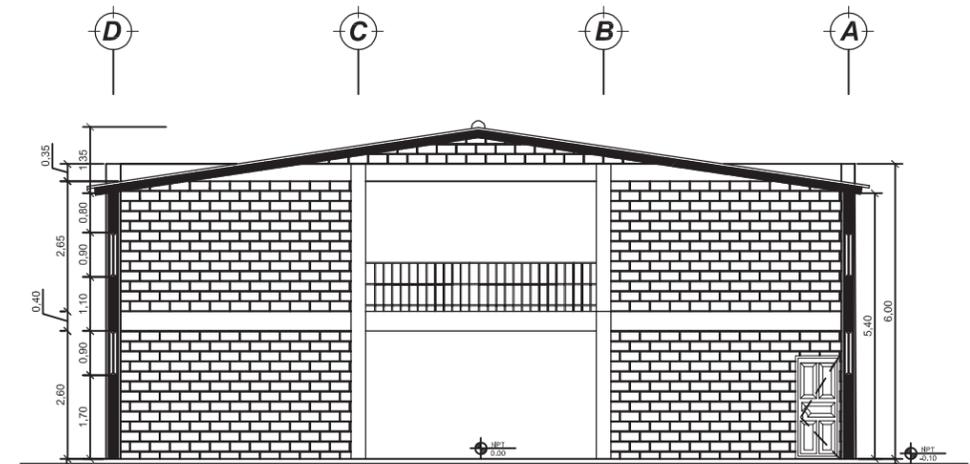
Elevacion frontal

Esc. 1: 75



Seccion trasversal A - A

Esc. 1: 75



Seccion trasversal B - B

Esc. 1: 75

Cortes



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU

MUNICIPALIDAD DE LA UNION
 DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Nombre: ANGELES GARCIA

Proyecto:

CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA

Plan:

ARQUITECTURA

Contenido:

ELEVACIONES Y CORTES

Estado:

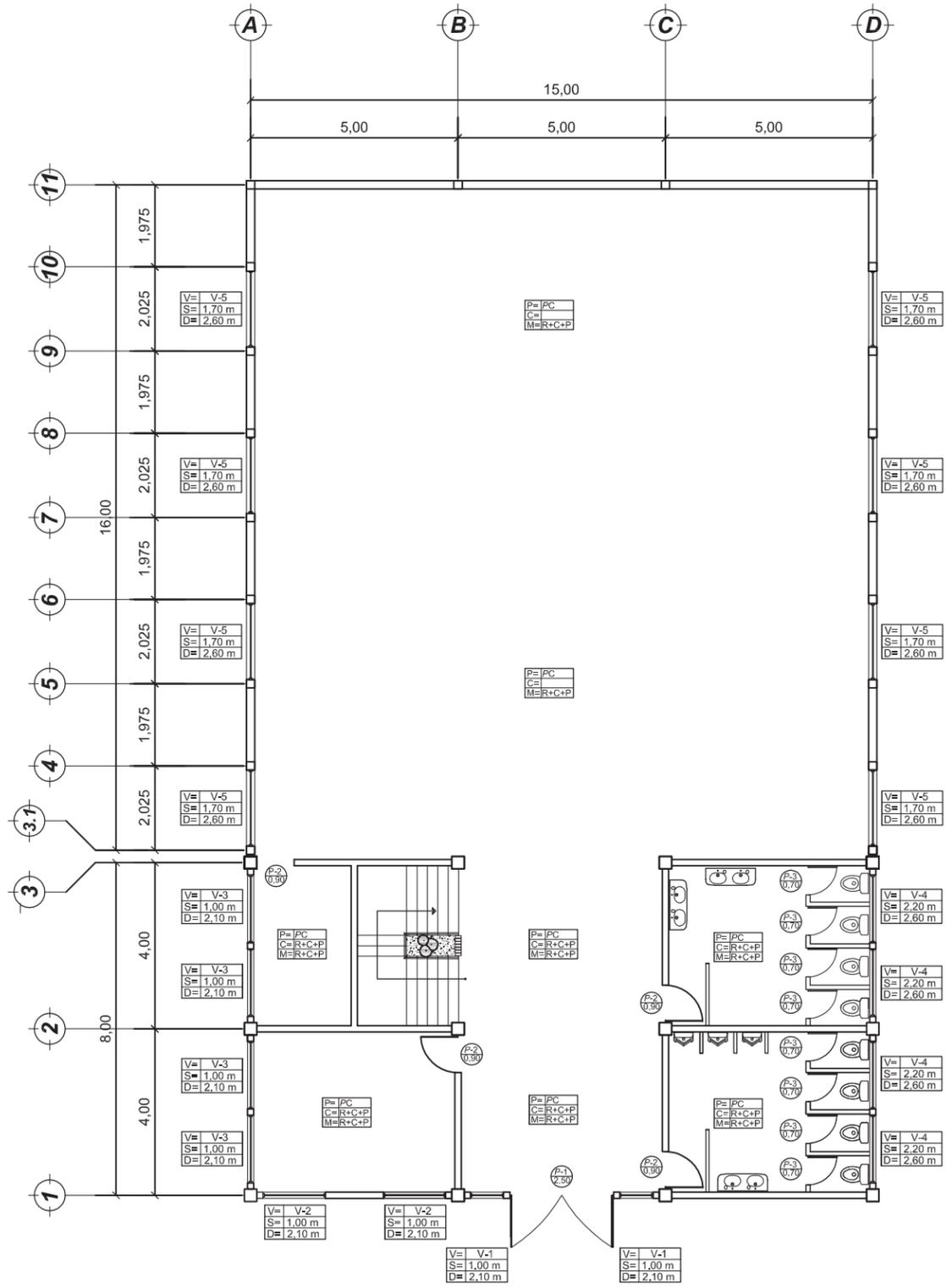
INDICADA

1. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU
 ARQUITECTO

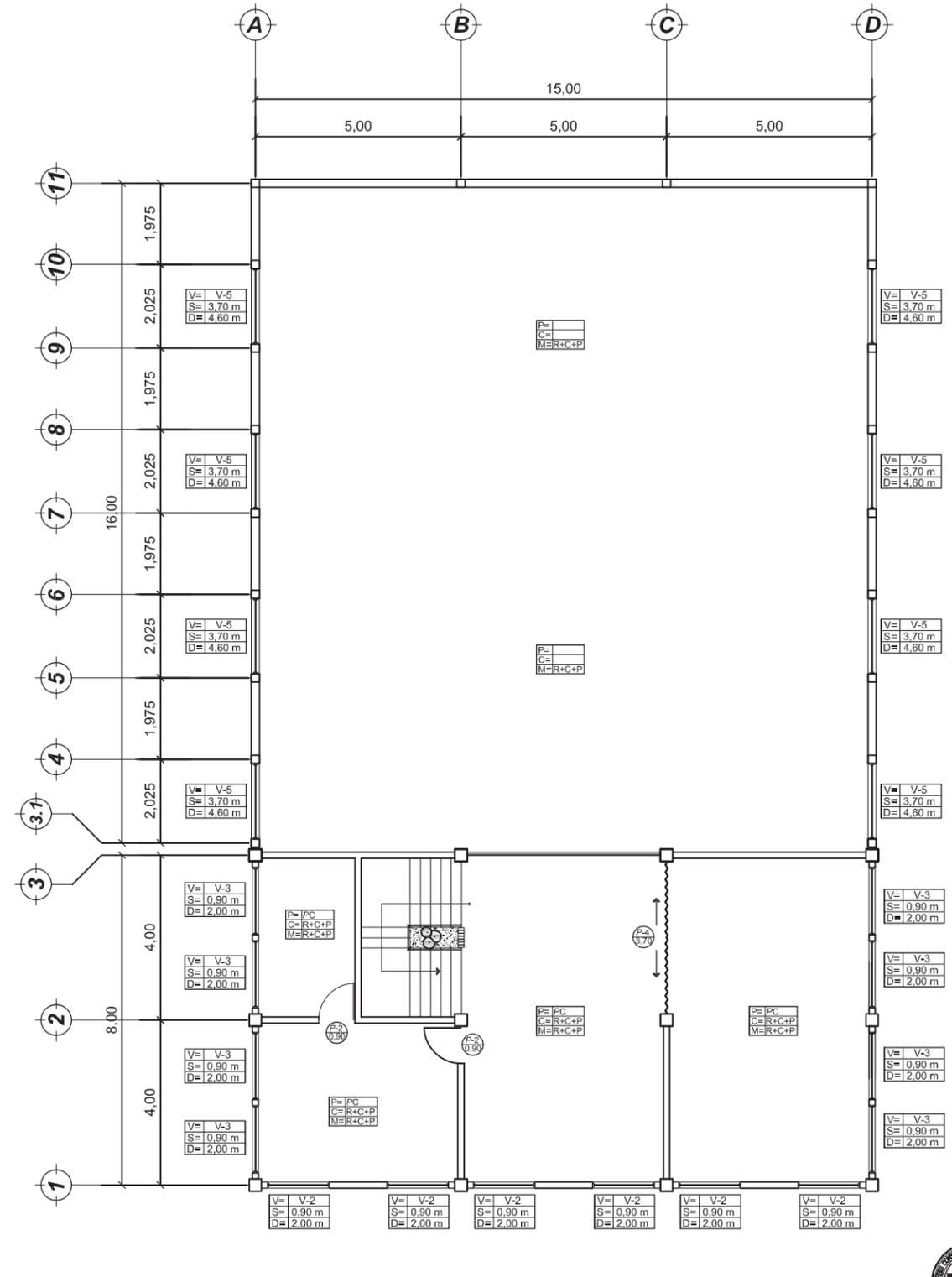
2. ANGELES GARCIA
 ARQUITECTA

HOJA No

3 / 15



Primer nivel
Esc. 1: 75



Segundo nivel
Esc. 1: 75

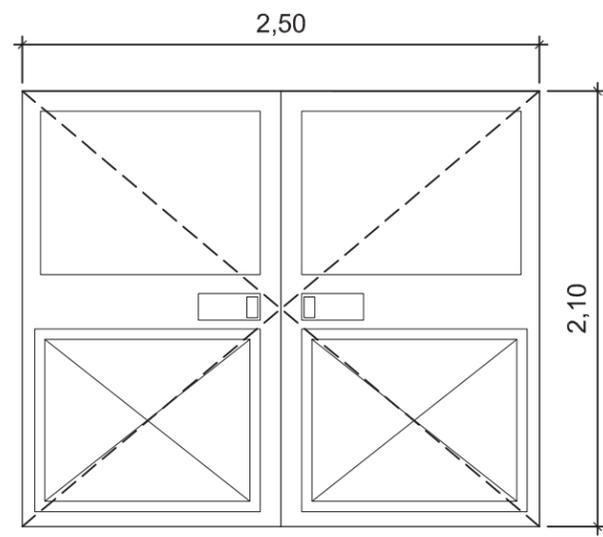
Planta de acabados

SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA	
P= PC	Indica acabado en piso, cielo y muros
C= R+C+P	
M= R+C+P	
P=1 0,90	Indica tipo de puerta y ancho de vano
V= V-1 S= 1,00 m D= 2,10 m	Indica tipo de ventana, sillar y dintel
PC	Piso Ceramico
TC	Torta de cemento con acabado final.
R+C+P	Repello + Cerrnido + Pintura Latex
A+RCP	Azulejo ceramico de 0.20 x 0.20 m. hasta una altura de 1.20 m. + repello + cerrnido + pintura

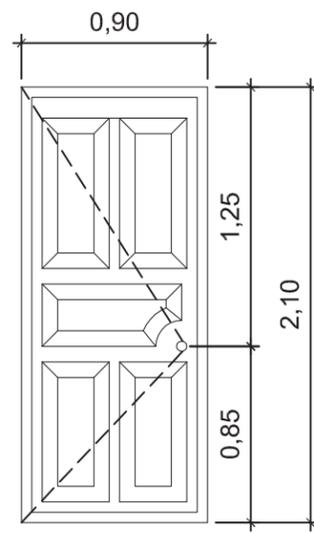


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

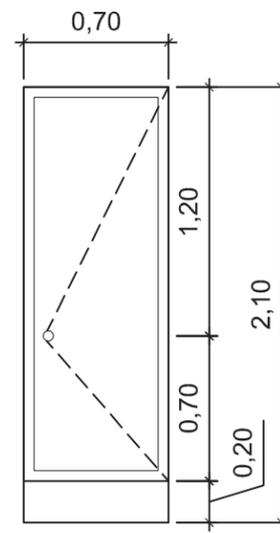
Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU	Nombre: ANGELES GARCIA
Apellido: SACAHU	Apellido: GARCIA
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA	Plano: ARQUITECTURA
Contenido: PLANTA DE ACABADOS	Estado: INDICADA
HOJA No 4 / 15	



