



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI)  
PARA EL SECTOR 8 VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN  
MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

**José Alejandro Castro Alpírez**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI)  
PARA EL SECTOR 8 VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN MIGUEL  
PETAPA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ ALEJANDRO CASTRO ALPÍREZ**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## 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 EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI)  
PARA EL SECTOR 8 VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN  
MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 19 de abril de 2017.



**José Alejandro Castro Alpírez**



Guatemala, 23 de enero de 2018

Ref.EPS.DOC.33.01.18

Inga. Christa Classon de Pinto

Directora

Unidad de EPS

Facultad de Ingeniería

Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Alejandro Castro Alpírez**, Registro Académico 201122946 y CUI 2283 67662 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 - VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.**

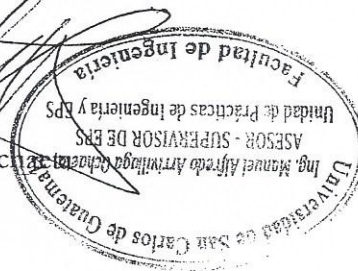
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

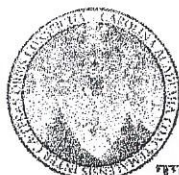
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arribillaga Ochoa  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
MAAO/ra



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
19 de febrero de 2018

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 EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Alejandro Castro Alpírez, con CUI 2283676620101 Registro Académico No. 201122946, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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,

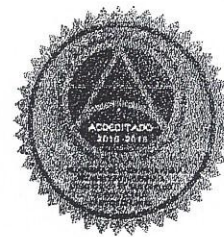
ID Y ENSEÑADA A TODOS

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

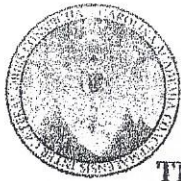


FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/mrrm.



*Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 06 de abril de 2018

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 EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Alejandro Castro Alpírez, con Registro Estudiantil No. 201122946 quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

/mrrm.



*Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua*



Guatemala, 10 de abril de 2018  
REF.EPS.D.127.03.18

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 EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Alejandro Castro Alpírez, Registro Académico 201122946 y CUI 2283 67662 0101**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

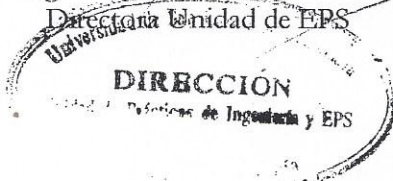
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante José Alejandro Castro Alpírez titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2018

/mrrm.

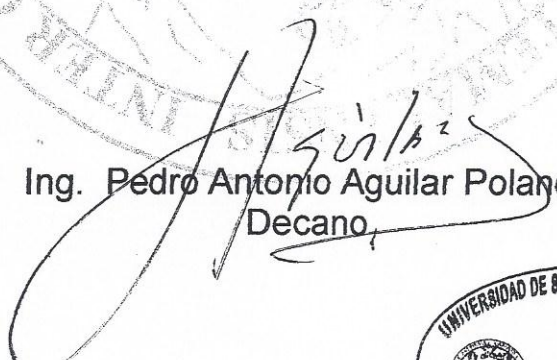
*Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua*





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 EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTO 8 VILLA HERMOSA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **José Alejandro Castro Alpírez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, mayo de 2018



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la capacidad y la sabiduría para cumplir mis metas.
- Mis padres** Manuel Castro y Olga Alpírez, por haberme dado la vida y la oportunidad de estudiar una licenciatura, pero sobre todo por guiarme, creer en mi capacidad y darme su amor incondicional.
- Mis hermanos** Héctor Manuel, Ana Lucía e Inés María Castro Alpírez, por darme su amor y apoyarme en todo momento durante el desarrollo de mi carrera.
- Mis abuelos** Adela Aguirre, por su amor incondicional, Luz Reyna (q. e. d. e.), Héctor Reyna (q. e. d. p), Manuel Castro (q. e. d. e.), por ser los ángeles que me cuidan.
- Mi familia** Tíos, primos, sobrinos y cuñados, por brindarme su cariño y siempre estar ahí.
- Mi prometida** Paula Valdez, por darme su amor, apoyarme incondicionalmente hasta el final, aconsejarme y motivarme para salir adelante.

**Mis amigos**

Por todas las alegrías y momentos compartidos  
en el trayecto universitario.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	<i>Alma mater</i> que me abrió las puertas para poder desarrollar una carrera universitaria.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haberme entregado el conocimiento que me servirá para desarrollarme, tanto como persona como laboralmente.
<b>Ing. Manuel Arrivillaga</b>	Por compartir su conocimiento y su apoyo incondicional en el desarrollo de mi trabajo de graduación.
<b>Municipalidad de San Miguel Petapa</b>	Por haberme permitido realizar mis proyectos de graduación y por los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de mi Ejercicio Profesional Supervisado.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa .....	1
1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos de infraestructura del municipio de San Miguel Petapa.....	9
1.2.1. Descripción de las necesidades de Santa Inés y del Sector 8 de Villa Hermosa .....	9
1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades.....	9
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA .....	11
2.1. Descripción general del proyecto .....	11
2.2. Levantamiento topográfico .....	12
2.3. Partes de un alcantarillado .....	14
2.4. Período de diseño .....	16
2.5. Población futura.....	16
2.6. Determinación de caudales .....	17

2.7.	Fundamentos hidráulicos .....	24
2.7.1.	Ecuación de Manning para flujo de canales .....	25
2.7.2.	Relaciones hidráulicas: .....	26
2.8.	Parámetros de diseño hidráulico .....	27
2.9.	Desfogue .....	40
2.10.	Ubicación .....	40
2.11.	Propuesta de tratamiento .....	40
2.12.	Administración, operación y mantenimiento .....	40
2.13.	Elaboración de planos .....	44
2.14.	Elaboración de presupuesto .....	44
2.15.	Evaluación ambiental .....	46
3.	DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA. ....	47
3.1.	Descripción general del proyecto .....	47
3.2.	Descripción del área disponible .....	48
3.3.	Estudio de suelos .....	48
3.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo .....	49
3.4.	Selección del sistema estructural a utilizar .....	53
3.4.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales .....	53
3.4.2.	Cargas de diseño según AGIES .....	59
3.4.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles ...	62
3.4.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles .....	69
3.4.2.3.	Fuerzas sísmicas .....	69
3.4.2.4.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos .....	84

3.4.2.5.	Análisis de marcos dúctiles por un método de análisis estructural numérico y comprobación por medio de software .....	84
3.4.2.6.	Diagrama de corte y momento.....	104
3.4.2.7.	Envolvente de momentos .....	107
3.4.2.8.	Diagramas de corte .....	110
3.4.3.	Diseño de losas .....	115
3.4.4.	Diseño de vigas .....	129
3.4.5.	Diseño de columnas .....	139
3.4.6.	Diseño de gradas.....	162
3.4.7.	Diseño de cimientos .....	168
3.4.8.	Diseño de instalaciones eléctricas.....	178
3.4.9.	Diseño de instalaciones hidráulicas, sanitarias y pluviales.....	180
3.4.9.1.	Instalaciones hidráulicas.....	180
3.4.9.2.	Instalaciones sanitarias .....	183
3.4.9.3.	Instalaciones pluviales.....	185
3.5.	Planos constructivos.....	187
3.6.	Elaboración de presupuesto .....	187
CONCLUSIONES .....		191
RECOMENDACIONES.....		193
BIBLIOGRAFÍA.....		195
APÉNDICES .....		197





# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Macrolocalización, República de Guatemala .....	2
2.	Microlocalización, municipio de San Miguel Petapa, Guatemala .....	3
3.	Ubicación del sistema de alcantarillado sanitario .....	5
4.	Ubicación del edificio para el Centro de Atención Integral .....	6
5.	Conexión domiciliar .....	34
6.	Distribución de losas en planta, primer nivel. ....	56
7.	Distribución de losas en planta, segundo nivel. ....	57
8.	Zapata cuadrada predimensionada.....	59
9.	Áreas tributarias en vigas para los ejes D y 3, primer nivel.....	60
10.	Áreas tributarias en vigas para los ejes D y 3, segundo nivel .....	61
11.	Área tributaria para columna crítica .....	61
12.	Elevación marco típico, eje en dirección X.....	62
13.	Elevación marco típico, eje en dirección Y .....	63
14.	Elevación marco típico, carga muerta eje D.....	67
15.	Elevación marco típico, carga viva eje D.....	67
16.	Elevación marco típico, carga muerta eje 3 .....	68
17.	Elevación marco típico, carga viva eje 3 .....	68
18.	Elevación marco típico eje X para fuerza sísmica.....	83
19.	Elevación marco típico eje Y para fuerza sísmica.....	84
20.	Marco típico del eje D carga muerta.....	87
21.	Diagrama de momento de carga muerta, marco D en el sentido X (kg-m) .....	103

22.	Diagrama de momento de carga viva, marco D en el sentido Y (kg-m) .....	103
23.	Diagrama de momentos en vigas carga muerta, marco D (kg-m) .....	104
24.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta, marco D (kg-m) .....	105
25.	Diagrama de momentos en vigas carga viva, marco D (kg-m) .....	105
26.	Diagrama de momentos en columnas carga viva, marco D (kg-m) ....	106
27.	Diagrama de momentos en vigas carga de sismo, marco D (kg-m) ...	106
28.	Diagrama de momentos en columnas carga de sismo, marco D (kg-m) .....	107
29.	Envolvente de momentos para vigas, marco D (kg-m) .....	109
30.	Envolvente de momentos para columnas, marco D (kg-m) .....	110
31.	Diagrama de cortante último en vigas, marco D (kg) .....	114
32.	Diagrama de cortante último en columnas, marco D (kg) .....	114
33.	Losas y casos para el segundo nivel .....	116
34.	Losas y casos para el primer nivel.....	116
35.	Distribución de momentos en losas del primer nivel .....	120
36.	Distribución de momentos finales en losas del primer nivel.....	122
37.	Diagrama de corte en viga F-G.....	136
38.	Sección de armado de viga .....	138
39.	Perfil de detalle de armado de viga.....	139
40.	Sección, detalle de armado de columna .....	160
41.	Perfil, detalle de armado de columna.....	161
42.	Dimensiones de la escalera .....	164
43.	Detalle del armado de la escalera.....	168
44.	Planta, armado de zapata concéntrica.....	177
45.	Perfil, detalle de armado de zapata concéntrica .....	177
46.	Diagrama de interacción .....	205
47.	Coeficientes para momentos negativos para losas.....	206

48.	Coeficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas .....	207
49.	Coeficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas .....	208
50.	Resultados de laboratorio del estudio de suelos realizado a la muestra extraída para proyecto en el sector 8 de Villa Hermosa.....	209
51.	Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular .....	210
52.	Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular .....	211
53.	Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular .....	212
54.	Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular .....	213
55.	Coeficientes de sitio Fa, Fv.....	214
56.	Factores Na, Nv (períodos cortos y largos de vibración).....	214
57.	Fe de erratas de código AGIES .....	215

## TABLAS

I.	Datos meteorológicos de San Miguel Petapa .....	6
II.	Especificaciones hidráulicas .....	27
III.	Coeficiente de rugosidad n para diversos materiales.....	28
IV.	Ancho libre de zanjas, según profundidad y diámetro de tubería, ancho de zanja (cm).....	31
V.	Presupuesto del alcantarillado sanitario.....	45
VI.	Resultados de ensayo de compresión triaxial .....	49
VII.	Parámetros de corte.....	49
VIII.	Valor soporte permisible, según tipo de suelo.....	52