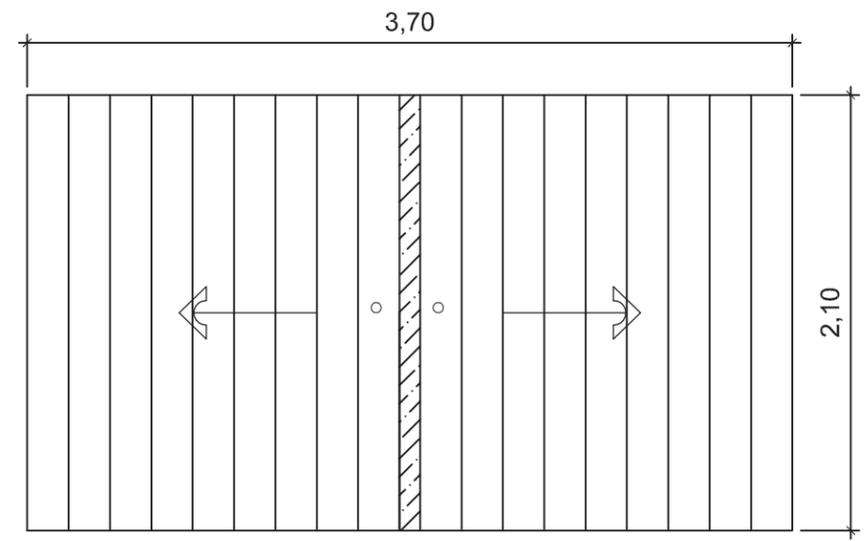
P-1
Esc. 1: 20



P-2
Esc. 1: 20

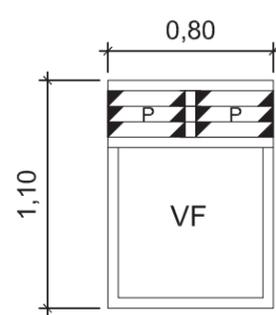


P-3
Esc. 1: 20

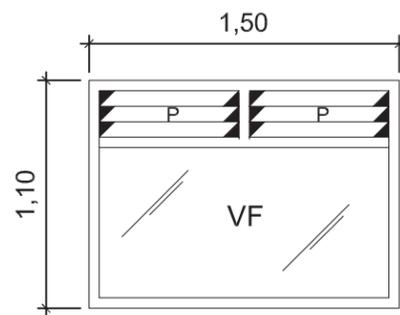


P-4
Esc. 1: 20

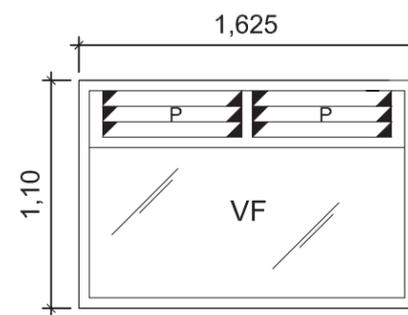
PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	DINTEL	ANCHO	UNIDADES	MATERIALES
P-1	2,10 m	2,50 m	1	Metalica
P-2	2,10 m	0,90 m	6	Madera con cubierta MDF
P-3	2,10 m	0,70 m	8	Madera con cubierta MDF
P-4	2,10 m	3,70 m	1	Plastica corrediza



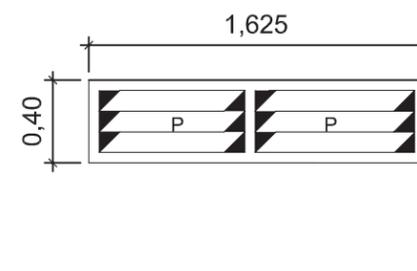
V-1
Esc. 1: 20



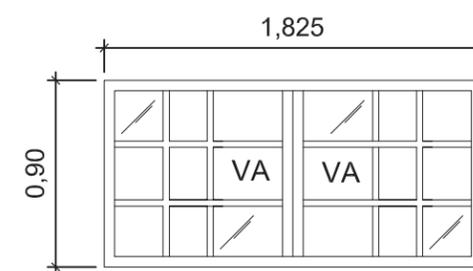
V-2
Esc. 1: 20



V-3
Esc. 1: 20



V-4
Esc. 1: 20



V-5
Esc. 1: 20

SIMBOLOGIA	
VF	Vidrio Fijo
VA	Ventana con Abatimiento Vertical
P	Ventana con Paletas.

PLANILLA DE VENTANAS						
TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	ALTO	UNIDADES	MATERIALES
V-1	1,00 m	2,10 m	0,80 m	1,10 m	2	Extrusiones de Aluminio lacado de 2" + Vidrio Laminado de 3 mm.
V-2	1,00 m	2,10 m	1,50 m	1,10 m	8	Extrusiones de Aluminio lacado de 2" + Vidrio Laminado de 3 mm.
V-3	1,00 m	2,10 m	1,625 m	1,10 m	12	Extrusiones de Aluminio lacado de 2" + Vidrio Laminado de 3 mm.
V-4	2,20 m	2,60 m	1,625 m	0,40 m	4	Extrusiones de Aluminio lacado de 2" + Vidrio Laminado de 3 mm.
V-5	1,70 m	2,60 m	1,825 m	0,90 m	16	Extrusiones de Aluminio lacado de 2" + Vidrio Laminado de 3 mm.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU

MUNICIPALIDAD DE LA UNION
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU

Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA

Plan: Arquitectura

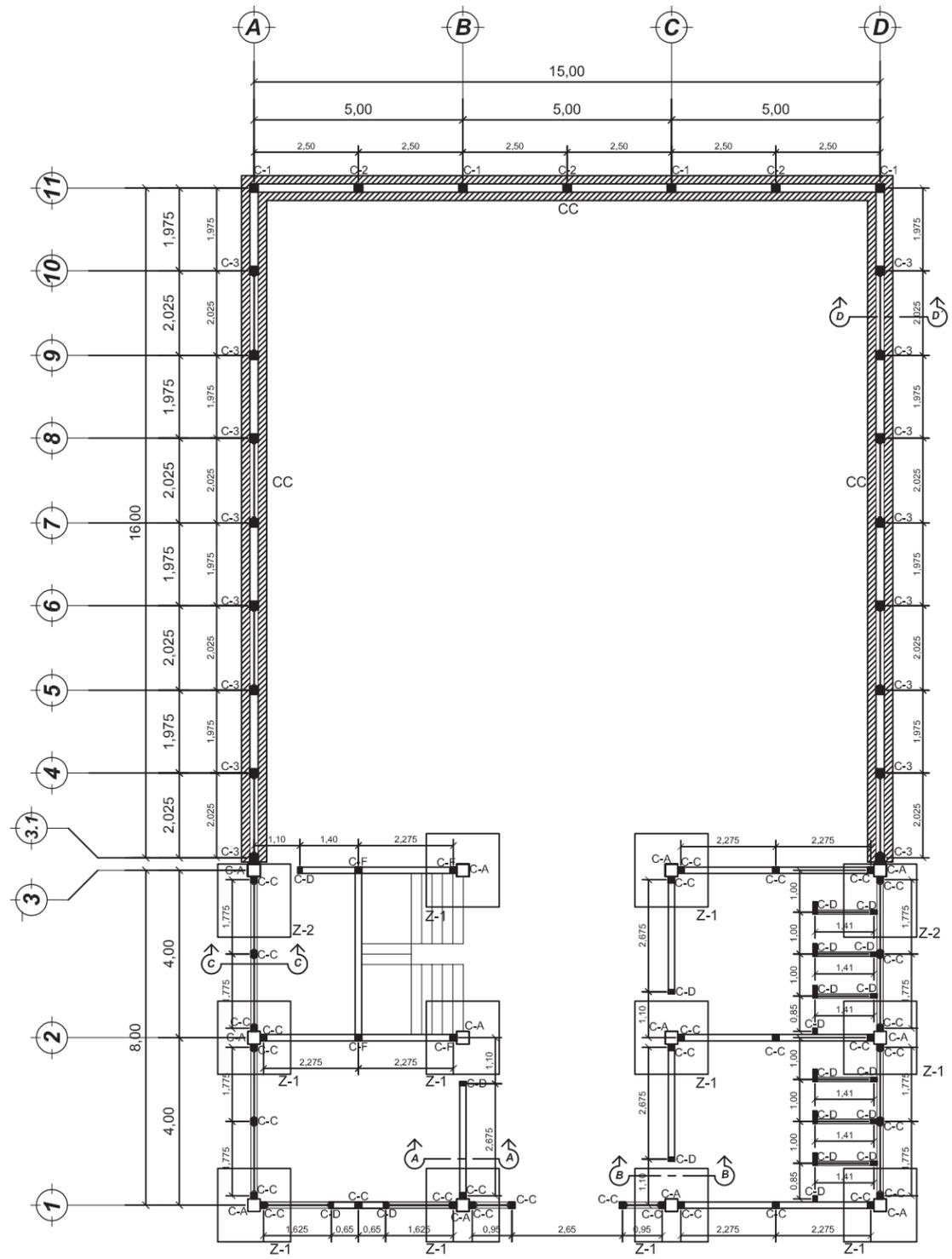
Contenido: DETALLES DE ACABADOS

Estado: INDICADA

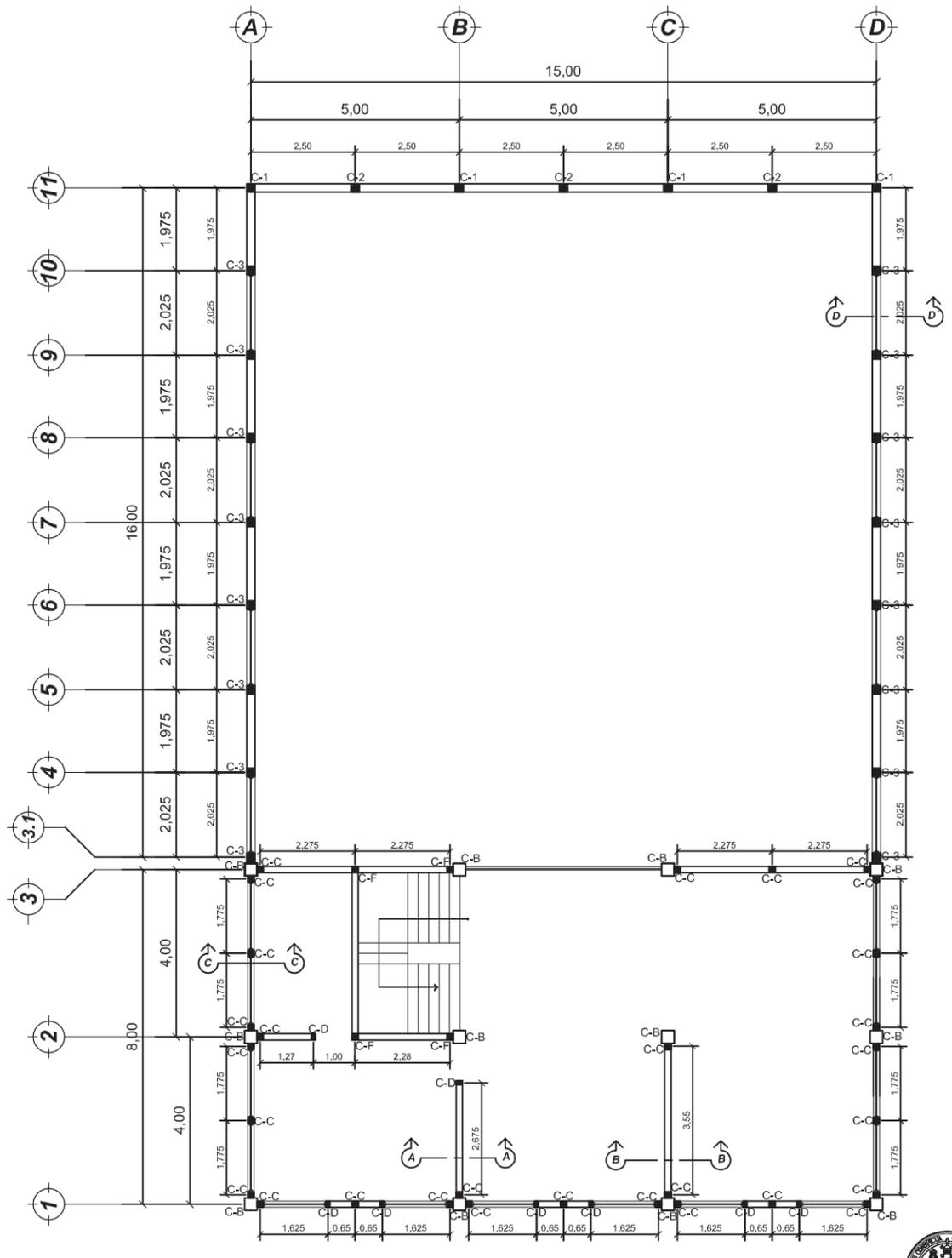
Ing. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU
ARQUITECTO