IX.	Carga viva aplicada a marcos estructurales .....	59
X.	Carga viva aplicada a marcos estructurales .....	60
XI.	Determinación de la fuerza cortante por nivel.....	76
XII.	Fuerzas sísmicas por marco.....	76
XIII.	Cálculo del corte por torsión, segundo nivel eje x.....	81
XIV.	Cálculo del corte por torsión, segundo nivel eje y.....	81
XV.	Cálculo del corte por torsión, primer nivel eje x .....	82
XVI.	Cálculo del corte por torsión, primer nivel eje y .....	82
XVII.	Rigideces para columnas y vigas del marco típico D en dirección X. ...	92
XVIII.	Factores de giro para columnas y vigas de marco típico D en dirección X .....	93
XIX.	Momentos finales para carga muerta, para marco típico D en dirección X (kg-m).....	98
XX.	Momentos finales para carga viva, para marco típico D en dirección X (kg-m) .....	99
XXI.	Momentos finales para carga sísmica, para marco típico D en dirección X (kg-m).....	101
XXII.	Comparación de resultados entre Método de Kani con ETABS .....	102
XXIII.	Espaciamientos de refuerzo a flexión en losas del primer nivel en sentido X.....	125
XXIV.	Espaciamientos de refuerzo a flexión en losas del primer nivel en sentido Y .....	126
XXV.	Unidades de gasto para tuberías de distribución .....	181
XXVI.	Gastos probables para el método de Hunter (lt/s) .....	182
XXVII.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples.....	183
XXVIII.	Unidades de descarga y diámetro en derivaciones simples y sifones de descarga.....	
XXIX.	Presupuesto para edificio municipal (CAI) .....	188

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Área de la tubería (en caso a/A) expresada en m <sup>2</sup>
<b>a</b>	Área que ocupa el tirante hidráulico en la tubería expresada en m <sup>2</sup>
<b>b</b>	Base
<b>Q</b>	Caudal a sección llena en tuberías expresado en m <sup>3</sup> /s
<b>qdis</b>	Caudal de diseño
<b>Pu</b>	Carga axial
<b>Pc</b>	Carga crítica de Euler
<b>W</b>	Carga distribuida
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CV</b>	Carga viva
<b>cm</b>	Centímetro
<b>Cm</b>	Centro de masa
<b>Cr</b>	Centro de rigidez
<b>pb</b>	Cuantía de acero balanceada
<b>Cs</b>	Coefficiente sísmico al límite de cedencia
<b>Vb</b>	Corte basal
<b>C</b>	Coefficiente de escorrentía superficial
<b>n</b>	Coefficiente de rugosidad
<b>Df</b>	Desplante de cimentación
<b>Ø</b>	Diámetro
<b>D</b>	Diámetro de la tubería expresada en metros

<b>Dist</b>	Distancia
<b>E</b>	Esbeltez
<b>V<sub>c</sub></b>	Esfuerzo cortante del concreto
<b>V</b>	Esfuerzo de corte
<b>V<sub>n</sub></b>	Esfuerzo cortante nominal
<b>V<sub>u</sub></b>	Esfuerzo cortante último
<b>Est</b>	Estación
<b>e</b>	Excentricidad
<b>FH</b>	Factor de Harmond
<b>FCU</b>	Factor de carga última
<b>Hab</b>	Habitantes
<b>I</b>	Inercia
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>L/hab/día</b>	Litros por habitante día
<b>L</b>	Longitud
<b>L<sub>o</sub></b>	Longitud de confinamiento en columnas
<b>PVC</b>	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
<b>Máx</b>	Máxima
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros al cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>Min</b>	Mínima
<b>E<sub>c</sub></b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b>M</b>	Momento
<b>M<sub>b</sub></b>	Momento balanceado
<b>M<sub>u</sub></b>	Momento último
<b>γ<sub>s</sub></b>	Peso específico del suelo

<b><math>\gamma_c</math></b>	Peso volumétrico del concreto
<b>rec</b>	Recubrimiento
<b>m</b>	Relación lado corto / lado largo en losas
<b>Vs</b>	Resistencia a corte debido al refuerzo
<b>f'c</b>	Resistencia última del concreto
<b>fy</b>	Resistencia a la fluencia del acero
<b>K</b>	Rigidez
<b>S</b>	Pendiente
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje
<b>P</b>	Población
<b>PV</b>	Pozo de visita
<b>PU</b>	Precio unitario
<b>R</b>	Radio
<b>Rh</b>	Radio hidráulico
<b>a/A</b>	Relación de área de flujo / área a sección llena
<b>q/Q</b>	Relación de caudal / caudal a sección llena
<b>d/D</b>	Relación de profundidad de flujo / profundidad a sección llena
<b>v/V</b>	Relación de velocidad de fluidos / velocidad a sección llena
<b>r</b>	Tasa de crecimiento de la población, expresado en porcentaje
<b>U</b>	Unidad
<b>V</b>	Velocidad a sección llena de la tubería expresada en m/s
<b>v</b>	Velocidad del flujo en la tubería expresada en m/s
<b>Ton</b>	Toneladas
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo





## GLOSARIO

<b>ACI</b>	American Concrete Institute.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>Aguas negras</b>	Es el agua que ha sido utilizada en actividades comerciales, domésticas o industriales.
<b>Candela</b>	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce estas al colector principal dentro del sistema de alcantarillado.
<b>Carga axial</b>	Es una carga que actúa directamente sobre el centro axial de un objeto en la dirección paralela al eje del objeto.
<b>Carga muerta</b>	Son aquellas cargas que permanecen actuando durante toda la vida de la estructura.
<b>Carga viva</b>	Son las cargas producidas por el uso y la ocupación de la estructura.

<b>Carga de sismo</b>	Es producida durante un movimiento telúrico y se estima a través del método estático equivalente, el cual asume y simplifica la estructura tridimensional en masas ubicadas aproximadamente a la altura de las losas en la edificación.
<b>Caudal de diseño</b>	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un tramo de alcantarillado.
<b>Cocode</b>	Consejo Comunal de Desarrollo.
<b>Concreto</b>	Es el material utilizado para fundir el refuerzo de la mampostería, logrando que este trabaje eficientemente. Se forma a base de arena, pedrín y agua.
<b>Corte basal</b>	Se define como la fuerza lateral total aplicada en la base del edificio.
<b>Conexión</b>	Tubería que conduce las aguas negras desde el domiciliar interior de la vivienda hasta la candela.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente dentro de un poblado.

<b>Excentricidad</b>	Se produce cuando el centro de masa no coincide con el centro de rigidez, produciendo de esta manera esfuerzos adicionales por torsión.
<b>Formula de Manning</b>	Fórmula para determinar la velocidad de un flujo en canal abierto.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>Mampostería</b>	Es la resistencia que ejerce el mortero, la mano de obra y el <i>block</i> ; también se les llama materiales mampuestos.
<b>Mortero</b>	Es una mezcla con materiales aglomerantes utilizada para unir las unidades de mampostería.
<b>Pozo de visita</b>	Es un elemento fundamental en sistemas de alcantarillado, ya que sirve para darle mantenimiento constante a la red de tubería.



## **RESUMEN**

El presente informe es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la Municipalidad de San Miguel Petapa, Departamento de Guatemala. Luego de haber realizado los estudios de infraestructura dentro de la población, con la ayuda de los Cocodes, se determinó darle prioridad a la infraestructura educativa y al adecuado manejo de aguas residuales.

En el sector 8 de Villa Hermosa se planteó el diseño de un edificio de dos niveles para el Centro de Atención Integral, que llenará los requerimientos de la población, brindando una mayor atención y educación a los niños con necesidad. Esto porque en la actualidad muchos niños sufren de falta de apoyo por parte de los padres, lo que conlleva que en el futuro el niño pueda verse afectado con bajo rendimiento académico o, en otros casos, con la delincuencia.

En las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés se diseñó la red de alcantarillado sanitario, debido a que la necesidad de la población era poder tener un adecuado manejo de las aguas residuales en el sector. A consecuencia de no contar con un sistema de alcantarillado, el índice de enfermedades gastrointestinales es elevado. Por lo que el diseño de este proyecto brindará una mejor calidad de vida a los pobladores.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Dar solución adecuada a la elaboración de proyectos de infraestructura dentro del municipio de San Miguel Petapa, por medio del diseño de un alcantarillado sanitario para las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés, y realizar el diseño de un edificio para el Centro de Atención Integral para el sector 8 de Villa Hermosa.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación monográfica del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala.
2. Realizar el diseño estructural para poder satisfacer las necesidades de infraestructura que atraviesa el sector 8 de Villa Hermosa y llevar a cabo la realización de planos y presupuestos.
3. Brindar las herramientas necesarias para poder solucionar la problemática que atraviesan las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés, debido a la falta de manejo de aguas residuales en el sector, y llevar a cabo la realización de los planos y presupuestos.
4. Contribuir con la población de las colonias Santa Inés, Portal de Santa Inés y el sector 8 de Villa Hermosa, brindando capacitaciones sobre la



operación y mantenimiento, para que tengan un mejor funcionamiento y un mayor período de vida.

## INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería tiene como propósito brindarle un servicio técnico y profesional a las distintas entidades que existen en el país, sin lucro alguno. Este ejercicio profesional está directamente enfocado en ayudar y sobre todo satisfacer las necesidades de la sociedad que lo necesite, dando el apoyo necesario para que el estudiante con cierre de *pensum* pueda brindar un servicio, según los conocimientos adquiridos en clase llevándolos al ámbito de la práctica.

Según los estudios realizados por la Dirección Municipal de Planificación (DMP), se priorizaron los proyectos de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés, y el diseño de un edificio para el Centro de Atención Integral (CAI) en el sector 8 de Villa Hermosa, ambos en la jurisdicción del Municipio de San Miguel Petapa, Guatemala. Para poder llevar a cabo los proyectos priorizados es de suma importancia desarrollar una planificación adecuada, que incluya los requerimientos básicos para satisfacer las necesidades de cada población. Dentro del informe se especifica cada uno de los procesos que se deberá emplear para llegar a tener una buena planificación y diseño de los proyectos en mención.

En el presente informe se hace mención de la justificación de los problemas y necesidades que atraviesa cada sector, así como del marco teórico, hipótesis y objetivos que se deben alcanzar con la realización de los proyectos asignados. También se incluye el índice general del trabajo de

graduación, el método a emplear y la bibliografía utilizada como soporte técnico y planificación de los proyectos. Por lo tanto, y con base en lo anteriormente expuesto, se tomaron en consideración aspectos como el socioeconómico y cultural. Esto para poder darle solución a la problemática y desarrollar los proyectos asignados en el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa

El municipio de San Miguel Petapa, a lo largo de su historia, ha dejado un legado importante que en los últimos diez años ha experimentado un desarrollo económico y social bastante acelerado, fundamentalmente por el incremento en la construcción de vivienda familiar, industria y comercio. Por eso es útil la tarea de realizar un estudio de la monografía para resaltar el entorno físico, económico, social, político, cultural, tecnológico, ambiental y productivo.

Según Acuerdo Gubernativo del 3 de junio de 1912, punto 2, se formó el municipio de San Miguel Petapa. El nombre Petapa viene de la reunión de dos palabras indígenas, 'pet', que significa estera y 'thap', que quiere decir agua (la voz correcta sería 'atl'), porque siendo una estera la que la forma, principalmente la cama de los indios, el nombre de Petapa propiamente dicho quiere decir cama de agua, en razón de que el agua del lago está llana, mansa y quieta.

- Ubicación

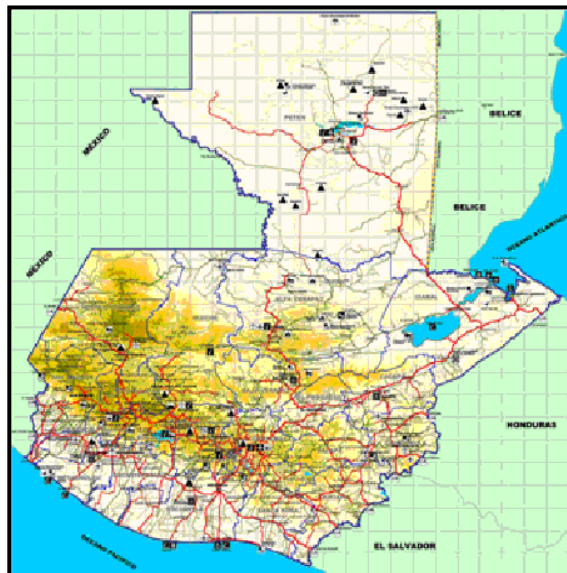
El municipio de San Miguel Petapa es el más pequeño del departamento de Guatemala. Está ubicado al suroriente de la capital, dentro de los 14 grados 30 min de latitud norte y 90 grados 33 min de longitud oeste. Se localiza en la latitud 14° 30' 06" y en la longitud 90° 33' 37". Limita al norte con el municipio de Villa Nueva (Guatemala), al sur con el lago de Amatitlán (Guatemala), al este

con el municipio de Villa Canales (Guatemala) y al oeste con el municipio de Villa Nueva (Guatemala).

- Localización

El Municipio de San Miguel Petapa se encuentra situado en la parte sur del Departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se encuentra a una distancia de 20 kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala. La municipalidad es de cuarta categoría y cuenta con un pueblo, la Aldea Santa Inés Petapa y 2 caseríos. Cuenta con una extensión territorial de 24,64 kilómetros cuadrados, además se encuentra a una altitud de 1,277 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. **Macrolocalización, República de Guatemala**



Fuente: *Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Miguel Petapa, Guatemala.* <http://munisanmiguelpetapa.gob.gt/files/numeral-1-al-5.pdf>. Consulta: 26 de marzo de 2017.

Figura 2. **Microlocalización, municipio de San Miguel Petapa, Guatemala**



Fuente: *Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Miguel Petapa, Guatemala.* <http://munisanmiguelpetapa.gob.gt/files/numeral-1-al-5.pdf>. Consulta: 26 de marzo de 2017.

- División política

Es la división urbana y rural, en fincas, lotificaciones, aldeas, cantones, caseríos, colonias, condominios, residenciales, parajes, cerros y granjas. Según datos obtenidos de la Dirección Municipal de Planificación del año 2015, la división política queda establecida de la siguiente manera:

- Aldeas: Santa Inés.
- Caseríos: Galiz, Callejón Galiz, El cerro, El Encinal, El frutal.  
Colonias: Exclusivas Villas de Petapa, Villas de Petapa, Villas Alboradas 1, 2, 3 y 4, El deseo, El Centenario, Israel, Santa

Teresita 5, Portal de Santa Inés, Semillas de Paz, Los Álamos, Aguilar Hernández, Villa Hermosa, Prados de Villa Hermosa, Brisas de Gerona 1,2 y 3, San Antonio, El Bosque, Cendisto, Santa Teresita 04, Israel Poniente, Papalha, El Cortijo, Santa Teresita 2, Villas de Santiago, Las Margaritas, San José, Luisa Alejandra 1y 2, El Rosario, Ribera del Río.

Condominios: Las Joyas, Santa Inés, Quebradas de San Miguel, Los Alamitos, Villas de Málaga, Llanuba, La castellana, Los Arcos.

○

Residenciales: Valles de San Miguel, Los Eucaliptos, Los Pinos, Casuarinas, Sol de los Álamos, Prados de los Álamos, Villas de los Alamos, Jardín de los Álamos, Los Nuevos Alamos 1, 2, 3, Las rosas, Esmeralda 1, 2, Petapa 1, 2, Fuentes del Valle 1, Altos de Fuentes del Valle 1, 2, Cañadas de Petapa, Alcázar. Prados de San Miguel 1, 2, 3, Gerona, Rincón Oriental, Villas de San Lázaro, San Miguel, Villas de Guillén, Valles de Petapa, Valles de María, Prados de Sur, Valles de San Miguel, Cañadas de Río, Jardines de la Mansión.

○

Parajes: Las Palmas, Puente Piloto, Taltic, Zamora, Playa de Oro.

○

Fincas: El Nilo, El Carmen Guillén, El Tempisque, El Zare, Bebedero, San Mateo, La Voladora, Ajial, Sauzal, La Majada o la Cerra, Guayabon.

○

Lotificaciones: Los Álamos.

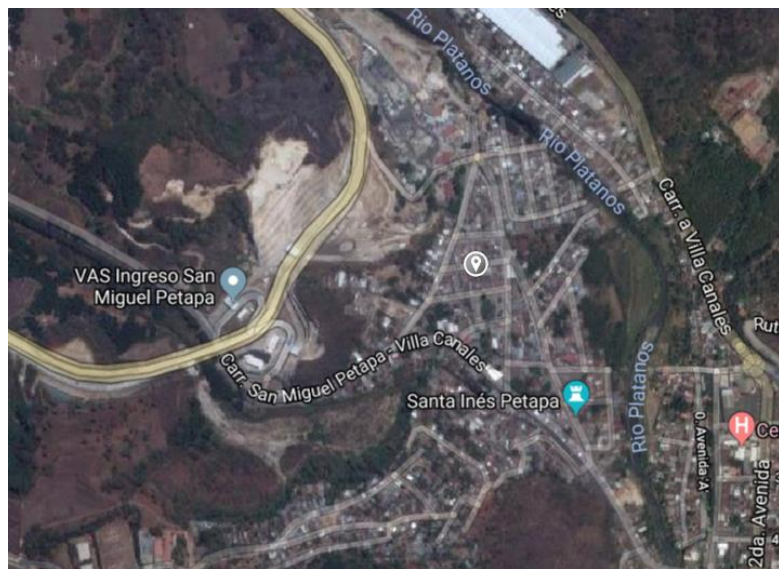
○

Granjas: Gerona, Las Joyas.

- Cerros: Cerro Gordo.
- Ubicación de los proyectos

El sistema de alcantarillado se ubica en Santa Inés Petapa y el edificio se ubica en el sector 8 de Villa Hermosa 1, municipio de San Miguel Petapa.

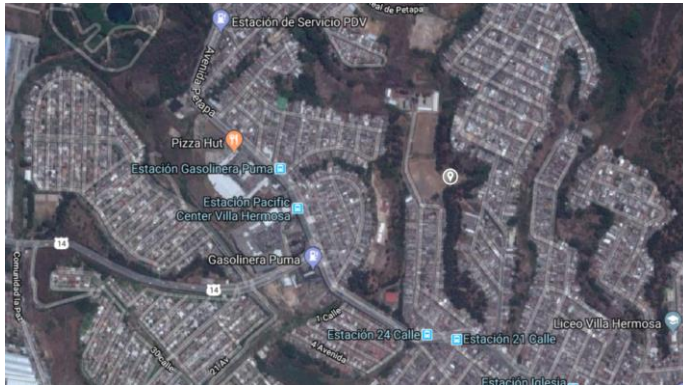
Figura 3. **Ubicación de sistema de alcantarillado sanitario**



Fuente: Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Miguel Petapa, Guatemala.



Figura 4. **Ubicación de edificio para el Centro de Atención Integral**



Fuente: Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Miguel Petapa, Guatemala.

- **Clima**

Su clima es templado y agradable. Se acentúan durante el año dos estaciones: época seca o verano, con sofocantes calores que recuerdan la costa, y época lluviosa o invierno, con sus copiosas lluvias durante los meses de mayo a octubre. A continuación se presenta una serie de datos meteorológicos del municipio:

Tabla I. **Datos meteorológicos de San Miguel Petapa**

<b>Localidad</b>	<b>San Miguel Petapa</b>
Elevación (msnm)	1 260
Temperaturas (Max - Min) C°	26,3 – 16,4
Absolutas Max - Min	33,0 – 8,0
Precipitación (Milímetros)	1093,7
Brillo solar Total/Hrs/Promedio Mes	-99
Humedad Relativa (en %)	-99
Velocidad del viento (Kms/hr)	-99
Evaporación (Milímetros)	-99

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e hidrología (INSIVUMEH).

- Producción agrícola

Actualmente, en el municipio de San Miguel Petapa la capacidad productiva se basa en actividades industriales, comerciales y agrícolas, como el cultivo de maíz, frijol, café, frutas, caña de azúcar, tabaco, repollo, tomate, cebolla, pepino, berros, patatas, melón, güisquil y sandía. Las actividades de agricultura para fines comerciales en pequeña y mediana escala en San Miguel Petapa se dan en Playa de Oro, con el cultivo del banano con un volumen de producción del 100 % aproximadamente, con una asociación comercial agrícola independiente.

- Aspectos de infraestructura

En el municipio de San Miguel Petapa únicamente el 83,56 % tiene acceso al servicio de agua potable, un 56,13 % tiene acceso a servicios sanitarios básicos, y un 97,45 % de la población cuenta con alumbrado eléctrico. En cuanto a la infraestructura para educación, en el municipio de San Miguel Petapa se cuenta con 21 centros educativos de nivel primario, 3 centros educativos de nivel básico y 18 centros educativos de nivel preprimario, asimismo se cuenta únicamente con un centro de salud ubicado en la cabecera municipal y un puesto de salud ubicado en Villa Hermosa.

- Población

Según el censo realizado por el INE en el 2002, la población era de 111,389 habitantes, el 6,9 % en área rural y un 93,1 % en el área urbana, con un porcentaje de 6,3 % de población indígena y con una proyección de 181,704 habitantes para el 2014.

- Vías de acceso

El acceso al municipio de San Miguel Petapa se puede realizar a través de tres puntos: por medio de la carretera interoceánica CA-9 al sur, pasando por el Municipio de Villa Nueva, por la carretera interdepartamental, que parte del Obelisco hasta llegar al Municipio de Villa Canales y de ahí hacia San Miguel Petapa, que dista 4 kilómetros al Noreste, y el tercer acceso que inicia desde El Trébol hasta el Parque de San Miguel Petapa, siendo esta la razón por la cual a esta avenida se le dio el nombre de Avenida Petapa.

- Servicios públicos

El municipio de San Miguel Petapa cuenta con los servicios básicos de agua potable, sanitario y drenajes, recolección de basura, electricidad, cable tv, puestos de salud, mercado, supermercados y transporte público.

- Organización comunitaria

En San Miguel Petapa las comunidades se han organizado y a la fecha existen seis Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE), los que pertenecen a igual número de comunidades, los cuales facilitan la gestión de proyectos. Los temas que más se tratan son los que se refieren a mejoramiento de los sistemas de agua potable, drenajes, caminos, muros de contención y vivienda. Estas organizaciones comunitarias se encuentran en los siguientes lugares poblados: Paraje Las Palmas, Portal Santa Inés, Comunidad la Paz, colonia Cendist, Área Rural y Brisas de Gerona.

## **1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos de infraestructura del municipio de San Miguel Petapa**

A continuación, se presenta el diagnóstico de las necesidades de servicios básicos en San Miguel Petapa.

### **1.2.1. Descripción de las necesidades de Santa Inés y del Sector 8 de Villa Hermosa**

La aldea Santa Inés y el sector 8 de Villa Hermosa del municipio de San Miguel Petapa del departamento de Guatemala, presentan una serie de necesidades tanto de servicios básicos como de la infraestructura. Entre las necesidades de infraestructura se pueden mencionar los alcantarillados sanitarios, edificaciones municipales enfocadas en la salud y la educación, carreteras, entre otros.

### **1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades**

Las razones por las cuales se priorizó realizar el diseño de un alcantarillado sanitario para la aldea Santa Inés y colonia Portal de Santa Inés son las siguientes:

- La aldea Santa Inés y colonia Portal de Santa Inés no cuentan con una total cobertura de un sistema de alcantarillado sanitario.
- En algunos sectores de la aldea las aguas servidas fluyen a flor de tierra por las calles.