Ing. ANGELUS GARCIA
ARQUITECTO

HOJA No
5 / 15



Primer nivel
Esc. 1: 75



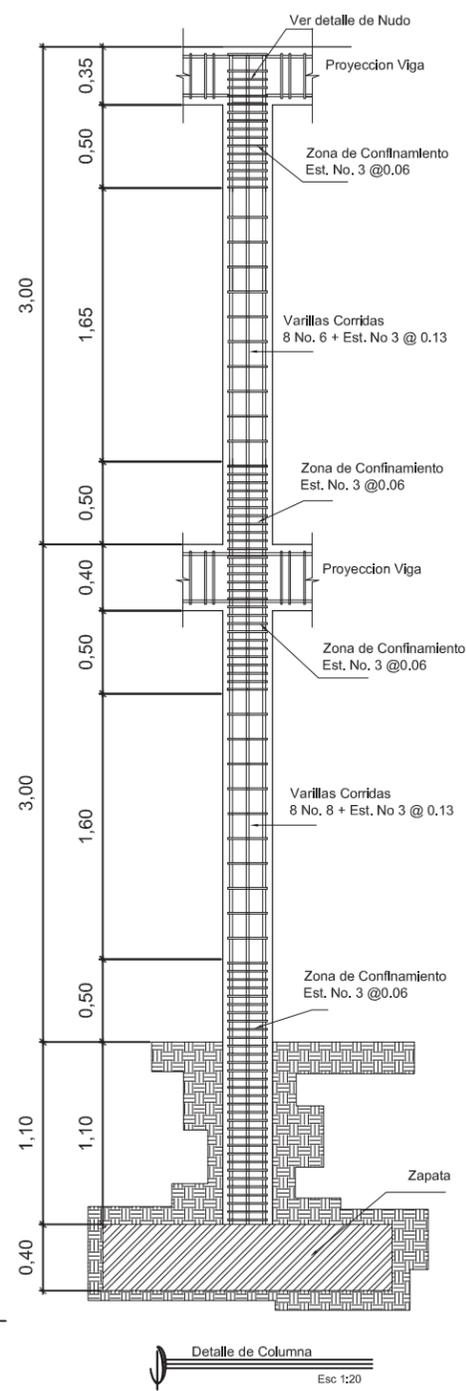
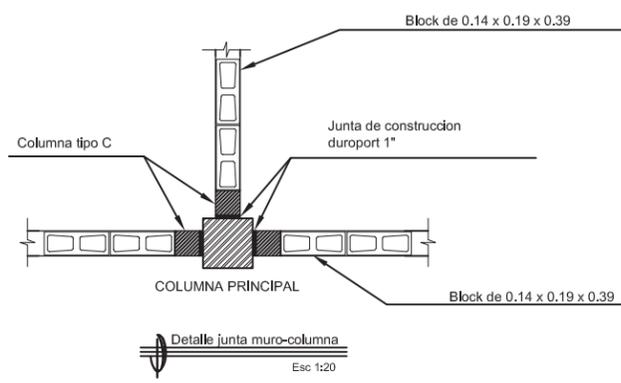
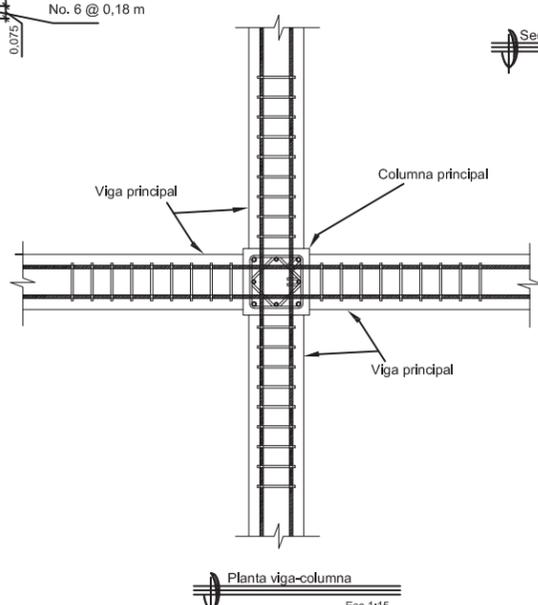
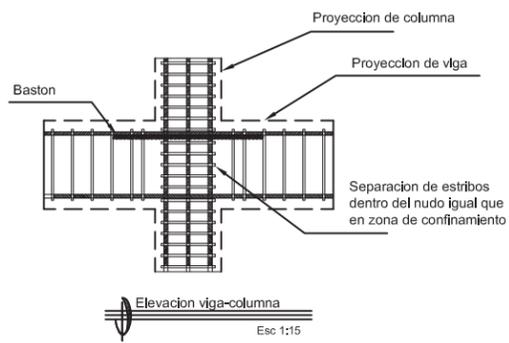
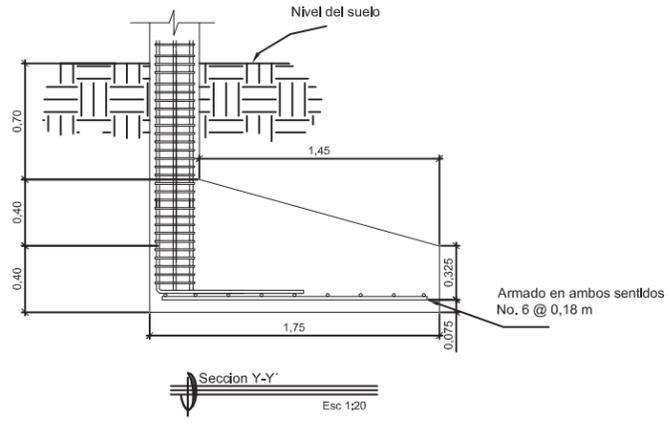
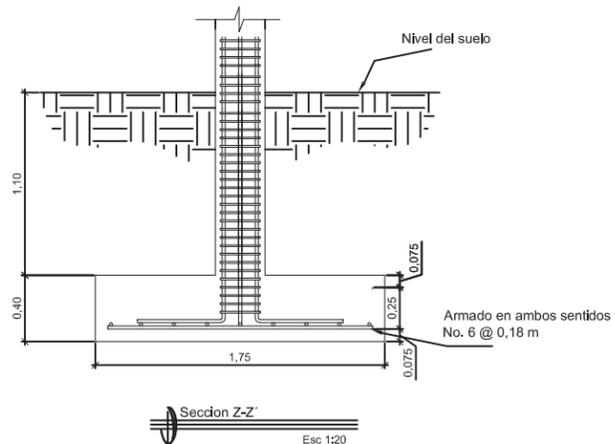
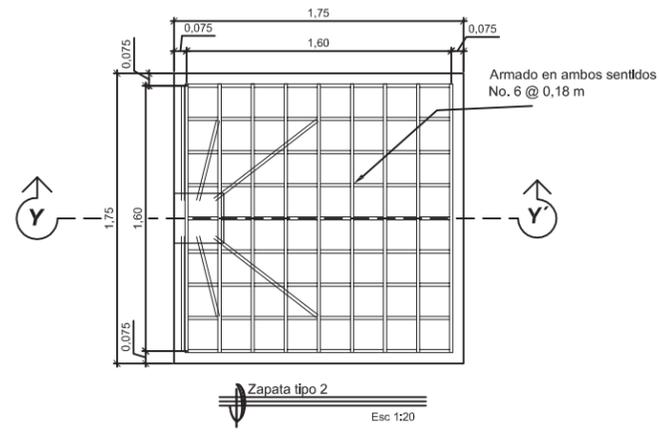
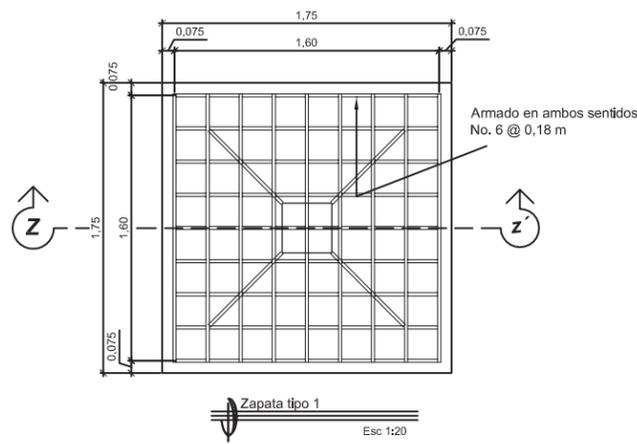
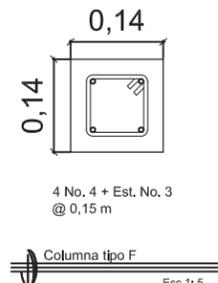
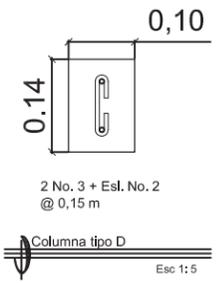
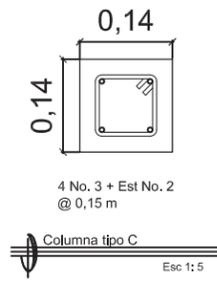
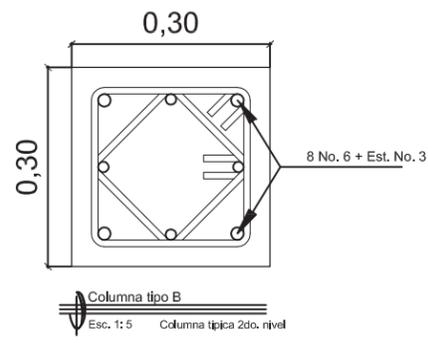
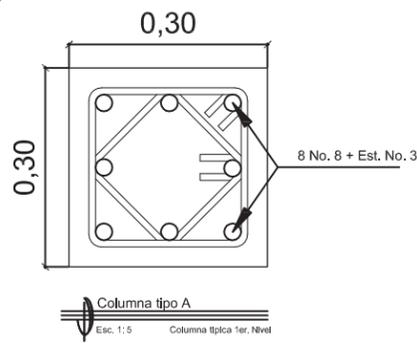
Segundo nivel
Esc. 1: 75

Planta de cimentacion y columnas



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHUJ #15070	MUNICIPALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPA	Nombre: ANGELES GARCIA #15070
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA		Plan: ESTRUCTURAS
Contenido: PLANTA DE CIMENTACION		Estado: INDICADA
Ing. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHUJ #15070		Ing. ANGELES GARCIA #15070



ESPECIFICACIONES TECNICAS:
 $f_c = 281 \text{ kg/cm}^2$ o 4,000 psi.
 $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ o 40,000psi.
 Block Pomez de $f_m = 35 \text{ kg/cm}^2$.
 Agregado Grueso = 1/2".

CARGAS VIVAS UTILIZADAS
 GIMNASIO = 400 kg/cm².
 PASILLOS = 400 kg/cm².
 TECHOS = 100 kg/cm².
 SOBRECARGA = 60 kg/cm².

NOTAS:
 Prevo a la construcción, realizar ensayo dinamico para verificar valor soporte del suelo.

GANCHO STANDAR A 135°.
 El doblez del gancho será 4 veces el diametro de la varilla, no menor de 6.5 cm, ni mayor de 10cm.

TRASLAPES MINIMOS
 No 3 = 0.35 m.
 No 4 = 0.50 m.
 No 5 = 0.60 m.
 No 6 = 0.75 m.

Especificaciones de acuerdo alCodigo ACI - 318-99 y las normas Guatemaltecas AGIES.

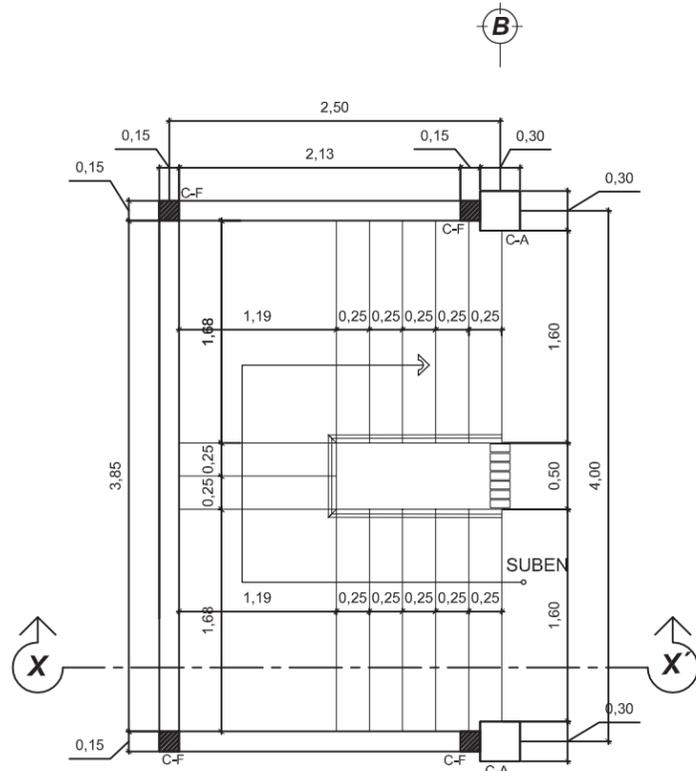
Longitud de Desarrollo Minima en Cm.			
Varilla No.	Ldh *1	2,5 x Ldh *2	3,5 x Ldh *3
3	11	27	38
4	14	36	50
5	18	45	63
6	22	54	75

Cap. 21-318-99.
 1. Cimientos, Vigas, Losas y Columnas.
 2. Barras rectas si el espesor del concreto es > 0.30 m. Cimientos, Vigas, Losas y Columnas.
 3. Barras rectas si el espesor del concreto es < 0.30 m. Columnas.