- Debido a la contaminación producida por las aguas residuales, y por no tener un adecuado manejo, se tiene un alto índice de enfermedades gastrointestinales, especialmente en los niños, que forman el sector más vulnerable de la población.

Las razones por las cuales se priorizó realizar el diseño de un edificio municipal de dos niveles para el sector 8 de Villa Hermosa son las siguientes:

- En el sector 8 de Villa Hermosa no se cuenta con un edificio donde se pueda brindar atención especial a los niños con mayor necesidad de aprendizaje.
- Debido a que muchos padres de familia laboran todo el día no les brindan la adecuada atención a sus hijos, por lo tanto el rendimiento de los niños no es el esperado.

## **2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

### **2.1. Descripción general del proyecto**

El proyecto consistirá en diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés, las cuales tienen 183 viviendas. El presente diseño contempla 1092,47 metros lineales de tubería PVC, incluyendo tubería de 6 pulgadas y 8 pulgadas de diámetro que, por sus características hidráulicas, bajo coeficiente de rugosidad y manejabilidad brinda las condiciones adecuadas en cuanto a la construcción y funcionamiento, asimismo el sistema de alcantarillado sanitario en mención posee la cantidad de 42 pozos de visita a una altura variable según sea la necesidad y la pendiente del terreno en donde se trabajará.

Debido a la topografía del lugar, se determinó que se deben diseñar dos redes independientes, debido a las condiciones y contrapendientes del sector y, por lo tanto, habrá dos descargas de cada sistema de alcantarillado. Estos dos sistemas de alcantarillado se conectarán directamente a dos redes en existencia en la estaciones número 36 y 79, según se puede observar en el plano de topografía realizado en los anexos del presente trabajo; asimismo, por tratarse de una conexión a redes ya existentes, no se diseñó el tipo de tratamiento que tendrán las aguas residuales, ya que los sistemas en existencia poseen su propio sistema de tratamiento.

## 2.2. Levantamiento topográfico

Se le llama levantamiento topográfico a la descripción técnica y delineación detallada de una superficie; el levantamiento topográfico consiste en trazar una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se establecerá lo siguiente:

- Punto de origen
- Azimut o rumbo de salida
- Kilometraje en el punto de salida
- Cota inicial del terreno

Los datos para realizar el levantamiento topográfico deben quedar claramente consignados en libretas de campo, las cuales estarán libres de borrones, manchas, etc. Los errores permisibles según lo permite el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) para los levantamientos en sistemas de alcantarillado del área rural son los siguientes:

- Error angular:  $E_a = (n)^{1/2}$

Donde:

$E_a$  = error angular permisible en minutos

$n$  = número de estaciones del polígono

- Error Lineal:  $E_1 = 0,003 L$

Donde:

$E_1$  = error lineal de cierre del polígono

L = longitud total de los lados del polígono

- Error de nivelación:  $E_n = 24 (L)^{1/2}$

Donde:

$E_n$  = error de cierre de la nivelación en milímetros

L = longitud total de nivelada en kilómetros

Asimismo se debe tomar en cuenta los siguientes dos aspectos esenciales:

- Altimetría

La altimetría o nivelación se refiere al trabajo realizado que suministra los elementos para conocer la altura y forma del terreno en el sentido vertical, y se puede realizar mediante los siguientes métodos:

- Nivelación barométrica
- Nivelación trigonométrica
- Nivelación geométrica
  - Nivelación geométrica simple
  - Nivelación geométrica compuesta

El levantamiento altimétrico debe realizarse con instrumentos que permitan una precisión de 1 cm por kilómetro o menos.



- Planimetría

La planimetría se refiere al trabajo realizado que suministra los datos geométricos necesarios para poder construir en campo una figura proyectada en el plano horizontal. Los métodos más usados en los levantamientos planimétricos son:

- Conservación del azimut
- Rumbos
- Distancias

### 2.3. Partes de un alcantarillado

Para realizar el diseño de un adecuado sistema de alcantarillado sanitario es necesario conocer cada componente del mismo, así como su funcionamiento. Las partes de un sistema de alcantarillado serán descritas de la siguiente manera:

- Colector

Es el conjunto de tuberías que recibe y conduce las aguas negras o servidas indeseables de la comunidad al lugar de descarga. Este conjunto de tuberías debe cumplir con ciertas especificaciones, una de ellas es que funcionan como un canal abierto, por lo tanto estas tuberías no trabajan a sección llena. Por lo tanto:

$$q_{dis} < Q_{secc\text{llena}}$$

- Pozos de visita

Los pozos de visita sirven para brindar limpieza y mantenimiento, así como para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería; se pueden construir de distintos materiales, siempre y cuando sean impermeables y duraderos para el período de diseño. Los pozos de visita son estructuras de alto costo, por lo que deben utilizarse diversas alternativas para la construcción de los mismos. El recurso constructivo más utilizado es el ladrillo tayuyo de punta, fundido en obra, o bien como último recurso tubería de 26 pulgadas de diámetro.

La diferencia de cotas *invert* entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será, como mínimo, de 0,03 metros. Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas *invert* será, como mínimo, la diferencia de dichos diámetros. Si la diferencia es mayor que 0,70 metros, deberá diseñarse y utilizarse un accesorio especial para encauzar el caudal con un mínimo de turbulencia.

- Conexiones domiciliarias

Este tipo de conexiones tiene como fin poder descargar las aguas provenientes de las casas o edificios de la comunidad y, asimismo, dirigirlas al alcantarillado central. Estas constan de las siguientes partes:

- Caja o candela

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección y es construida con mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente.

El lado menor de la caja deberá ser de al menos 45 centímetros, si fuese circular tendría un diámetro no menor de 12 pulgadas; deben estar debidamente impermeabilizadas por dentro y estar selladas con una tapadera para realizar inspecciones o mantenimiento. El fondo debe ser fundido de concreto, dejando una pendiente adecuada para que las aguas fluyan por gravedad por la tubería secundaria y conducir las al sistema de alcantarillado central. La altura mínima a la que se debe colocar la candela es de un metro.

- Tubería secundaria:

La conexión entre la candela domiciliar y la red de tubería central se hace por medio de una tubería secundaria, la cual tiene como mínimo un diámetro de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas con tubería PVC, deberá tener una pendiente mínima de 2 %, a efecto de evacuar adecuadamente los desechos sólidos en un sistema que trabaja por gravedad.

#### **2.4. Período de diseño**

El período de diseño para un sistema de alcantarillado sanitario se refiere al tiempo de vida en el cual prestará un servicio eficaz y aceptable. Este período es afectado por distintos factores como el crecimiento poblacional, capacidad de administración y mantenimiento, entre otros. Para el proyecto en mención el período de vida estimado es de 30 años.

#### **2.5. Población futura**

El estudio de la población es realizado por el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala, el cual se efectúa con el fin de realizar una proyección estimada de la población futura, la cual es parte fundamental para

determinar el período de diseño del proyecto. Algunos de los aspectos que afectan el crecimiento poblacional son: nacimientos, muertes, migración, anexiones. Para obtener un dato estimado del crecimiento poblacional se pueden realizar distintos métodos estadísticos, se puede mencionar el método del incremento geométrico, dicha proyección del método se hace con datos de censos de población realizados con anterioridad y se representa por medio de la siguiente ecuación:

$$P_1 = P_o (1 + r)^n$$

Donde:

$P_1$  = población futura

$P_o$  = población del último censo

$r$  = tasa de crecimiento

$n$  = período de diseño en años

La tasa de crecimiento para el municipio de San Miguel Petapa, según la Dirección Municipal de Planificación (DMP), es del 2,7 %, por lo que para el diseño se utilizó esta tasa.

## **2.6. Determinación de caudales**

Los caudales que se consideran en el diseño de un alcantarillado sanitario son los que provienen de comercios, conexiones ilícitas de agua pluvial, industrias y viviendas.

- Población tributaria

Para el cálculo de la población tributaria se obtuvo información del número de viviendas localizadas en el tramo del proyecto, multiplicado por la cantidad de habitantes promedio por casa. Para el caso de las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés la población tributaria se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Núm. habitantes} = \text{Núm. de casas} \times \text{habitantes por vivienda}$$

- Dotación de agua potable

Dotar significa asignar una determinada cantidad de agua a una persona diariamente. La dimensional con la que se expresa es litros por habitante por día.

Para dotar a una cierta comunidad de agua se debe tomar en cuenta distintos factores tales como: actividad, calidad de vida, clima, cultura, horas pico, región y el precio por el cual deberá pagar el usuario. Existen distintos parámetros para asignar la dotación pero estos dependerán de la región donde se encuentren. Los parámetros en mención son los siguientes:

- Área rural: clima frío (70-100) l/hab/día, clima cálido (100-130) l/hab/día.
- Área urbana: (130-200) l/hab/día.
- Área metropolitana: (200-300) l/hab/día.

Todas las dotaciones se cumplen si el aforo del abastecimiento de agua es suficiente para satisfacer las demandas de la población. Para el diseño del

alcantarillado se tomó una dotación proporcionada por la municipalidad de 120 litros/habitante/día.

- Factor de retorno al sistema

Es el valor en porcentaje de agua que luego de ser utilizada regresa al sistema de alcantarillado. El valor de porcentaje puede oscilar entre los valores de 70 % a 90 %. El criterio a tomar en cuenta influirá en gran magnitud en los costos del proyecto, ya que un valor alto dará como resultado mayores caudales, por lo tanto diámetros grandes de tuberías y un elevado costo del proyecto; por el contrario, un valor menor dará como resultado menores caudales, y por lo tanto diámetros pequeños de tuberías y los costos del proyecto se reducirían. El factor de retorno que se utilizará en el sistema a diseñar será de 75 %, considerando perderse un 25 % por infiltración y evaporación.

- Caudal sanitario

El caudal sanitario está compuesto directamente por las aguas servidas, el cual es producto de: caudal comercial, domiciliar, infiltración y conexiones ilícitas.

$$Q_{\text{san}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{inf}}$$

Para el proyecto a realizar no se tomará en cuenta por efectos de diseño el caudal industrial, ya que en las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés no existen edificaciones de ese tipo. De igual manera, no se toma en cuenta el caudal de infiltración, ya que la tubería a utilizar en el sistema es de PVC. El caudal sanitario se reduce a la siguiente expresión:

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ci}$$

- Caudal domiciliar

El caudal domiciliar se refiere al agua que una vez ha sido utilizada por las personas para limpieza o producción de alimentos, y asimismo es desechada y conducida por la red de alcantarillado; el agua de desecho doméstico está directamente relacionada con la dotación y suministro de agua potable. La fórmula para calcular el caudal domiciliar queda integrada de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Dot. \times No. Hab. FR}{86400}$$

Donde:

Dot = dotación (litros/habitante/día)

No. Hab = número de habitantes futuros o población futura

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (L/s)

FR = factor de retorno

- Caudal industrial

En el caso de las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés no se estima un caudal industrial porque no existen industrias en el sector.

- Caudal comercial

El caudal comercial se refiere al agua que es desechada por edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, etc., por lo general la

dotación comercial varía según el tipo de establecimiento a considerar, pero puede realizarse un estimado entre 600 a 3000 litros por comercio al día.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot.} \times \text{No.} \text{Comercios}}{86400}$$

- Caudal por conexiones ilícitas

En las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés del Municipio de San Miguel Petapa no se cuenta con una estación hidrométrica para poder determinar los datos precisos de la intensidad de lluvia en el sector, por lo tanto no se puede utilizar el método racional para calcular este caudal.

Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), se puede estimar un valor del caudal de conexiones ilícitas como un 10 % del caudal domiciliar, sin embargo, en las áreas donde es inexistente el alcantarillado pluvial, como es el caso de la aldea Santa Inés, se puede utilizar un valor mayor cuando este adopte otro criterio del INFOM, el cual indica que se puede utilizar un 20 % del caudal domiciliar.

$$Q_{\text{ci}} = Q_{\text{dom}} \times 0,20$$

- Caudal por infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra en los alcantarillados es necesario tomar en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea, con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas utilizadas en las tuberías, supervisión y calidad de los trabajos durante la construcción. Puede calcularse de dos diferentes maneras:



- En litros por hectárea.
- En litros diarios por kilómetro de tubería; se debe incluir la longitud de las tuberías de las conexiones domiciliarias y la dotación de infiltración oscilará entre 12 000 a 18 000 litros por kilómetro por día.

$$Q_{\text{inf}} = \frac{F.I. \times L.T.}{86400}$$

Donde:

F.I. = factor de infiltración

L.T. = longitud de tubería en kilómetros

Qinf = caudal de infiltración en L/s

Para este proyecto no se tomará en cuenta el caudal de infiltración, debido a que la tubería a utilizar será de PVC en toda la red de tubería.

- Caudal medio

El caudal medio es obtenido del producto entre el número de habitantes futuros y el factor del caudal medio, el cual se resume en la siguiente expresión:

$$Q_{\text{med}} = \text{No. Hab. Fut.} \times \text{f.q.m.}$$

- Factor de caudal medio

El factor de caudal medio es el valor que regula la aportación del caudal en la tubería. Este se obtiene dividiendo el caudal sanitario entre el número de

población futura. El valor del factor debe estar entre los parámetros de 0,002 y 0,005. La expresión es la siguiente:

$$f.q.m. = \frac{Q_{san}}{No.hab.fut.}$$

Donde:

f.q.m.= factor de caudal medio

Para facilitar la obtención de este valor las instituciones que se han especializado en el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario establecen lo siguiente:

- f.q.m.= 0,0046 según el INFOM.
  - f.q.m.= 0,0030 según Municipalidad de Guatemala.
  - $0,002 \leq f.q.m. \leq 0,005$  según DGOP (Dirección General de Obras Públicas), si el factor está entre esos dos parámetros, se utiliza el calculado, en cambio si es inferior o excede se utiliza el límite más cercano.
- Factor de Harmond

El factor de Harmond, también llamado factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra a la cantidad de población a servir en un tramo determinado. Este actúa principalmente en las horas que más se utiliza el sistema de alcantarillado. Su valor es único para todo el tramo. Su expresión es la siguiente:

$$F.H.= \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = población a servir en miles

F.H. = factor de Harmond

- Caudal de diseño

El caudal de diseño es el utilizado para el diseño de un tramo de un sistema de alcantarillado o drenaje, este debe cumplir con los requerimientos de velocidad y tirante hidráulico.

$$Q_{dis} = \text{No. Hab. fut.} \times \text{f.q.m.} \times \text{F.H.}$$

Donde:

No. Hab. fut. = Número de habitantes futuros acumulados

F.H. = Factor de Harmond

f.q.m. = Factor de caudal medio

## 2.7. Fundamentos hidráulicos

Un sistema de alcantarillado sanitario basa su funcionamiento en transportar el agua con desechos sólidos en conductos libres, que en ocasiones están en contacto con el aire; a estos conductos se les conoce como canales. El flujo de los desechos dependerá de la pendiente del canal y de la superficie del material del cual está construido.

La sección de estos canales puede ser abierta o cerrada, en el caso de un sistema de alcantarillado se emplean canales cerrados circularmente, en donde la superficie de agua es transportada por la presión atmosférica y sometida eventualmente a presiones producidas por los gases que se forman en el canal.

### **2.7.1. Ecuación de Manning para flujo de canales**

La ecuación de Manning, llamada así por el ingeniero Robert Manning, es comúnmente utilizada para el diseño de canales abiertos y cerrados. Esta ecuación determina la velocidad principal del flujo, en función de la rugosidad, pendiente y forma del canal.

La ecuación de Manning es una de las ecuaciones más utilizadas en el análisis y diseño hidráulico de estructuras de canales abiertos y drenajes. Se puede aplicar para trasladar el flujo de cauces naturales, arroyos, ríos, etc. Otra aplicación de esta ecuación es para el diseño de tuberías circulares que trabajan por gravedad y no a presión.

Para calcular la velocidad de un canal abierto y drenaje natural se utiliza la siguiente expresión en 2 sistemas diferentes:

En el sistema internacional:

$$v = \frac{1}{n} (R^{\frac{2}{3}}) (S^{\frac{1}{2}})$$

Donde:

V = velocidad promedio de la descarga (m/s)

n = coeficiente de rugosidad (según tabla II)

R = radio hidráulico (m).  $R = \frac{A}{P}$

A = área de sección transversal del canal (m<sup>2</sup>)

P = perímetro mojado (m)

S = pendiente del canal (m/m)

En el sistema inglés:

$$v = \frac{1.49}{n} (R^{\frac{2}{3}}) (S^{\frac{1}{2}})$$

Donde:

V = velocidad promedio de la descarga (pies/s)

n = coeficiente de rugosidad (según figura 1, 2 y 3)

R = radio hidráulico (pies).  $R = \frac{A}{P}$

A = área de sección transversal del canal (pies<sup>2</sup>)

B = perímetro mojado (pies)

S = pendiente del canal (pies/pies)

### 2.7.2. Relaciones hidráulicas

Para realizar los cálculos de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, y asimismo agilizar los resultados de velocidad y caudal, se debe realizar una relación entre los términos de sección totalmente llena y la sección parcialmente llena. Se deberá calcular los valores de caudal y velocidad a sección llena con las ecuaciones ya establecidas, se procederá a realizar la relación de caudales q/Q, donde q es el caudal de diseño y Q es el caudal a sección llena. Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas:

Tabla II. **Especificaciones hidráulicas**

<b>Categoría</b>	<b>Sanitario</b>	<b>Pluvial</b>
Caudal	$Q_{dis} < Q_{sec\ llena}$	$Q_{dis} < Q_{sec\ llena}$
Velocidad	0,60 < v < 3,00 (T.C.) 0,40 < V < 3,00 (PVC)	0,60 < v < 3,00 (T.C.) 0,40 < V < 4,00 (PVC)
Tirante	$0,10 \leq d/D \leq 0,75$	$d/D \leq 0,90$
Diámetro	8 pulgadas (T.C) 6 pulgadas (PVC)	10 pulgadas

Fuente: Instituto de Fomento Municipal.

## 2.8. **Parámetros de diseño hidráulico**

Para realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se utilizaron las normas establecidas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y las especificaciones técnicas utilizadas para tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC). A continuación se presentan los parámetros de diseño a utilizar.

- **Coeficiente de rugosidad**

El coeficiente de rugosidad “n” en una tubería representa las características internas de la tubería y sirve para calcular las pérdidas por fricción. El valor del coeficiente es adimensional. Este factor o coeficiente varía en función del material con el cual está hecha la tubería. A continuación se presenta una serie de valores del coeficiente más utilizados en el mercado y en el diseño de sistemas de alcantarillado y canales:

Tabla III. **Coeficiente de rugosidad n para diversos materiales**

Material	Coeficiente de Manning n
Asbesto cemento	0,011
Latón	0,011
Tabique	0,015
Fierro fundido (nuevo)	0,012
Concreto (cimbra metálica)	0,011
Concreto (cimbra madera)	0,015
Concreto simple	0,013
Cobre	0,011
Acero corrugado	0,022
Acero galvanizado	0,016
Acero (esmaltado)	0,010
Acero (nuevo, sin recubrimiento)	0,011
Acero (remachado)	0,009
Plomo	0,011
Platico (PVC)	0,009
Madera (duelas)	0,012
Vidrio (laboratorio)	0,011

Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering. Haestad Methods.

- **Sección llena y parcialmente llena**

Para el cálculo de la velocidad y el caudal a sección llena y parcialmente llena se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$V_{\text{sec llena}} = \frac{1}{n} \left( \frac{D * 0,0254}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{parc llena}} = \left( \frac{v}{V} \right) * V_{\text{sec llena}}$$

$$Q_{\text{sec llena}} = V_{\text{sec llena}} * A$$

$$Q_{\text{parc llena}} = Q_{\text{dis}}$$

Donde:

$V_{\text{sec llena}}$  = Velocidad a sección llena m/s

$n$  = Coeficiente de rugosidad

$D$  = Diámetro de la tubería en pulgadas

$S$  = Pendiente m/m

$V_{\text{parc llena}}$  = Velocidad a sección parcialmente llena (m/s)

$v/V$  = Relación hidráulica encontrada indirectamente

$Q_{\text{sec llena}}$  = Caudal a sección llena

$Q_{\text{parc llena}}$  = Caudal a sección parcialmente llena

$A$  = Área de la tubería

$Q_{\text{dis}}$  = Caudal de diseño

- Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo de agua y desechos es determinada por distintos factores como son: la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad del flujo en la mayoría de los casos es determinada por la ecuación de Manning y por las relaciones  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $V$  es la velocidad a sección llena. Según el normativo del INFOM,  $v$  debe ser mayor a 0,40 metros por segundo, para evitar la sedimentación en la tubería y, por lo tanto, futuros taponamientos, y menor o igual a 3,00 metros por segundo, para evitar la erosión o desgaste. Estos parámetros son aplicables para la tubería PVC.

- Diámetro del colector

Para el diseño de un sistema de alcantarillados, ya sea sanitario o pluvial, el diámetro es uno de los elementos más importantes a calcular, ya que se



deben seguir normativas para evitar la obstrucción de las mismas. Según el Instituto Nacional de Fomento Municipal, se debe utilizar para tuberías de concreto un diámetro mínimo de 8 pulgadas y para una tubería PCV un diámetro mínimo de 6 pulgadas. En el caso de las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo en tubería de concreto es de 6 pulgadas y en tubería de PVC un diámetro mínimo de 4 pulgadas.

- Profundidad del colector

La profundidad del colector debe ser suficiente como para protegerlo para evitar que sea afectado por el tránsito pesado y para permitir que drene el accesorio más bajo que existe en los predios a servir. Normalmente la profundidad en la parte superior de la tubería con respecto al nivel de la superficie es de 1,20 a 1,60 metros.

- Profundidad mínima del colector

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto al nivel de la superficie del terreno se recomienda que no sea menor de 1,00 metro.

- Ancho de zanja

Al momento de obtener el camino de la línea central donde pasará la red de alcantarillado, se debe indicar el ancho de la zanja en función del diámetro de la tubería diseñada, utilizando estacas, cal hidratada, hilo, etc.

Al momento de realizarse la excavación se debe procurar mantener el ancho de zanja. Las paredes de la zanja deben quedar a plomo, la tierra debe

alejarse 0,75 metros de la orilla. El ancho de zanja es un factor muy importante en la construcción del sistema de alcantarillado para evitar el exceso de excavación y que a la vez permita trabajar dentro de esta. En la siguiente tabla se presentan los anchos de zanja recomendados de acuerdo al diámetro del tubo y la profundidad de la zanja.

Tabla IV. **Ancho libre de zanjas, según profundidad y diámetro de tubería, ancho de zanja (cm)**

Tubo pulgada	Menos de 1,86 m	Menos de 2,86	Menos de 3,86	Menos de 5,86	Menos de 6,86
6	60	65	70	75	80
8	60	65	70	75	80
10	70	70	70	75	80
12	75	75	75	75	80
15	90	90	90	90	90
18	110	110	110	110	110
21	110	110	110	110	110
24	135	135	135	135	135

Fuente: Manual de Amanco, S. A.

- Volumen de excavación

El volumen de excavación se refiere a la cantidad de tierra que será removida para colocar la tubería. Está comprendido por distintos factores como la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja y la longitud entre cada pozo de visita. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$V = \left( \frac{H1 + H2}{2} \right) * d * t$$

Donde:

V = Volumen de excavación en metros cúbicos

H1 = Profundidad del primer pozo en metros

H2 = Profundidad del segundo pozo en metros

D = Distancia entre pozos en metros

T = Ancho de la zanja en metros

- Cotas *invert*

Las cotas *invert* se refieren a la distancia que existe entre el nivel inferior de la tubería y el nivel de la rasante del suelo, debe verificarse que la cota *invert* como mínimo sea igual al recubrimiento mínimo de la tubería. Las cotas se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre pozos. Para determinar las cotas se deben seguir las siguientes reglas:

- La cota *invert* de salida de un pozo se coloca, al menos, tres centímetros más baja que la cota *invert* de llegada de la tubería más baja.
  - Cuando el diámetro de la tubería de entrada en un pozo es mayor que el diámetro de la tubería de salida, la cota *invert* de salida se posicionará por debajo de la tubería de entrada, al menos, a una altura igual al diámetro de la tubería que entra.
- Ubicación de los pozos de visita

Para determinar la ubicación de los pozos de visita se deben aplicar los diferentes criterios:

- Al inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Donde exista cambio de diámetro
- En distancias no mayores de 100 metros
- En las curvas de no más de 30 metros
- En cambios bruscos de pendiente
- En cambios de dirección

Los pozos de visita en su mayoría están ubicados en las intersecciones de las calles, entre 90 y 100 metros. El intervalo puede ampliarse cuando se utiliza tubería PVC, ya que disminuye sustancialmente los problemas de limpieza y mantenimiento.

- Profundidad de los pozos de visita

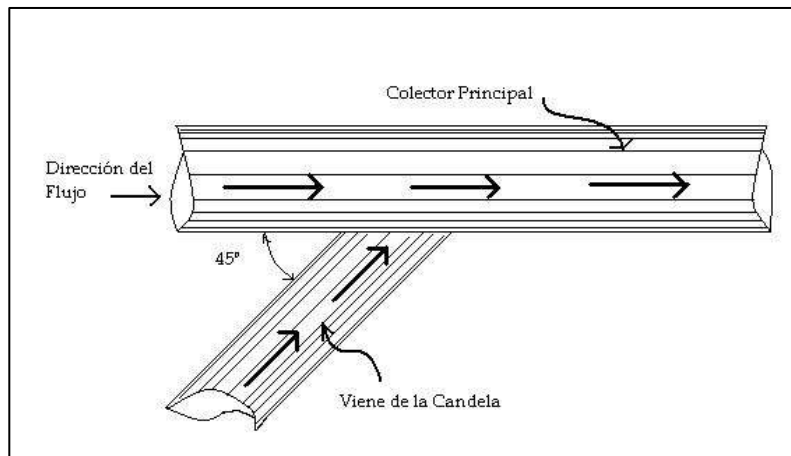
La altura o profundidad de los pozos de visita está definida por la pendiente del terreno que se requiere para que la tubería funcione con las condiciones hidráulicas necesarias.

- Características de la conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias son las que transportan las aguas servidas desde una vivienda hasta un sistema de alcantarillado o punto de desagüe. Para las conexiones domiciliarias la pendiente mínima será de 2 % y la máxima será de 6 % y formará un ángulo con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal. Comúnmente, al construir un sistema de alcantarillado, como criterio de diseño se debe dejar prevista una conexión tipo Y o tipo T en cada lote edificado o donde hay que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben

impermeabilizarse para poder evitar la entrada de raíces o aguas subterráneas a la tubería. Es de suma importancia que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior para impedir que las aguas negras retornen por la conexión domiciliar cuando el colector funcione a toda su capacidad.

Figura 5. **Conexión domiciliar**



Fuente: diseño de la red de alcantarillado sanitario para el Caserío la Nueva Esperanza, Municipio de Villa Canales, Departamento de Guatemala.

La conexión domiciliar se hace por medio de una caja de inspección (o candela) construida con tubos de cemento colocados de forma vertical, en la cual se une la tubería proveniente del alcantarillado de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre el colector principal y la candela debe tener como mínimo un diámetro de 4 pulgadas y debe colocarse con una pendiente mínima del 2 %. Se deben tomar en cuenta tres conceptos básicos que van de la mano con la conexión domiciliar que son los se detallan a continuación.

- Colector principal

El colector principal es la tubería de mayor diámetro en el sistema de alcantarillado, es la primera que debe colocarse en la zanja para que así en un futuro se puedan realizar más conexiones del sistema. No es aconsejable conectar directamente al tubo los ramales auxiliares, solo en casos especiales, de preferencia se debe llegar a un pozo de visita.

- Candela domiciliar

La conexión se realiza por medio de una candela, construida con mampostería o con tubos de cemento colocados verticalmente. En el caso que fuera cuadrada, el lado menor será de 45 centímetros, y si fuese circular, el diámetro tendrá que ser como mínimo de 12 pulgadas.

- Cajas de registro

Las cajas de registro poseen la misma función que un pozo de visita, ya que son utilizadas para la inspección y limpieza de diferentes partes del sistema de alcantarillado. Son cuadradas y construidas de ladrillo y con columnas reforzadas. A este sistema, al igual que los pozos de visita, entran y salen tuberías; pueden ser utilizadas como principio de ramal, con el objeto de no profundizar demasiado la tubería.

- Diseño hidráulico

A continuación se presenta un ejemplo para el diseño de un tramo del sistema de alcantarillado del pozo de visita 42 al pozo de visita 17. Los datos para diseño son:

- Período de diseño: 30 años
- Dotación de agua potable: 120 litros/habitante/día
- Factor de retorno: 0,75
- Caudal de conexiones ilícitas: 20 % del caudal domiciliar
- Longitud del tramo: 41,40 metros
- Población actual acumulada: 24 habitantes
- Población futura acumulada: 53 habitantes
- Tasa de crecimiento: 2,7 %

Caudal domiciliar:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot.} \times \text{No. Hab. FR}}{86400} = \frac{120 \text{ Lt / hab / día} * 53 \text{ hab} * 0,75}{86400}$$

$$Q_{\text{dom}} = 0,055 \text{ L/s}$$

Conexiones ilícitas:

$$Q_{\text{ci}} = Q_{\text{dom}} \times 0,20$$

$$Q_{\text{ci}} = 0,055 \text{ L/s} \times 0,20 = 0,011 \text{ L/s}$$

Para el presente diseño no se tomó en cuenta el caudal por infiltración, ya que la tubería es de cloruro de polivinilo (PVC), asimismo no se toma en cuenta el caudal comercial, por no existir comercios dentro del sector.

Caudal sanitario:

$$Q_{\text{san}} = Q_{\text{ci}} + Q_{\text{dom}}$$

$$Q_{\text{san}} = 0,011 \text{ L/s} + 0,055 \text{ L/s} = 0,066 \text{ L/s}$$

Factor de caudal medio

$$f.q.m. = \frac{Q_{san}}{No.hab.fut.} = \frac{0,066}{53}$$
$$f.q.m. = 0,00125$$

Como el resultado del factor de caudal medio fue de 0,00125, y es menor a la relación establecida por el Instituto del Fomento Municipal (INFOM), 0,0013 < 0,002, entonces se asume un f.q.m. = 0,002.

Las cotas del terreno para los pozos de visita en análisis son las siguientes:

- PV – 42 cota de terreno inicial: 1002,53 m
- PV – 17 cota de terreno final: 1000,88 m
- Longitud del tramo: 41,40 metros

Pendiente del terreno:

$$S\% = \frac{(Cota\ inicial - prof.\ pozo\ 42) - (Cota\ final - prof.\ pozo\ 17)}{Longitud\ del\ tramo} * 100$$

$$S\% = \frac{(1002,53) - (1000,88)m}{41,40m} * 100 = 3,99\%$$

Factor de Harmond:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = F.H. = \frac{18 + \sqrt{53/1000}}{4 + \sqrt{53/1000}}$$

$$F.H. = 4,31$$



Este factor es único para todo el tramo.

Caudal de diseño:

$$Q_{dis} = \text{Pob.} \times \text{f.q.m.} \times \text{F.H.}$$
$$Q_{dis} = 53 \text{ hab} \times 0,002 \text{ L/s*hab} \times 4,31$$
$$Q_{dis} = 2.91 \text{ L/s}$$

- Diseño hidráulico

Cálculo de la velocidad y caudal a sección llena, tomando el diámetro de 6 pulgadas.

$$V_{sec\ llena} = \frac{1}{n} \left( \frac{D \times 0,0254}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$
$$V_{sec\ llena} = \frac{1}{0,009} \left( \frac{6 * 0,0254}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,0399)^{\frac{1}{2}} = 2,37 \text{ m/s}$$

$$Q_{sec\ llena} = V_{sec\ llena} \times A$$
$$Q_{sec\ llena} = 2,37 \times \left( \frac{3,141516 * (6 * 0,0254)^2}{4} \right) \times 1000 = 43,24 \text{ L/s}$$

Relaciones hidráulicas:

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,46}{43,24} = 0,011$$

Relación d/D y v/V.

Tomando el valor de  $q/Q$  se procede a buscar en las tablas de relaciones hidráulicas (véase en los anexos del presente trabajo) el valor de  $d/D$  y  $v/V$ , dando como resultado los siguientes valores:

$$\frac{d}{D} = 0,11 \text{ Se observa que cumple con la condición } 0,10 < \frac{d}{D} < 0,75$$

$$\frac{v}{V} = 0,30 \text{ Despejando para encontrar el valor de "v" se obtiene}$$

$$v = 0,30 \times V_{\text{secllena}}$$

$$v = 0,30 * 2,37 = 0,71 \text{ m/s}$$

Cálculo de cota *invert*:

$$CIE = CISPv17 - \left(\frac{Stub0}{100}\right) * DH$$

$$CIE = 1001,03 - \left(\frac{3,55}{100}\right) * 41,40 = 999,56 \text{ m}$$

Altura del pozo:

$$H = CT - CIE + 0,03$$

$$H = (1000,88 - 999,56 + 0,03) = 1,35 \text{ m}$$

Volumen de excavación:

$$Vol = \left(\frac{Hpv16 - Hpv217}{2}\right) * DH * t$$

$$Vol = \left(\frac{1,35 + 1,50}{2}\right) * 41,40 * 0,60 = 35,40 \text{ m}^3$$

## **2.9. Desfogue**

La localización de los puntos de desfogue siempre será en las partes más bajas del sistema de alcantarillado, ya que son sistemas que funcionan por gravedad. La tubería del alcantarillado en mención, en un punto específico se unirá con la tubería de los alcantarillados en existencia.

## **2.10. Ubicación**

Los desfogues del sistema de alcantarillado sanitario se ubicarán en la estación E-79 que corresponde al final de la calle número 7, y en la estación E-36 que corresponde al final de la calle número 1, ambas calles y estaciones son representadas en el plano de topografía que se presenta en los anexos del presente trabajo.

## **2.11. Propuesta de tratamiento**

El sistema de alcantarillado en mención será conectado a dos redes existentes de alcantarillado sanitario, mediante los pozos número 16, finalizando la calle 1 y número 35, y finalizando la calle 7 en referencia, teniendo este mismo su sistema de tratamiento que posee su propia fosa séptica y sus pozos de absorción.

## **2.12. Administración, operación y mantenimiento**

La administración, operación y mantenimiento consiste en aplicar técnicas para mantener el sistema de alcantarillado en óptimas condiciones y garantizar el funcionamiento normal del sistema, para el período de diseño que fue planificado. La responsabilidad del mantenimiento y operación del sistema de

alcantarillado será directamente de la Municipalidad de San Miguel Petapa y al COCODE de Santa Inés. El tiempo recomendable para realizar las inspecciones del sistema es no más de tres meses.