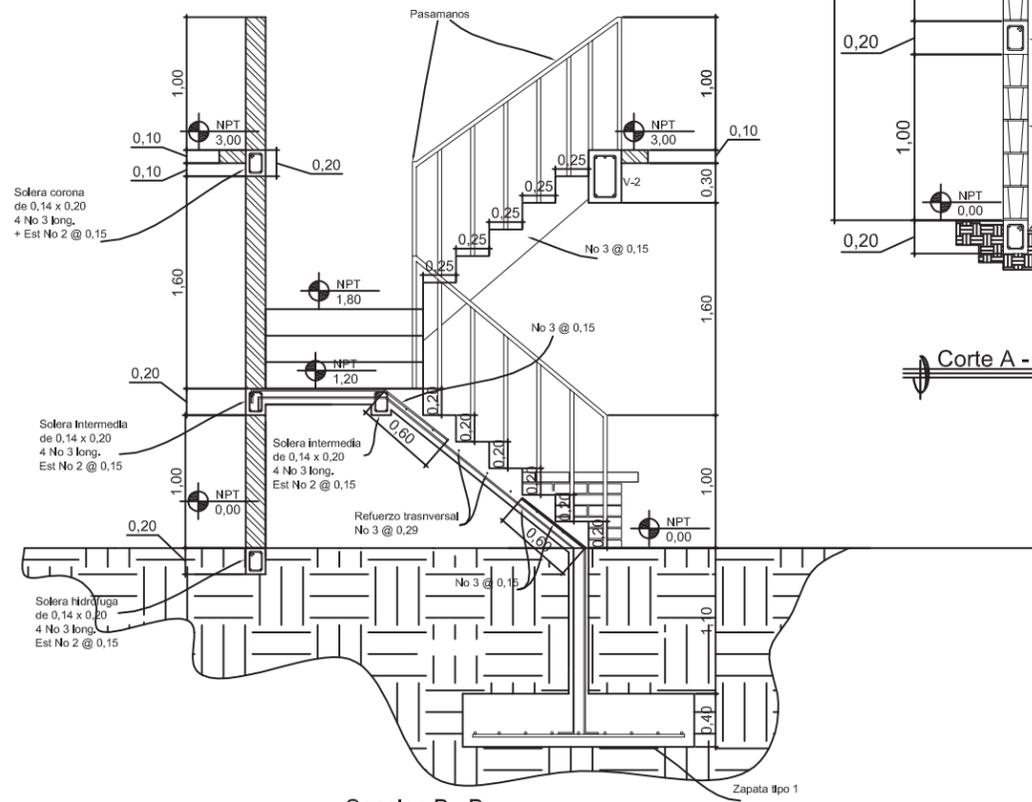


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

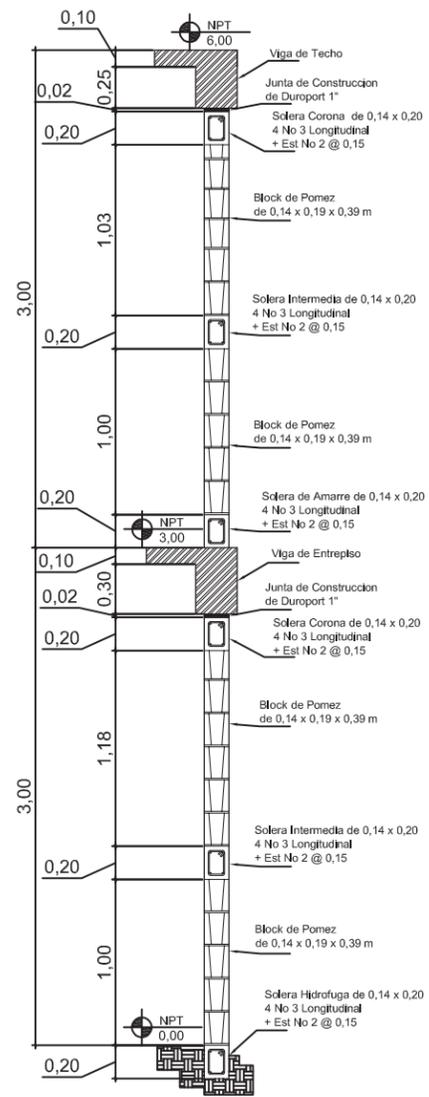
Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACARUI	Apellido: SACARUI
Nombre: ANGELES GARCIA	Apellido: GARCIA
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA	Plan: ESTRUCTURAS
Contenido: DETALLES DE COLUMNAS Y CIMIENTOS	Fecha: INDICADA
HOJA No 7 / 15	



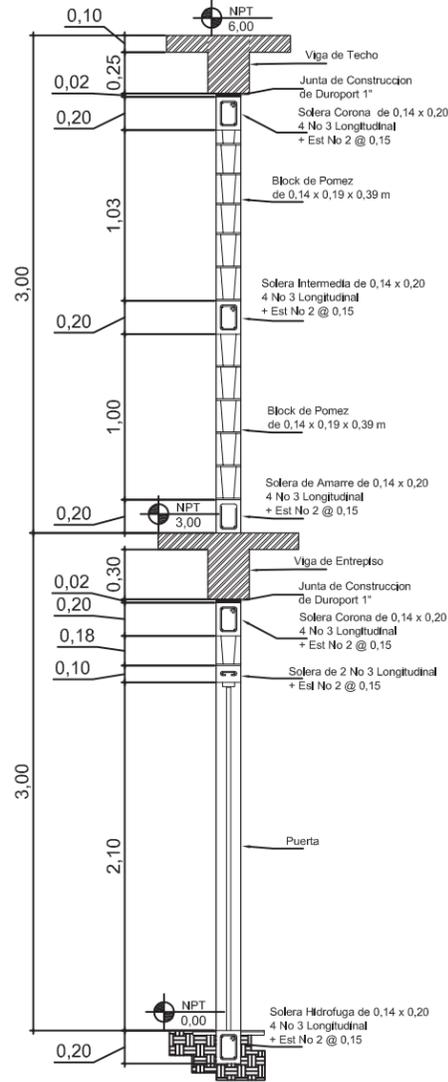
Planta de gradas
Esc 1:25



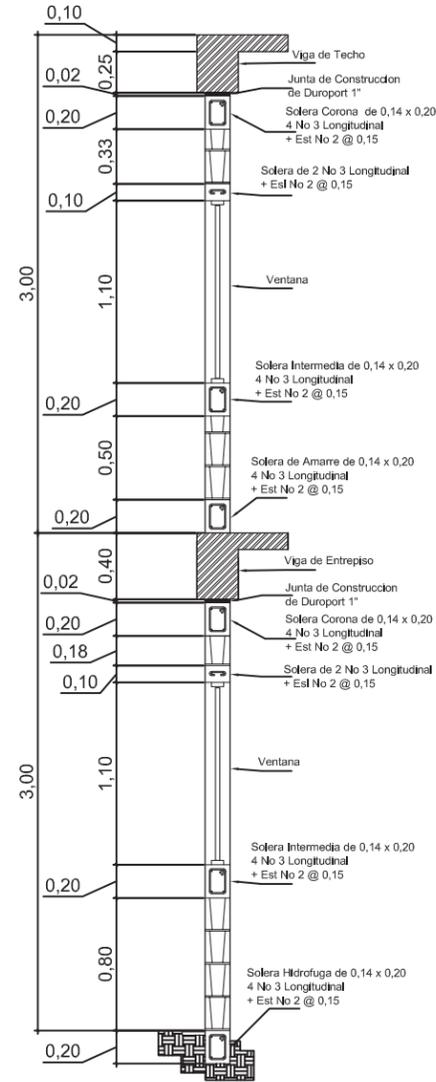
Seccion B - B
Esc 1:25



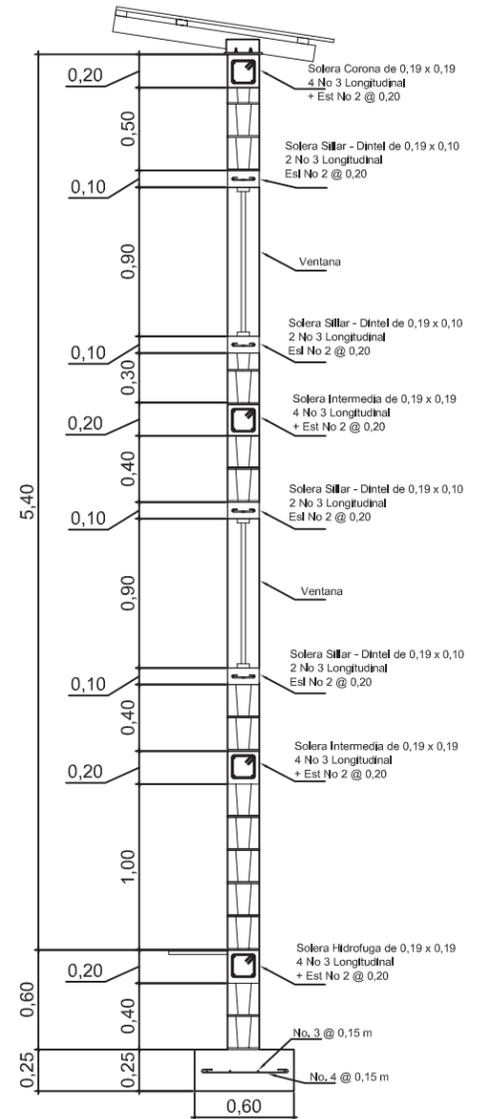
Corte A - A
Esc 1:20



Corte B - B
Esc 1:20



Corte C - C
Esc 1:20

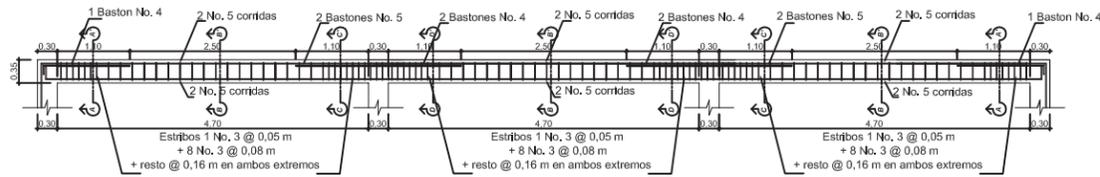


Corte D - D
Esc 1:20



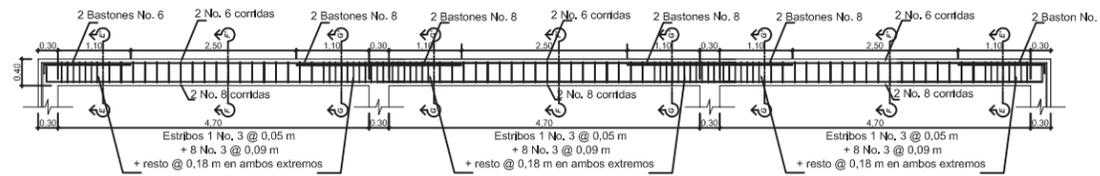
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHUJ	Nombre: ANGELES GARCIA
Apellido: SACAHUJ	Apellido: GARCIA
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA	Plan: ESTRUCTURAS
Contenido: DETALLE DE GRADAS Y MUROS	Fecha: INICIADA
Ing. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHUJ Ing. ANGELES GARCIA	



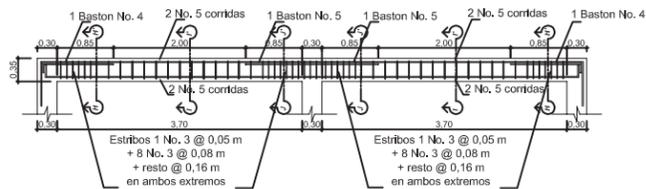
Armado de viga segundo nivel eje X (V-3)

Esc. 1: 50



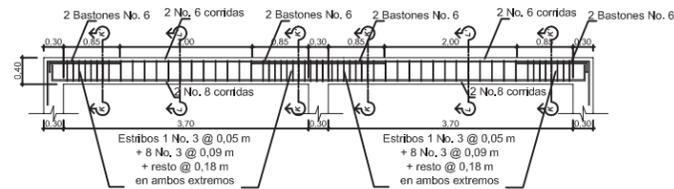
Armado de viga primer nivel eje X (V-1)

Esc. 1: 50



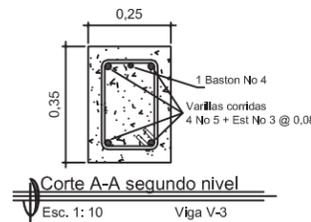
Armado de viga segundo nivel eje Y (V-4)

Esc. 1: 50



Armado de viga primer nivel eje Y (V-2)

Esc. 1: 50



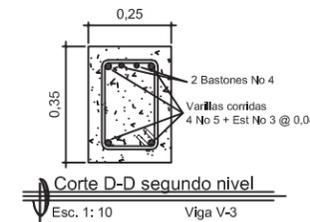
Corte A-A segundo nivel
Viga V-3



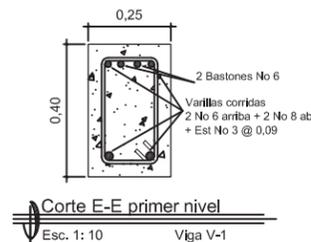
Corte B-B segundo nivel
Viga V-3



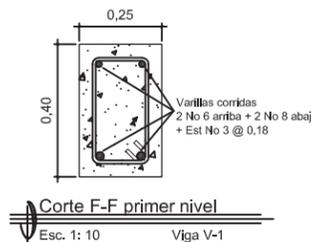
Corte C-C segundo nivel
Viga V-3



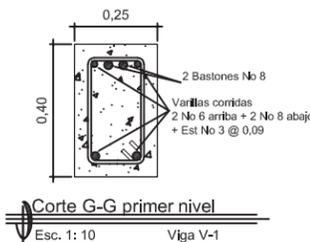
Corte D-D segundo nivel
Viga V-3



Corte E-E primer nivel
Viga V-1



Corte F-F primer nivel
Viga V-1



Corte G-G primer nivel
Viga V-1



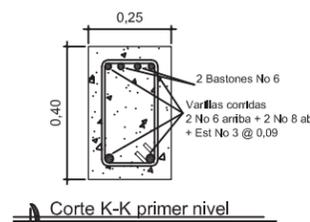
Corte H-H segundo nivel
Viga V-4



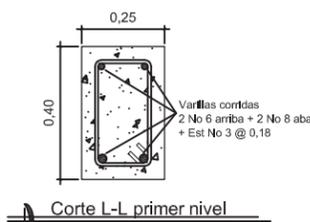
Corte I-I segundo nivel
Viga V-4



Corte J-J segundo nivel
Viga V-4



Corte K-K primer nivel
Viga V-2



Corte L-L primer nivel
Viga V-2

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

$f_c = 281 \text{ kg/cm}^2$ o 4 000 psi.
 $f_y = 2 810 \text{ kg/cm}^2$ o 40 000psi.
Block Pomez de $f_m = 35 \text{ kg/cm}^2$.
Agregado Grueso = 1/2".

CARGAS VIVAS UTILIZADAS

GINNASIO = 400 kg/cm^2 .
PASILLOS = 400 kg/cm^2 .
TECHOS = 100 kg/cm^2 .
SOBRECARGA = 60 kg/cm^2 .

NOTAS:

Previo a la construcción, realizar ensayo dinámico para verificar valor soporte del suelo.

GANCHO STANDAR A 135°.

El doblez del gancho será 4 veces el diametro de la varilla, no menor de 6,5 cm, ni mayor de 10 cm.

TRASLAPES MINIMOS

No 3 = 0,35 m.
No 4 = 0,50 m.
No 5 = 0,60 m.
No 6 = 0,75 m.

Especificaciones de acuerdo al Código ACI - 318-99 y las normas Guatemaltecas AGIES.

Varilla No.	Longitud de Desarrollo Mínima en Cm.		
	L _{dh} * 1	2,5 x L _{dh} **	3,5 x L _{dh} **
3	11	27	38
4	14	36	50
5	18	45	63
6	22	54	75

Cap. 21-318-99.

- Cimientos, Vigas, Losas y Columnas.
- Barra rectas si el espesor del concreto es > 0,30 m.
Cimientos, Vigas, Losas y Columnas.
- Barra rectas si el espesor del concreto es < 0,30 m.
Columnas.

GANCHOS DE REFUERZO				
No.	Dg	L1	L2	L3
2	0,04	0,10	0,10	0,10
3	0,06	0,10	0,15	0,10
4	0,08	0,15	0,20	0,10
5	0,10	0,16	0,20	0,10
6	0,12	---	0,25	0,10
7	0,14	---	0,30	0,10
8	0,16	---	0,35	0,10
9	0,23	---	0,35	0,10
10	0,26	---	0,40	0,10
11	0,29	---	0,45	0,10

CALIDAD DE LOS MATERIALES:

CEMENTO : Tipo 1 mejorado con puzolanas en sacos de 42,5 kg. debiera de ser fresco y de reciente producción, se desechara el cemento que haya endurecido o que haya formado granulos por hidratación.

ARENA DE RIO : Lavada y libre de materia orgánica, raíces, arcillas, etc. Su granulometría debiera ser uniforme.

PIEDRIN O GRAVA: Grava basáltica o andesítica lavada o pedrín de piedra caliza triturada. Ambas de granulometría uniforme. Tamaño máximo para el agregado: para cimentación muros y piso, 1/2".

AGUA: Libre de sales, acidos y otras impurezas que puedan reaccionar o debilitar la resistencia del concreto.

Concreto de 4 000PSI: 0,60(25,5 litros/sacos de cemento)

Concreto de 3 000PSI: 0,65(27,6 litros/sacos de cemento)

El concreto para cimentación podra ser mezclado por medios mecanicos ya sea por mezcladores de 1 o 2 sacos de capacidad o concreto premezclado en camiones.

Para la colocación de el concreto para losa y muro deberan utilizarse vibradores para lograr un adecuado acondicionamiento

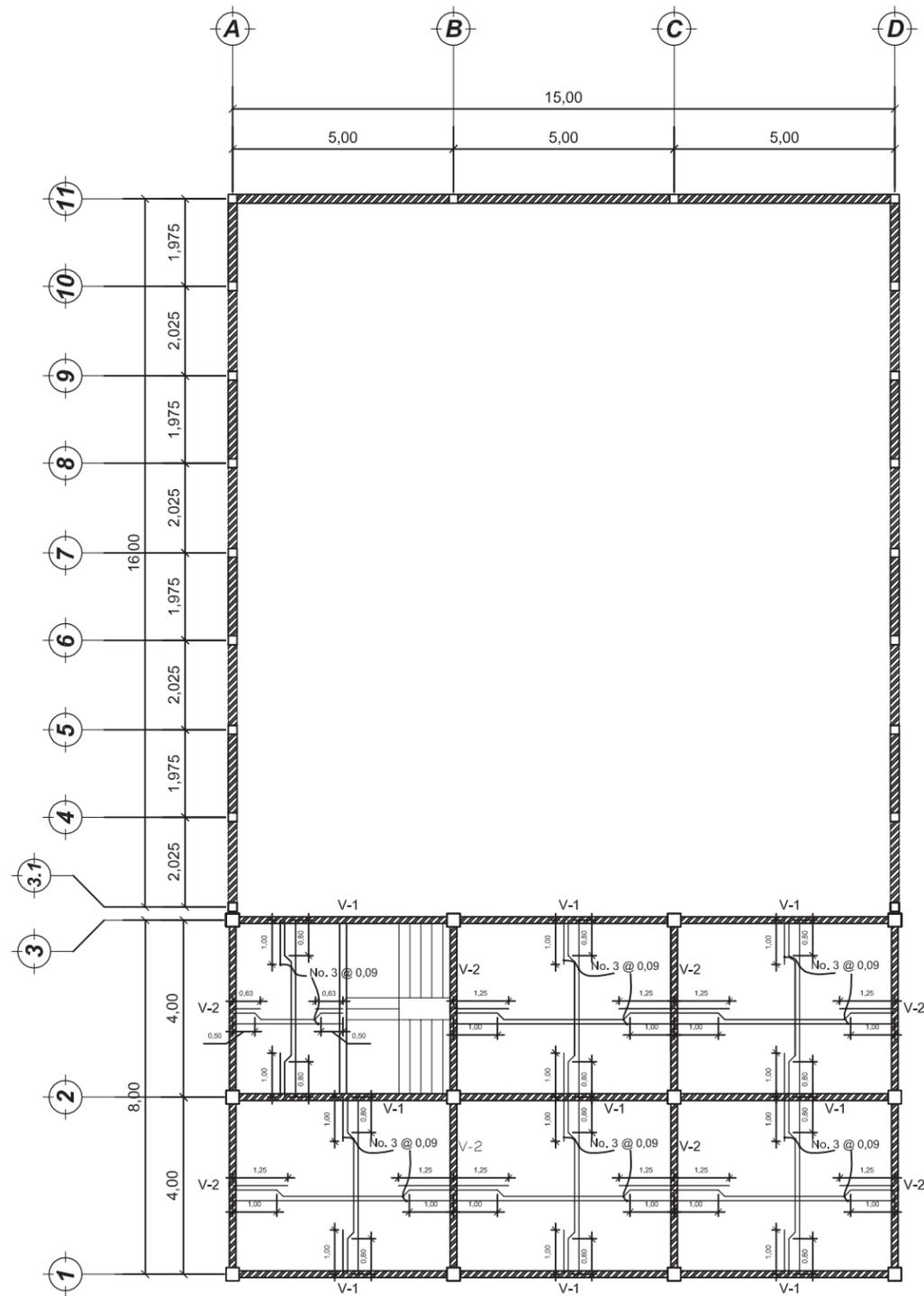
Relacion agua/cemento maxima permisible: del concreto principalmente para evitar ratoneras.

El curado de cimentación se hara por rociado continuo con agua por un mínimo de 3 días, o bien con membrada curadora que no provoque problemas de adherencia

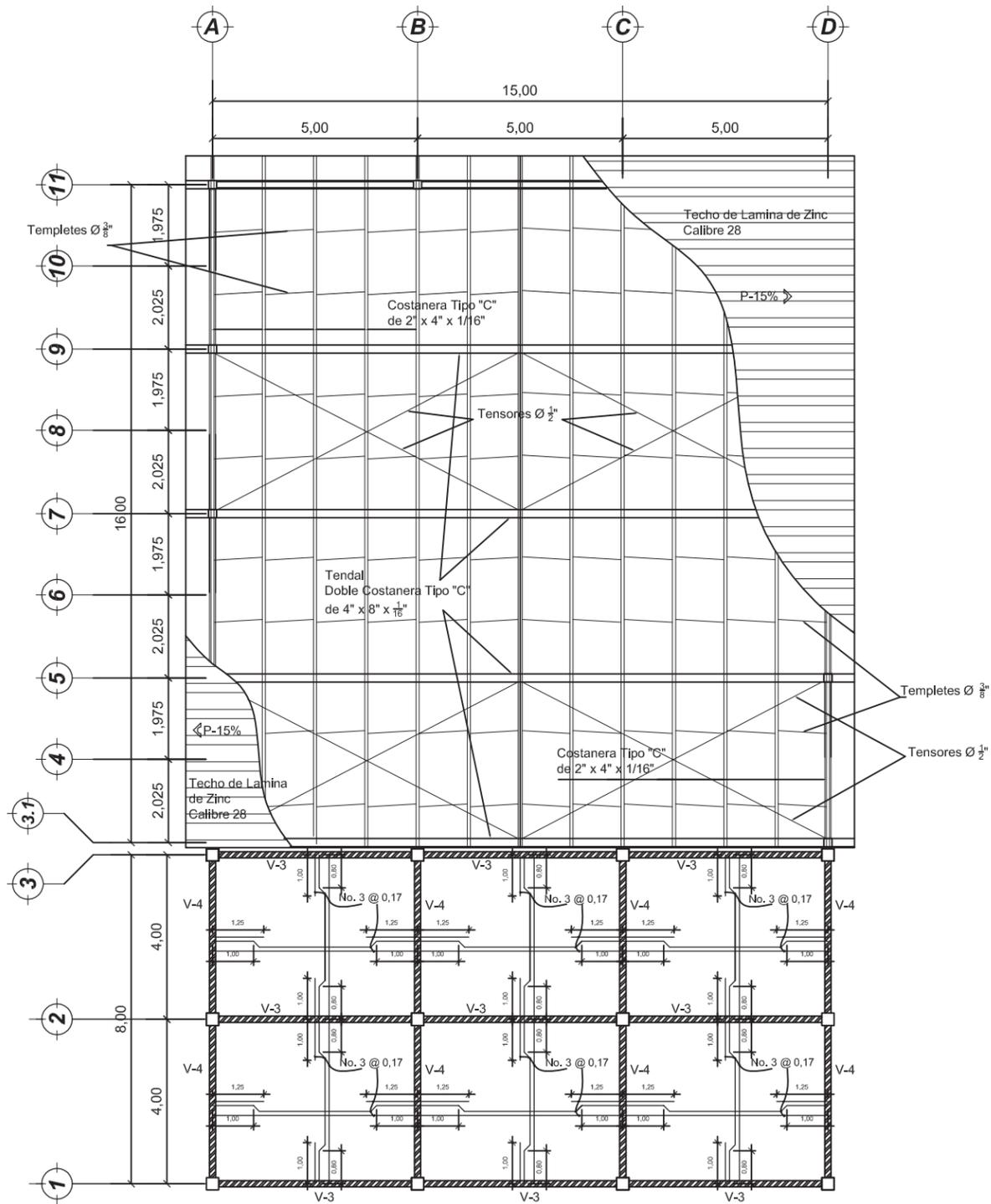


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO SACAHU	MUNICIPALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPA	Nombre: ANGELES GARCIA
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA	Plan: ESTRUCTURAS	
Contenido: DETALLE DE VIGAS	Fecha: INICIADA	
1. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU INGENIERO 2. ANGELES GARCIA INGENIERO		HOJA No 9 / 15



Primer nivel
Esc. 1:75



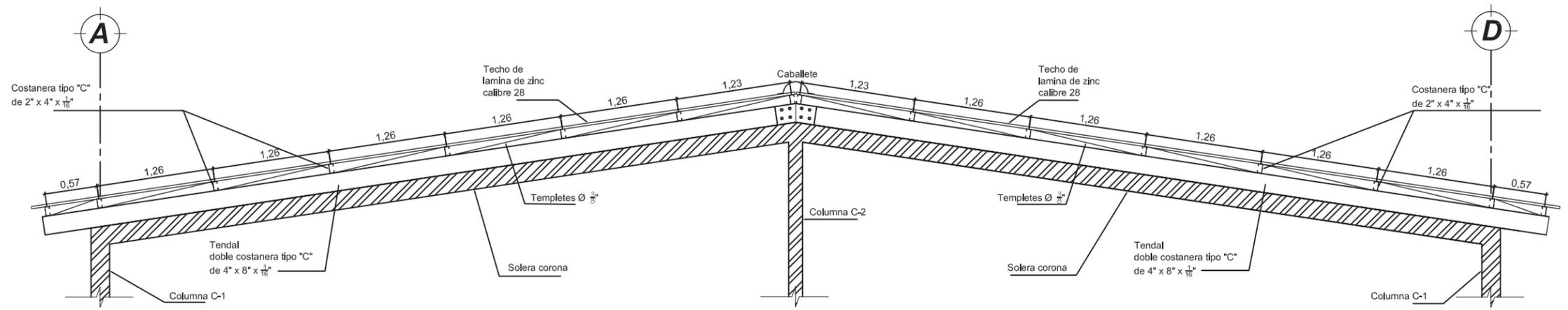
Segundo nivel
Esc. 1:75

Planta de techos y vigas

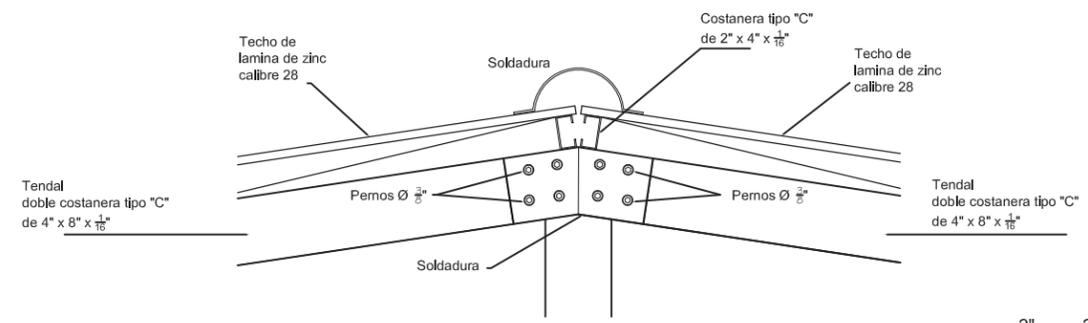


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

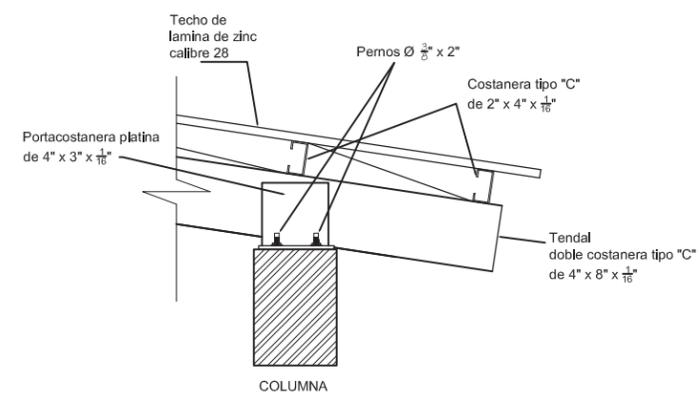
Nombre: GUILLERMO SACAHU	MUNICIPALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPÁ	Nombre: ANGELES GARCIA
Apellido: SACAHU	DEPARTAMENTO DE ZACAPÁ	Apellido: GARCIA
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA		Plan: ESTRUCTURAS
Contenido: PLANTA DE TECHOS		Escala: INDICADA
Ing. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU ESTRUCTURAS		Ing. ANGELES GARCIA ESTRUCTURAS
HOJA No 10 / 15		