A continuación se describen la inspección y mantenimiento de los elementos del alcantarillado:

- Conexión domiciliar

Posibles problemáticas:

- Tapadera de la candela en mal estado
- Tubería parcialmente tapada
- Tubería totalmente tapada

Soluciones y reparaciones:

- Realizar un cambio de la tapadera por una nueva o repararla para así poder evitar que se introduzca basura o tierra a la tubería para que no existan taponamientos futuros.
- Cuando una tubería del sistema esté parcialmente tapada, significa que puede ser provocada por basura o tierra que esté dentro de la misma, se verifica en la candela si el agua corre libremente o no. Se vierte una cierta cantidad de agua bruscamente para liberar el paso del agua y eliminar las obstrucciones.

- Cuando una tubería del sistema esté totalmente tapada, no corre agua y se estanca la candela, se vierte una cierta cantidad de agua bruscamente para que el taponamiento sea despejado. Si el taponamiento persiste, se introduce una grúa metálica para tratar de quitar el taponamiento y luego nuevamente se vierte agua bruscamente para desaparecer el taponamiento.
- Línea central

Posibles problemáticas:

- Tubería parcialmente tapada
- Tubería totalmente tapada

Soluciones y reparaciones:

Para descubrir los taponamientos en la línea central se pueden realizar dos pruebas:

- Prueba de reflejo: la prueba consiste en colocar una linterna en el interior de un pozo de visita y verificar el reflejo de la misma dentro del pozo de visita, si no se percibe claramente es porque existe un taponamiento parcial, y si en definitiva no se percibe nada, significa que existe un taponamiento total. Para solucionar este tipo de problemática se vierte agua a presión en el pozo de visita, y luego para saber si se despejó el taponamiento se debe realizar la prueba del reflejo de nuevo.

- Prueba de corrimiento de flujo: se debe verter una cantidad de agua en el pozo de visita y se verifica que corra el agua, si el agua corre con un flujo lento significa que existe un taponamiento parcial, y si no corre nada de flujo significa que existe un taponamiento total. La solución para esta problemática es verter agua a presión y, si el taponamiento persiste, insertar una guía en la tubería para localizar en qué sector se encuentra el taponamiento y proceder a excavar y descubrir la tubería para sacar la basura o tierra que provoca el taponamiento.
- Pozos de visita

Posibles problemáticas:

- Acumulación de residuos y lodos
- Deterioro del pozo
- Tapadera del pozo en mal estado

Soluciones y reparaciones:

- Cuando se realice la inspección de los pozos de visita se debe observar que no exista obstrucción para el paso de aguas negras por parte de residuos o lodos. Si existe esta problemática se debe proceder a remover los residuos y lodos para dar paso libre a las aguas negras.
- Verificar que el pozo de visita se encuentre en un óptimo estado, revisar el brocal de arriba, los escalones para que el inspector pueda bajar sin problema deben estar en buen estado; si están en

mal estado, es necesario realizar la reparación o cambiarlos por unos nuevos.

- Las tapaderas de los pozos de visita deben estar en óptimas condiciones, sin grietas y en su lugar adecuado para el paso de los vehículos. Si alguna tapa estuviera en mal estado, es necesario que se realice un cambio para garantizar la protección del sistema.

### **2.13. Elaboración de planos**

Los planos elaborados son los siguientes:

- Planta general
- Planta topográfica
- Planta-perfil
- Detalle de pozos de visita
- Detalle de conexiones domiciliarias

### **2.14. Elaboración de presupuesto**

Para la elaboración del presupuesto para el proyecto se realizaron cotizaciones de materiales cerca de la Aldea Santa Inés. La obra de mano no calificada se cotizó en el casco urbano del municipio y para la obra de mano calificada se utilizaron rendimientos y precios que maneja la Municipalidad de San Miguel Petapa.

Tabla V. Presupuesto del alcantarillado sanitario

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INÉS Y PORTAL DE SANTA INÉS, SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA.					
NO.	REGLONES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO / RENGLÓN
<b>TOPOGRAFÍA</b>					
1	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	ML	1093,00	Q 13,50	Q 14,755,50
<b>POZOS DE VISITA</b>					
2	EXCAVACIÓN	M3	2117,00	Q 150,00	Q 317,550,00
3	POZO DE VISITA ALTURA 1,00 METRO	UNIDAD	5,00	Q 9,319,50	Q 46,597,50
4	POZO DE VISITA ALTURA 1,35 METROS	UNIDAD	3,00	Q 12,581,33	Q 37,743,98
5	POZO DE VISITA ALTURA 1,50 METROS	UNIDAD	1,00	Q 13,979,25	Q 13,979,25
6	POZO DE VISITA ALTURA 1,55 METROS	UNIDAD	2,00	Q 14,445,23	Q 28,890,45
7	POZO DE VISITA ALTURA 1,90 METROS	UNIDAD	3,00	Q 17,707,05	Q 53,121,15
8	POZO DE VISITA ALTURA 2,70 METROS	UNIDAD	1,00	Q 25,162,65	Q 25,162,65
9	POZO DE VISITA ALTURA 2,80 METROS	UNIDAD	1,00	Q 26,094,60	Q 26,094,60
10	POZO DE VISITA ALTURA 3,00 METROS	UNIDAD	1,00	Q 27,958,50	Q 27,958,50
11	POZO DE VISITA ALTURA 3,15 METROS	UNIDAD	3,00	Q 29,356,43	Q 88,069,28
12	POZO DE VISITA ALTURA 3,20 METROS	UNIDAD	1,00	Q 29,822,40	Q 29,822,40
13	POZO DE VISITA ALTURA 3,30 METROS	UNIDAD	1,00	Q 30,754,35	Q 30,754,35
14	POZO DE VISITA ALTURA 3,75 METROS	UNIDAD	1,00	Q 34,948,13	Q 34,948,13
15	POZO DE VISITA ALTURA 4,10 METROS	UNIDAD	1,00	Q 38,209,95	Q 38,209,95
16	POZO DE VISITA ALTURA 4,15 METROS	UNIDAD	1,00	Q 38,675,93	Q 38,675,93
17	POZO DE VISITA ALTURA 4,20 METROS	UNIDAD	2,00	Q 39,141,90	Q 78,283,80
18	POZO DE VISITA ALTURA 4,30 METROS	UNIDAD	1,00	Q 40,073,85	Q 40,073,85
19	POZO DE VISITA ALTURA 4,45 METROS	UNIDAD	2,00	Q 41,471,78	Q 82,943,55
20	POZO DE VISITA ALTURA 4,70 METROS	UNIDAD	3,00	Q 43,801,65	Q 131,404,95
21	POZO DE VISITA ALTURA 4,90 METROS	UNIDAD	1,00	Q 45,665,55	Q 45,665,55
22	POZO DE VISITA ALTURA 4,95 METROS	UNIDAD	2,00	Q 46,131,53	Q 92,263,05
23	POZO DE VISITA ALTURA 5,05 METROS	UNIDAD	1,00	Q 47,063,48	Q 47,063,48
24	POZO DE VISITA ALTURA 5,15 METROS	UNIDAD	1,00	Q 47,995,43	Q 47,995,43
25	POZO DE VISITA ALTURA 5,35 METROS	UNIDAD	1,00	Q 49,859,33	Q 49,859,33
26	POZO DE VISITA ALTURA 5,55 METROS	UNIDAD	1,00	Q 51,723,23	Q 51,723,23
27	POZO DE VISITA ALTURA 5,75 METROS	UNIDAD	2,00	Q 53,587,13	Q 107,174,25
28	POZO DE VISITA ALTURA 5,80 METROS	UNIDAD	1,00	Q 54,053,10	Q 54,053,10
<b>TUBERÍA</b>					
29	TUBERIA DE 6" JUNTA RÁPIDA NORMA ASTM D-3034	ML	965,00	Q 185,30	Q 178,814,50
30	TUBERIA DE 7" JUNTA RÁPIDA NORMA ASTM D-3034	ML	128,00	Q 210,40	Q 26,931,20
31	ACCESORIOS PARA TUBERIA	UNIDAD	214,00	Q 115,00	Q 24,610,00
<b>CONEXIONES</b>					
32	CONEXIONES DOMICILIARES	UNIDAD	163,00	Q 1,815,50	Q 295,926,50
<b>ROTULO</b>					
33	ROTULO DE IDENTIFICACION DEL PROYECTO	UNIDAD	1,00	Q 2,500,00	Q 2,500,00
<b>SUB TOTAL</b>					<b>Q2,209,619,39</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo del proyecto será de dos millones doscientos nueve mil seiscientos diez y nueve quetzales con treinta y nueve centavos.



## **2.15. Evaluación ambiental**

Es un proceso en el cual se pronostican los futuros impactos ambientales, ya sean positivos o negativos, de acciones humanas, permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimicen los impactos adversos. Tiene como propósito fundamental detectar las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta para que quienes toman decisiones cuenten con elementos científico-técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción.

### **3. DISEÑO DE EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

#### **3.1. Descripción general del proyecto**

Un CAI es un centro de atención integral dedicado para los niños con necesidad de ser atendidos cuando los padres no puedan estar 100 % dedicados a sus hijos. En el CAI se le brindará apoyo académicamente al joven estudiante, así como también albergue al salir de la escuela o antes de ingresar a la misma.

El proyecto consiste en el diseño de un edificio municipal para el CAI, esto quiere decir que albergará a niños desde el nivel preprimario hasta el nivel primario, en jornadas matutina y vespertina. El edificio estará conformado por los siguientes ambientes: en el primer nivel se ubicarán 5 aulas, 1 ambiente para guardería, 2 ambientes para servicios sanitarios para hombres y mujeres, 1 ambiente para recepción, 1 ambiente para dirección y 2 pasillos con un ancho mínimo requerido por CONRED de 1,5 metros, con acceso a salidas de emergencia. El segundo nivel cuenta con 3 aulas, 1 ambiente para biblioteca, 1 ambiente para salón de computación y 1 ambiente para salón de maestros, con 2 pasillos. Además de ellos contará con un módulo de gradas que conecta cada nivel.

### **3.2. Descripción del área disponible**

El edificio municipal para el CAI se diseñó considerando la capacidad de alumnos que albergará cada salón de clase, tomando como referencia que se debe tomar 1,25 metros cuadrados por alumno, por lo que los salones de clases serán de 5,00 por 4,00 metros y de 4,00 por 4,00 metros. Ya que es un edificio municipal para el cuidado y atención de los niños, no es la misma cantidad de alumnos que albergará cada salón de clases comparado con la cantidad de alumnos de una escuela. La capacidad óptima de un salón de clases es de 13 a 16 alumnos, dependiendo de los metros cuadrados de construcción.

La distribución de espacios dentro del edificio educativo se destina al ejercicio de la educación y el cuidado de los niños, desarrollando distintas actividades. Por tal razón, las características de los espacios varían de acuerdo con los requerimientos pedagógicos por grado. En cuanto a la altura del edificio, por la restricción de área disponible se exige que sea un edificio de dos niveles. La altura por nivel del edificio municipal será de 3,00 metros libres, lo que se refiere a que en esta altura no se incluye el peralte de viga y la losa.

### **3.3. Estudio de suelos**

Dentro de los principales factores a considerar dentro del diseño de una edificación se encuentra el estudio del suelo en el cual se desea construir la misma, teniendo como objetivo describir las características físicas y mecánicas del suelo, así como la capacidad de carga admisible o valor soporte del suelo.

### 3.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

Para la determinación del valor soporte del suelo se procedió a realizar el ensayo de compresión triaxial, el cual tiene como principal objetivo determinar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo (ángulo de fricción interna y cohesión).