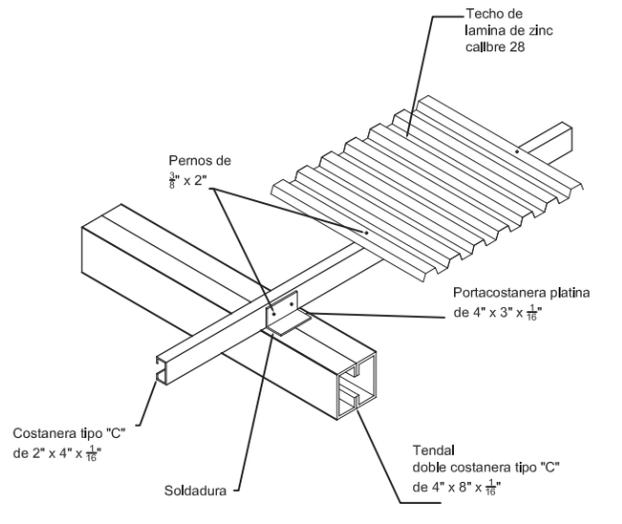
Detalle de techo
Esc. 1: 25



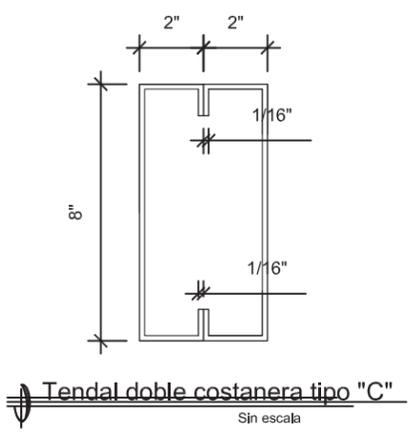
Detalle de union
Esc. 1: 10



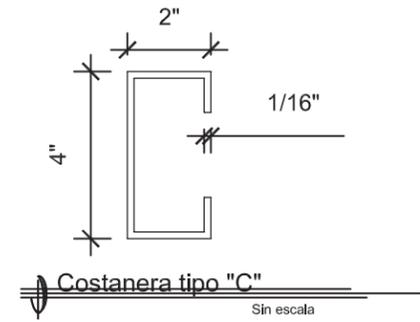
Detalle de anclaje
Esc. 1: 10



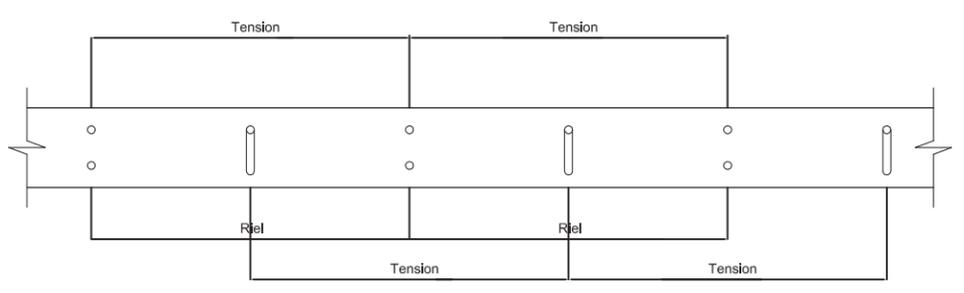
Detalle de anclaje de costanera
Sin Escala



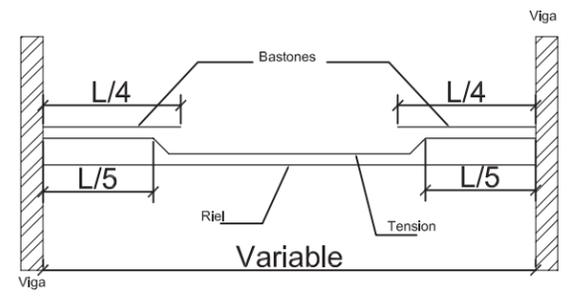
Tendal doble costanera tipo 'C'
Sin escala



Costanera tipo 'C'
Sin escala

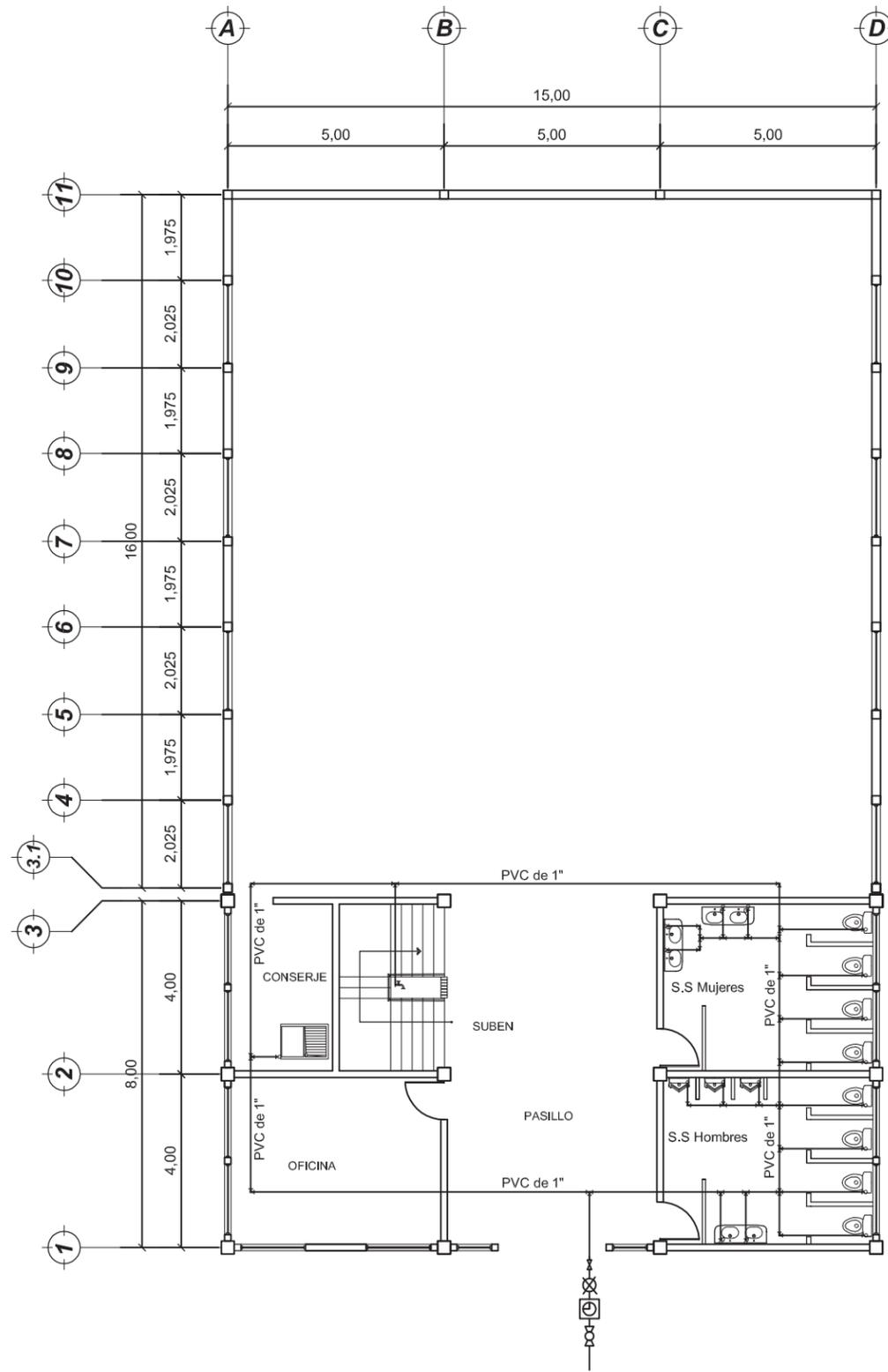


Seccion de losa
Sin Escala

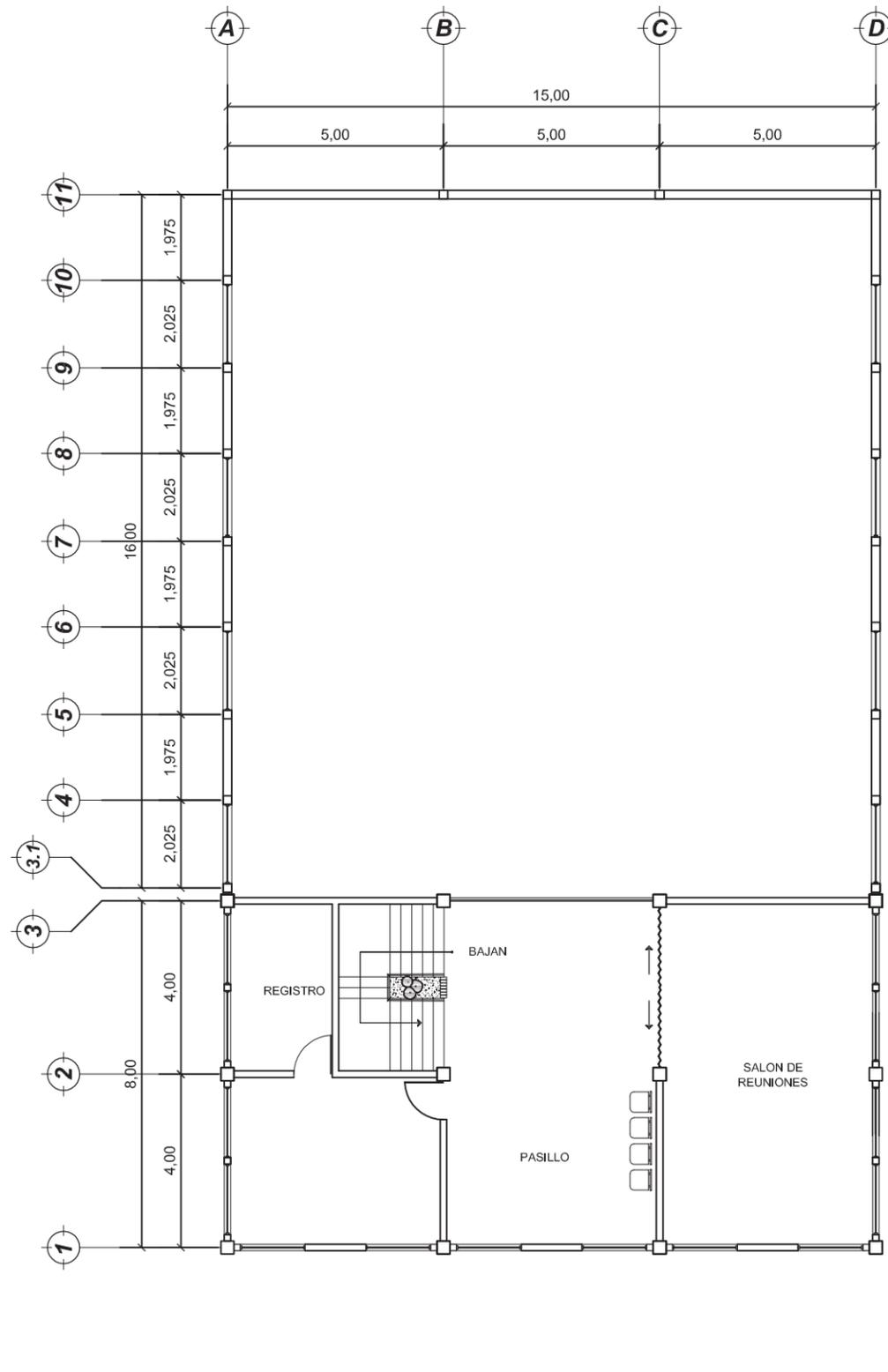


Planta de losa
Sin Escala

 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
<p>Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU Apellido: SACAHU</p>	<p>MUNICIPALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPÁ</p>	<p>Nombre: ANGELES GARCIA Apellido: GARCIA</p>
<p>Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA</p>	<p>Plan: ESTRUCTURAS</p>	<p>Estado: INDICADA</p>
<p>Contenido: DETALLE DE TECHOS Y LOSA</p>	<p>Fecha: INDICADA</p>	<p>HOJA No 11/15</p>
<p>Ing. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU EJECUTA</p>	<p>Ing. ANGELES GARCIA ASESORA</p>	



Primer nivel
Esc. 1:75



Segundo nivel
Esc. 1:75

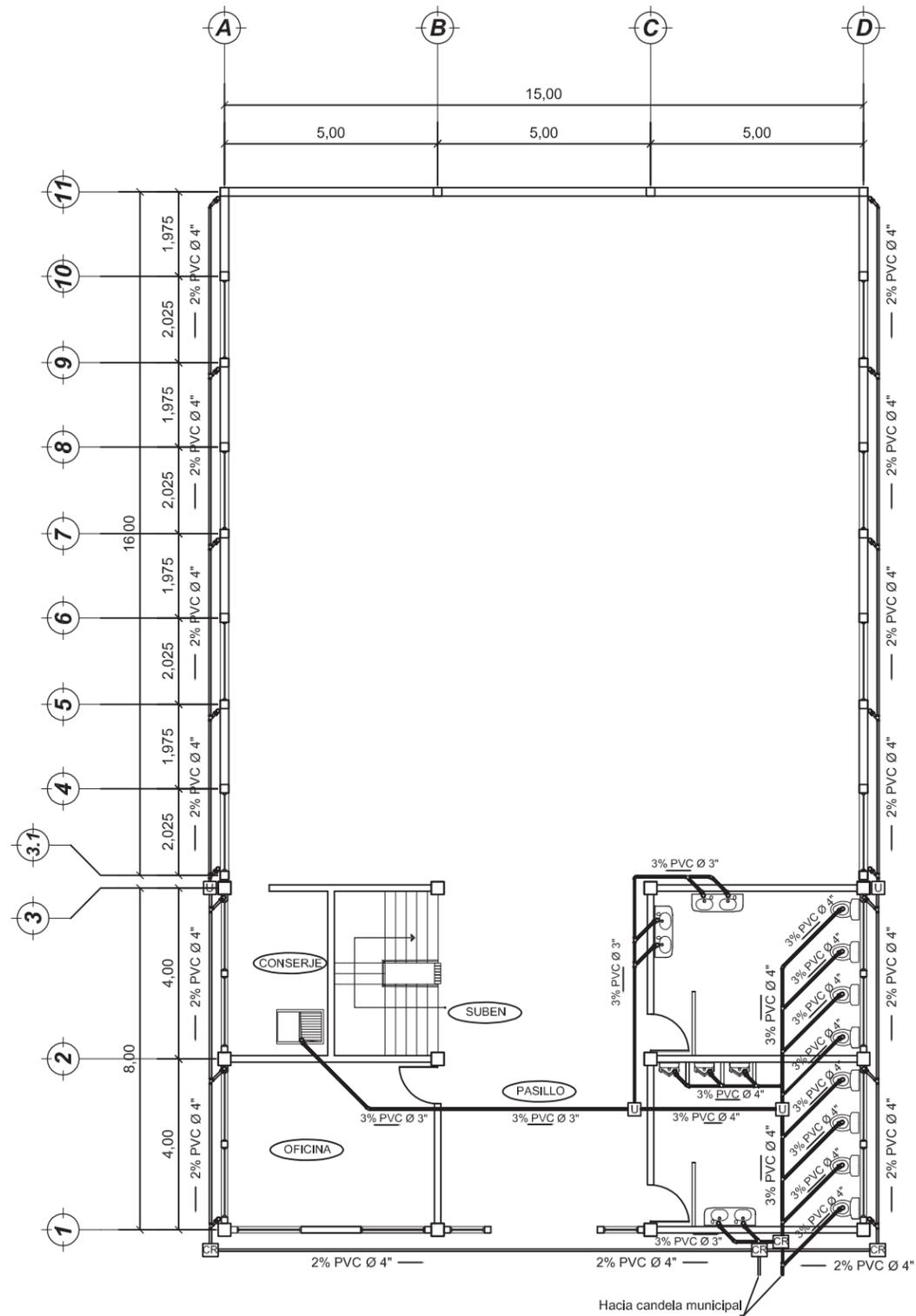
Planta de instalacion hidraulica

SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA	
Simbolo	Descripcion
	Cruz de PVC
	Tee de 90° PVC horizontal
	Codo PVC 90°
	Contador de agua de \varnothing 1" a \varnothing 1/2"
	Válvula de globo
	Válvula de compuerta
	Válvula de cheque
	Tubo PVC circuito de distribución
	Reductor PVC \varnothing 3/4" a \varnothing 1/2"
	Indica ubicación de grifo
	Codo de 90°



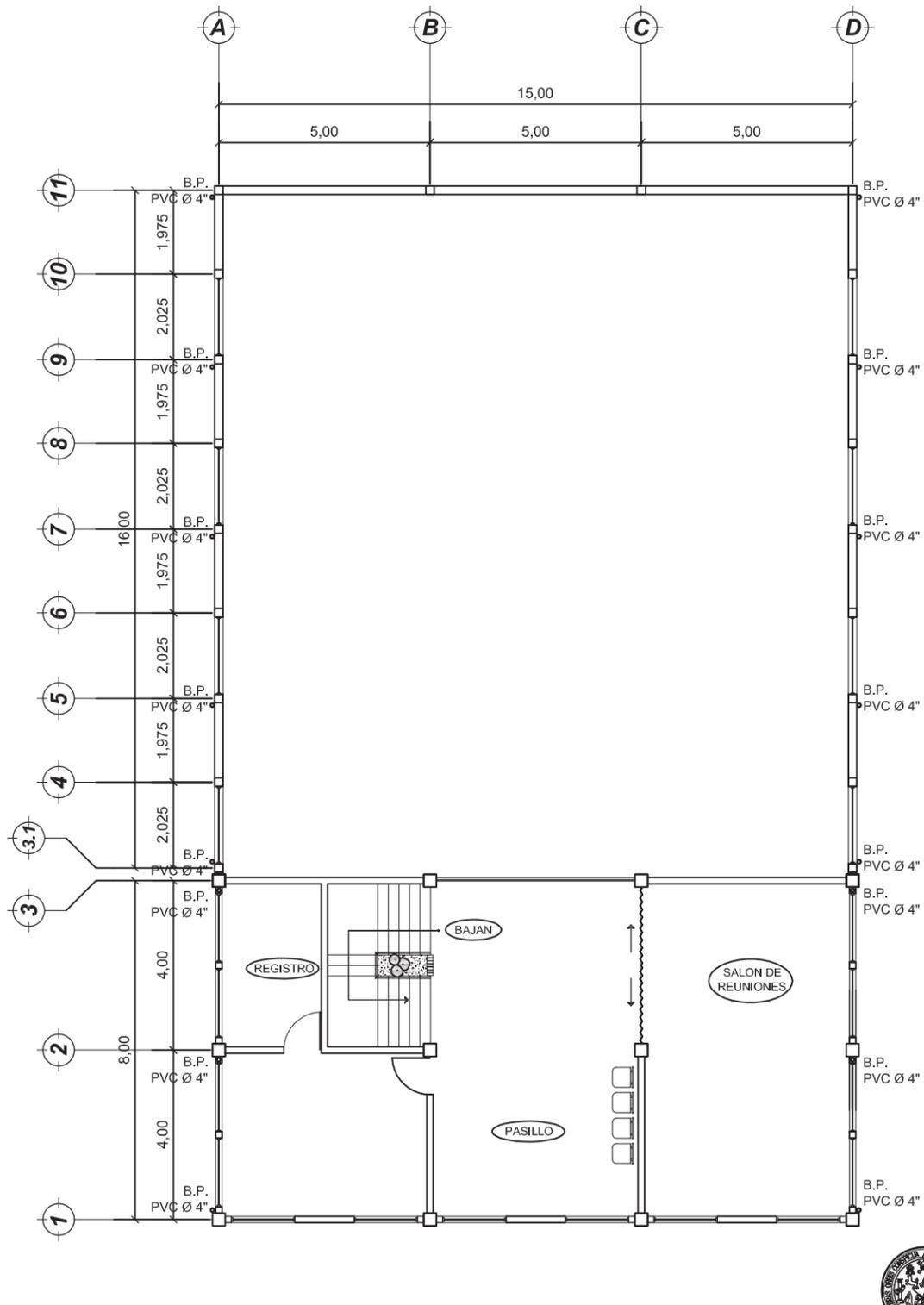
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU	MUNICIPALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPÁ	Nombre: ANGELES GARCIA
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA	Plan: ESTRUCTURAS	
Contenido: PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA	Fecha: INDICADA	
Ing. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU INGENIERO		Ing. ANGELES GARCIA ARQUITECTA
		HOJA No 12/15



Primer nivel
Esc. 1: 75

Planta de drenaje



Segundo nivel
Esc. 1: 75

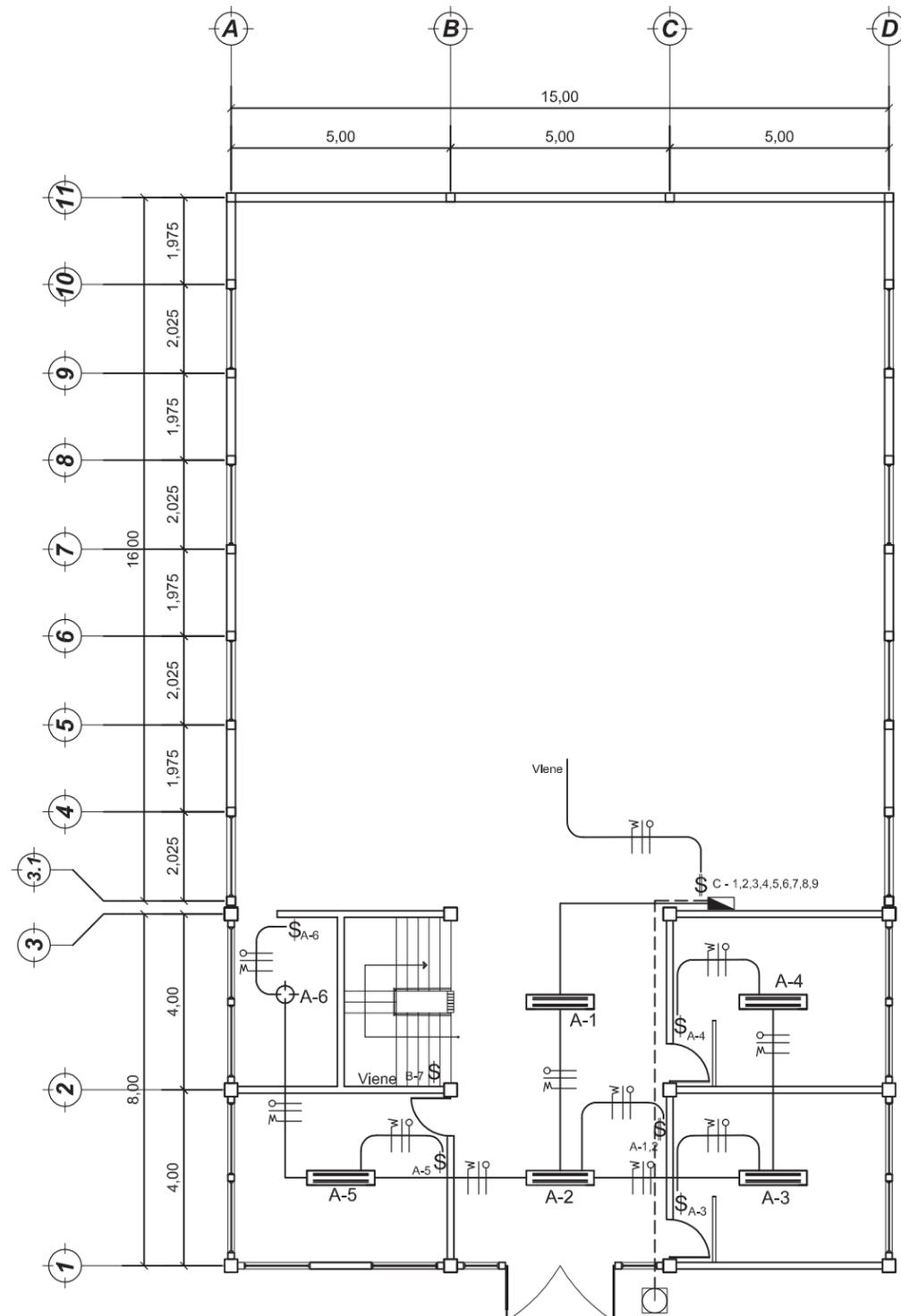
SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA

Simbolo	Descripcion
	Indica ubicación de caja
R	Caja reposadera
U	Caja unión
CG	Caja de registro
CS	Caja sifon
Pen %	Pendiente de tubería
	Tubo de drenaje de aguas negras
	Tubería aguas pluviales
	Reductor PVC
	Tee perfil
	Tee planta
	Yee
	Codo 90° horizontal
	Codo 90° vertical
	Codo 45° horizontal
B.P.	Bajada de agua pluvial

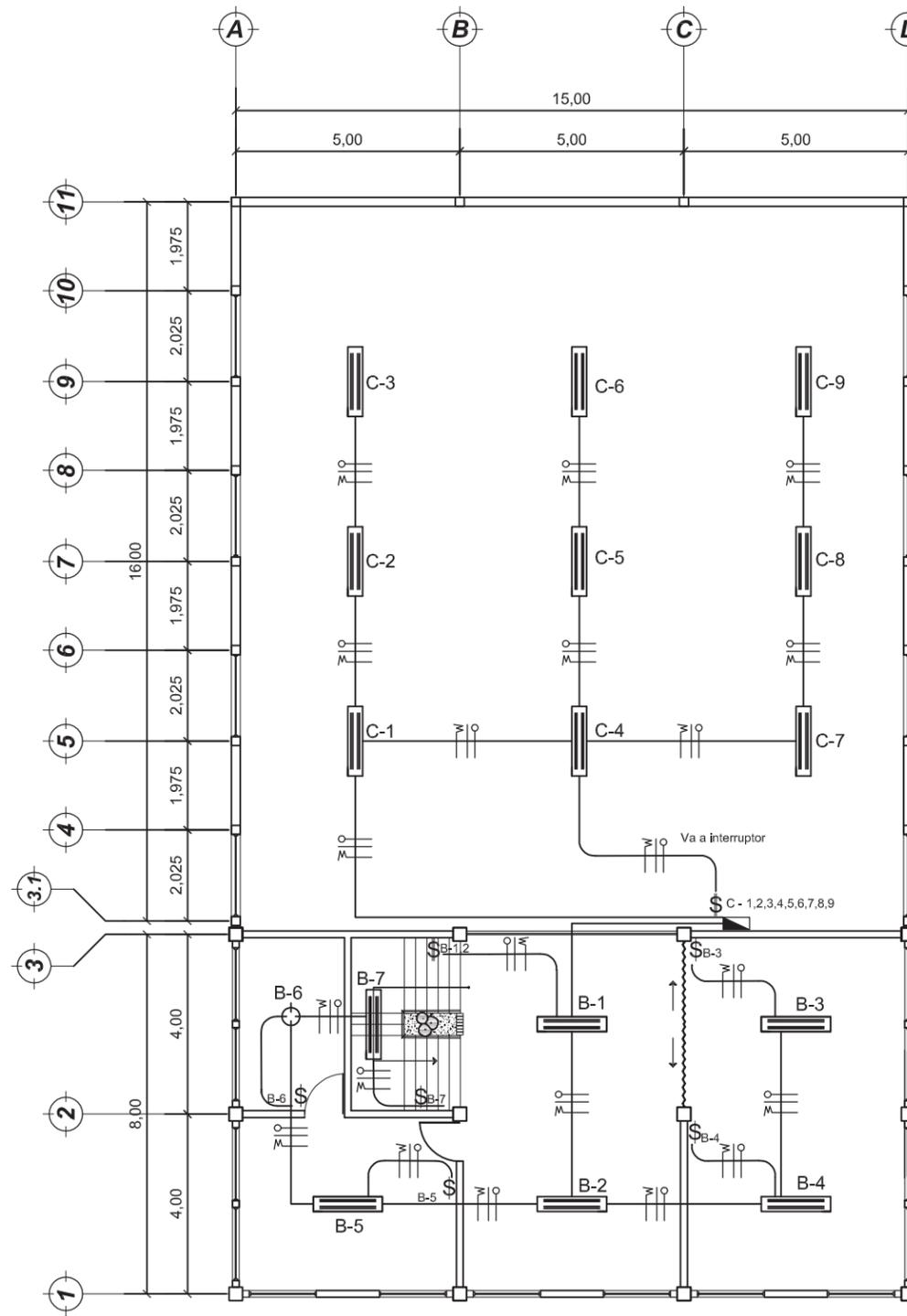


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU	Nombre: ANGELES GARCIA
Apellido: SACAHU	Apellido: GARCIA
Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA	Plan: ESTRUCTURAS
Contenido: PLANTA DE DRENAJES Y PLUVIAL	Estado: INDICADA
Ing. GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU EJEUTA	Ing. ANGELES GARCIA ASESORA



Primer nivel
Esc. 1: 75



Segundo nivel
Esc. 1: 75

Planta de iluminacion

SIMBOLOGIA DE ILUMINACION	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—+—	LINEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW ó INDIC.
—+—	LINEA VIVA CALIBRE 12 TW ó INDICADO
—o—	LINEA DE RETORNO CALIBRE 12 TW
—+—+—	CONDUCTOR PUENTE THREE WAY
—	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4" ó INDIC. EMPOTRADO EN LOSA ó EST. METALICA.
—	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4" ó INDIC. EMPOTRADO EN PISO.
—	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4" ó INDIC. EMPOTRADO EN PARED.
⌘	INTERRUPTOR DOBLE h=1,20m.
⌘	INTERRUPTOR THREE WAY h=1,20m.
⌘	INTERRUPTOR SIMPLE h=1,20m.
⌘	LAMPARA FLUORESCENTE DE 2 X 40W EN CIELO
⌘	LAMPARA INCANDESCENTE DE 75W EN CIELO
⌘	TABLERO DE DISTRIBUCION h=1,70m.
⌘	CONTADOR

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

1. Tablero de distribución de 4 circuitos 120/240 Voltios 60 ciclos c.a. carga normal de 3060W. barras 50 amperios, flujones de 20A.

Color para alambrear:

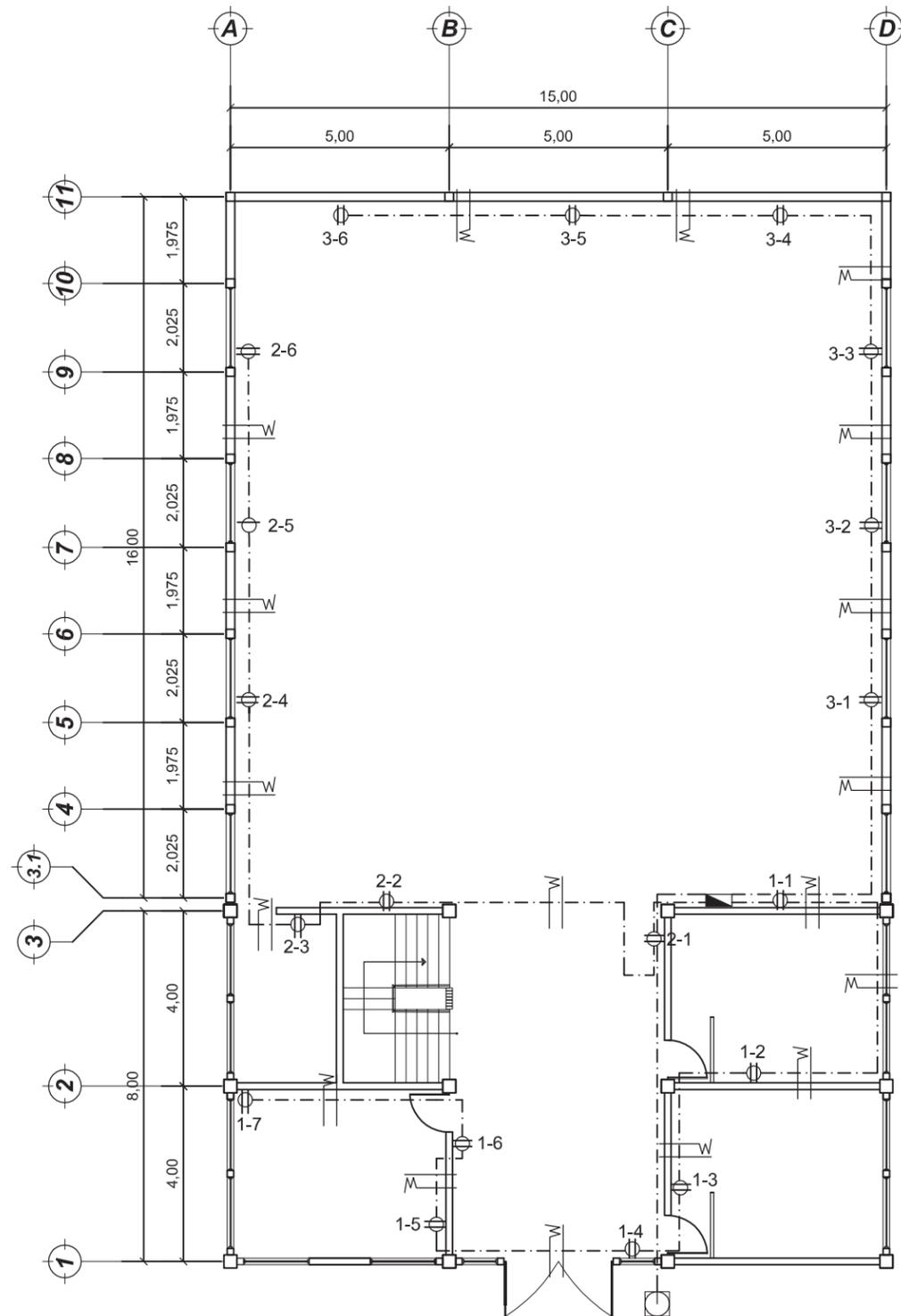
- Positivo = Rojo
- Negativo = Negro
- Retorno = Blanco

2. Tubería de acometida HG Ø 1-1/2", long. L/4m. + codo 1-1/2" 90° + accesorios de entrada.
3. Toda la tubería de iluminación será PVC eléctrico de 3/4".
4. El calibre de los conductores será THW No. 12 AWG.
5. Toda la tubería de fuerza será poliducto de 3/4".
6. Tomacorrientes Bifásico con placa de metal.
7. No colocar cajas de PVC para tomacorrientes.
8. La tubería eléctrica deberá quedar fuera de las columnas.



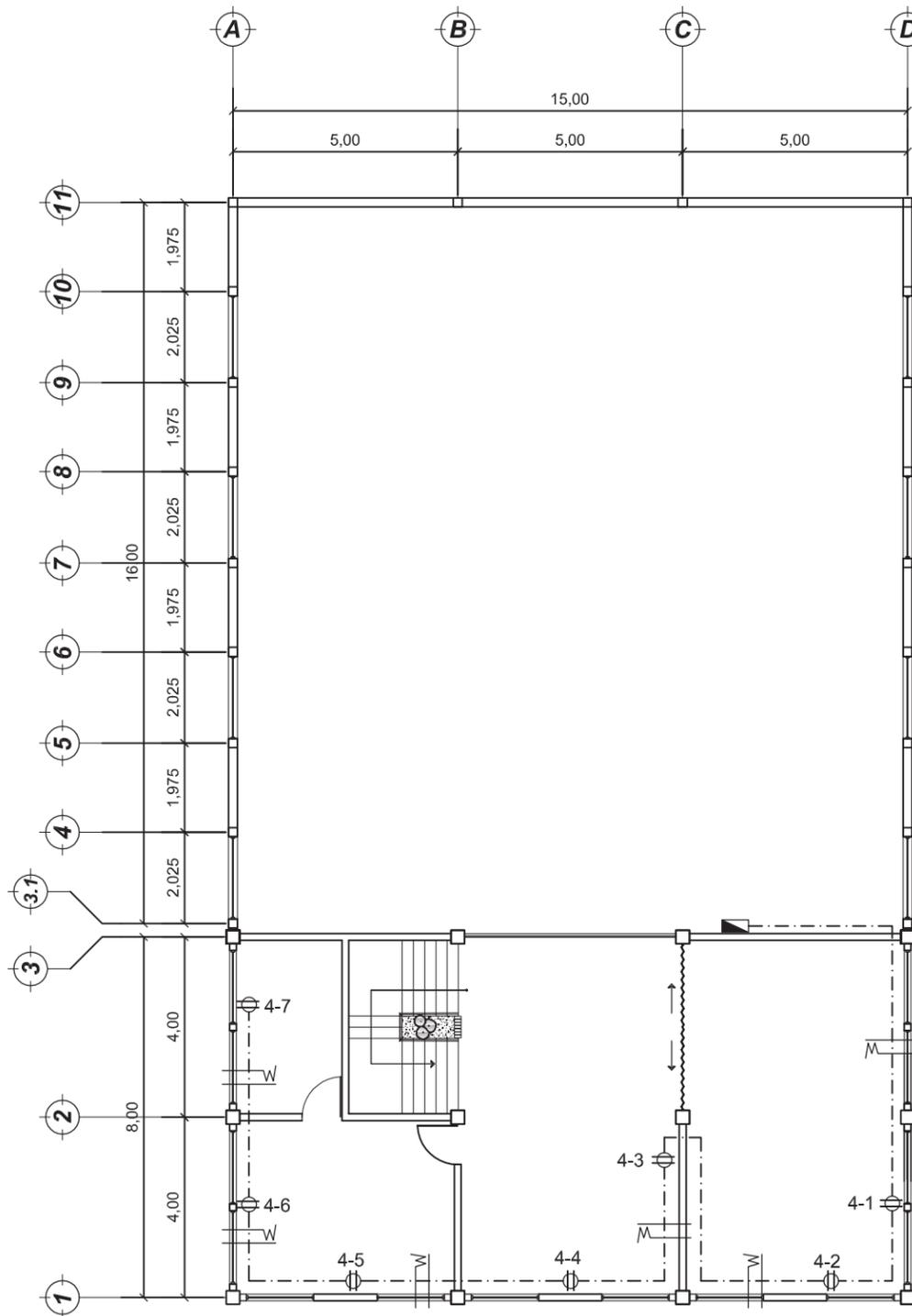
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU	MUNICIPALIDAD DE LA UNION DEPARTAMENTO DE ZACAPÁ	Nombre: ANGELES GARCIA
Apellido: SACAHU	Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA	Apellido: GARCIA
Proyecto:	Contenido: PLANTA DE ILUMINACION	Apellido: INDICADA
Apellido: SACAHU	Apellido: GARCIA	Apellido: INDICADA
Apellido: SACAHU	Apellido: GARCIA	Apellido: INDICADA



Primer nivel
Esc. 1: 75

Planta de fuerza



Segundo nivel
Esc. 1: 75

SIMBOLOGIA DE FUERZA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—w	LINEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW ó INDIC.
—+	LINEA VIVA CALIBRE 12 TW ó INDICADO
—o	LINEA DE RETORNO
—o—o—o	CONDUCTOR PUENTE THREE WAY
—	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4" ó INDIC. EMPOTRADO EN LOSA ó EST. METALICA.
—	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4" ó INDIC. EMPOTRADO EN PISO.
—	TUBO PVC ELECTRICO Ø 3/4" ó INDIC. EMPOTRADO EN PARED.
⊕	TOMACORRIENTE DOBLE 120V, h=0.30m.
⊕⊕	TOMACORRIENTE TRIPLE 120V, h=0.30m.
▶	TOMA PARA TELEFONO h=0.30 m.
o	VIENE O SUBE EXTENSION TELEFONO.
■	TABLERO DE DISTRIBUCION h=1.70m.
□	CONTADOR

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

1. Tablero de distribución de 4 circuitos 120/240 Voltios 60 ciclos c.a. carga normal de 3060W. barras 50 amperios, flippers de 20A.

Color para alambrear:

- Positivo = Rojo
- Negativo = Negro
- Retorno = Blanco

2. Tubería de acometida HG Ø 1-1/2", long. L/4m. + codo 1-1/2" 90° + accesorios de entrada.
3. Toda la tubería de iluminación será PVC eléctrico de 3/4".
4. El calibre de los conductores será THW No. 12 AWG.
5. Toda la tubería de fuerza será poliducto de 3/4".
6. Tomacorrientes Bifásico con placa de metal.
7. No colocar cajas de PVC para tomacorrientes.
8. La tubería eléctrica deberá quedar fuera de las columnas.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Nombre: GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU

MUNICIPALIDAD DE LA UNION
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Nombre: ANGELES GARCIA

Proyecto: CENTRO DE ALBERGUE PARA EVENTOS DE EMERGENCIA

Plan: ESTRUCTURAS

Contenido: PLANTA DE FUERZA

Estado: INDICADA

Hoja No. 1

GUILLERMO RAYMUNDO SACAHU
INGENIERO

ING. ANGELES GARCIA
ARQUITECTO

HOJA No.

15/15