Los resultados de laboratorio obtenidos se describen en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla VI. **Resultados de ensayo de compresión triaxial**

Probeta núm.	1	2	3
Presión lateral ( $T/m^2$ )	5	10	20
Desviador en rotura $q$ ( $T/m^2$ )	18,59	30,33	41,88
Presión intersticial $u$ ( $T/m^2$ )	x	x	x
Deformación en rotura $E_r$ (%)	3	4,5	10
Densidad seca ( $T/m^3$ )	1,24	1,24	1,24
Densidad húmeda ( $T/m^3$ )	1,55	1,55	1,55
Humedad (%H)	25,45	25,45	25,45

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Parámetros de corte**

Ángulo de fricción interna	25,92°
Cohesión, $C_u$	3,38

Fuente: elaboración propia.

El valor soporte del suelo, también llamado capacidad de carga última admisible, será calculado utilizando el método del Dr. Karl Terzaghi, aplicando la siguiente ecuación:

$$q_u = 1,3 \cdot C_u \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Donde:

$q_u$  = capacidad de carga en  $t/m^2$

$C_u$  = cohesión del suelo en  $t/m^2$

$\gamma_s$  = peso volumétrico del suelo

$D$  = profundidad de desplante de la cimentación

$B$  = dimensión menor de zapata cuadrada

$N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de carga

Según los datos obtenidos del estudio de suelos, el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo son los parámetros con mayor prioridad para fines de diseño, dichos valores serán corregidos en un 20 %, debido a que en meses anteriores en el sector se utilizaron fertilizantes químicos, lo cual puede alterar la muestra obtenida.

- Tipo de suelo = arcilla limosa color café oscuro con presencia de arena fina
- Ángulo de fricción interna =  $25,92^\circ$                        $25,92^\circ/1,20 = 21,6^\circ$
- Cohesión del suelo =  $3,38 t/m^2$                        $3,38 t/m^2/1,20 = 2,82 t/m^2$

El cálculo de la capacidad de carga última admisible de cimentaciones superficiales requiere que se le aplique un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta, debido a incertidumbres o al mismo comportamiento del suelo. Dicho valor puede oscilar entre 3 y 4, siendo este un valor adimensional. Para el caso del diseño en proceso el factor de seguridad será de 3,00. Para la determinación de los factores de carga a utilizar ( $N_c, N_q, N_\gamma$ ), se utilizará el ángulo de fricción interna y se obtendrán los valores por medio del siguiente procedimiento:

- Factor del flujo de carga ( $N_q$ )

$$\phi d = 21,6^\circ = 0,3770 \text{ radianes}$$

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2} * \pi - \phi d \text{ rad}\right) * \tan \phi d}}{2 * \cos^2\left(45 + \frac{\phi d}{2}\right)}$$

$$N_q = = \frac{e^{\left(\frac{3}{2} * \pi - 0,3770\right) * \tan(21,6)}}{2 * \cos^2\left(45 + \frac{21,6}{2}\right)} = 8,81$$

- Factor de flujo de carga última ( $N_c$ )

$$N_c = \cot \phi d * (N_q - 1)$$

$$N_c = \cot(21,6) * (8,81 - 1)$$

$$N_c = 19,72$$

- Factor de flujo del suelo ( $N_\gamma$ )

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1,4 \phi d)$$

$$N_\gamma = (8,81 - 1) \tan(1,4 * 21,6)$$

$$N_\gamma = 4,55$$

- Capacidad de carga última bruta ( $q_u$ )

Luego de obtener los factores de capacidad de carga:  $N_c = 19,72$ ,  $N_q = 8,81$ , y  $N_\gamma = 4,55$ , se sustituyen los valores en la ecuación general de capacidad de carga y luego se procede a calcular el valor del esfuerzo cortante del suelo.

$$q_u = 1,3C_u N_c + \gamma_s D(N_q - 1) + 0,4\gamma_s B N_\gamma$$

$$q_u = 1,3 * 2,82 * 19,72 + 1,55 * 1,2 * 7,81 + 0,4 * 1,55 * 1,5 * 4,55$$

$$q_d = 91,04 \text{ t/m}^2$$

- Valor soporte del suelo ( $V_s$ )

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

$$V_s = \frac{91,40}{3,00} = 30,55 \text{ t/m}^2$$

El valor del esfuerzo cortante del suelo es de  $30,55 \text{ t/m}^2$ , de acuerdo con la tabla VI el valor soporte se puede considerar entre los parámetros normales para el tipo de suelo obtenido de la muestra.

Tabla VIII. **Valor soporte permisible, según tipo de suelo**

Material del suelo	Ton/m <sup>2</sup>	Observaciones
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelo gravilloso	90	Compactados, buena granulometría
Suelo arenoso	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelo arcilloso	53	Duros
Suelo arcilloso	22	Solidez mediana
Suelo limoso	32	Densos
Suelo limoso	16	Densidad mediana

Fuente: CRESPO VILLALAZ, C. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 193.

### **3.4. Selección del sistema estructural a utilizar**

Para poder seleccionar el sistema estructural a utilizar, es necesario conocer ciertos factores que pueden afectar, tales como la resistencia, economía, funcionalidad, estética, los materiales disponibles en el lugar y la técnica para realizar la obra. El resultado debe comprender el tipo estructural, las dimensiones y formas, los materiales y el proceso de ejecución.

Teniendo la consideración del área del terreno con el que se cuenta, y las necesidades por alumno en cada aula con respecto al espacio, es necesaria la construcción de un edificio municipal para el CAI. Para este edificio, el sistema estructural a elegir es de marcos dúctiles de concreto reforzados, tabiques de mampostería reforzada y losas macizas de concreto reforzado.

#### **3.4.1. Predimensionamiento de elementos estructurales**

Cuando se habla de predimensionar una estructura se hace referencia a darle medidas preliminares a los elementos que la componen, es decir, las medidas de los elementos que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas. Para el diseño del presente edificio se aplicarán los métodos del ACI 318-11:

- Columnas: para predimensionar las columnas se utiliza un método que se basa en la carga aplicada a estas, se desea guardar una simetría en las dimensiones del elemento y por tal razón se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga en toda la estructura. La medida resultante se aplica a todas las demás columnas.

$$P = 0,80*(0,225*F'_c*Ag + FY*As)$$



Donde según el ACI 318S-11-10.9.1 oscila entre:

$$1\% A_g < A_s < 6\% A_g$$

$$P = \text{Área tributaria} \times W \text{ concreto} = 18,00 \times 2400 = 43,200 \text{ kg/m}$$

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

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

$$A_g = \text{Área gruesa de la columna}$$

Utilizando un  $A_s$  de  $0,01 \cdot A_g$  el resultado es:

$$43,200 = 0,80 \cdot ((0,225 \cdot 210 \cdot A_g) + (2810 \cdot 0,01 \cdot A_g))$$

$$A_g = 716,66 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sección de columna} = 0,27 \times 0,27 \text{ m}$$

Se propone trabajar las columnas con medidas de 30 por 30 centímetros, debido a que es la sección mínima establecida por el código ACI 318-11 en un área sísmica.

- Vigas: para predimensionar las vigas se utilizará el método para calcular el peralte de las mismas, dependiendo de la luz que cubre la viga. Para este caso se calcula la viga más crítica o la de mayor longitud, utilizando como base el ancho de la columna. La ecuación para calcular el peralte de la viga es la siguiente:

$$t_{\text{viga}} = \text{luz libre de la viga} \cdot 0,08$$

Datos:

Longitud = 5,00 m

Sección de columna = 0,30x0,30 m

Luz libre de viga = 5,00 m – 0,30 m

Peralte de la viga =  $4,70 \cdot 0,08 = 0,38 = 0,40$  m

Base de viga = 0,30 m

Sección de viga = 0,30x0,40 m

- Losas: las losas son los elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen la intemperie, y también sirven para transmitir las cargas verticales y horizontales hacia las vigas y columnas. Existen distintos tipos de losa, entre los cuales se pueden mencionar: cascarones ( $t < 0,09$  m), planas ( $0,09 \leq t \leq 0,12$ ) y nervadas ( $t \geq 0,13$ m).

Para el predimensionamiento de la losa, es necesario calcular únicamente el espesor que tendrá cada una, pero por la falta de simetría en la planta del edificio se procederá a calcular los espesores para los dos distintos tipos de losa según lo recomienda el ACI 318-11:

$$t_{\text{losa}} = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

Para las losas 1-5

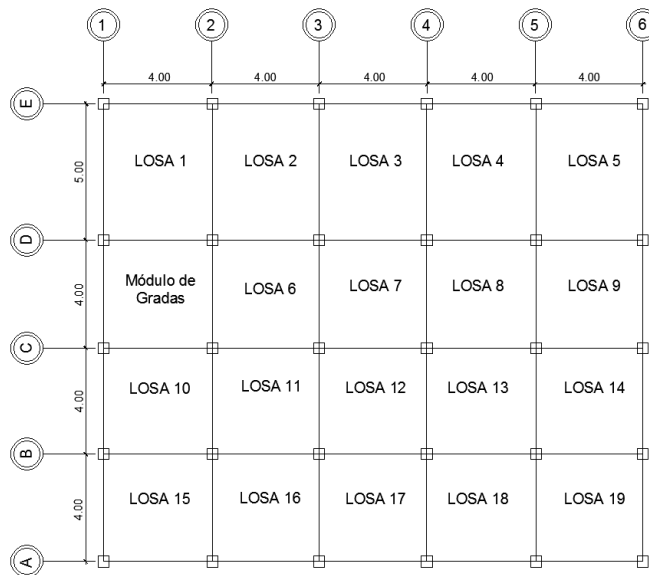
$$t_{\text{losa}} = 2 \cdot (4+5) / 180 = 0,10 \text{ m}$$

Para las losas 6-19

$$t_{\text{losa}} = 2 \cdot (4+4) / 180 = 0,09 \text{ m}$$

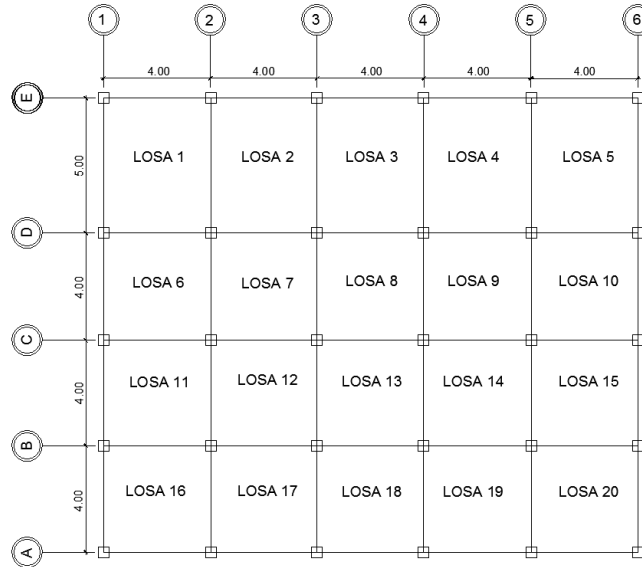
Para efectos de diseño se trabajará únicamente con losas de 10 centímetros de espesor. La numeración de las losas se presenta en las siguientes figuras:

Figura 6. **Distribución de losas en planta, primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 7. **Distribución de losas en planta, segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cimientos: para el proyecto en desarrollo se utilizarán zapatas concéntricas. El predimensionamiento del área de la zapata se realiza determinando una carga de servicio.

Valor soporte del suelo ( $V_s$ ) = 30,55 T/m<sup>2</sup>

Desplante de cimentación propuesto (D) = 1,20 m

$P_u$  = 23,32 ton

FCU = 1,55

Para el cálculo del área de la zapata se utilizan las cargas de servicio.

$$P' = (P_u/FCU) + (b \cdot h \cdot (h_{\text{columna}} + D) \cdot \gamma_c)$$

$$P' = (23,32/1,55) + (0,3 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 4,20 \text{ m} \cdot 2,4 \text{ ton/m}^3) = 15,95 \text{ ton/m}^3$$

$$M'x = Mx/FCU = (3,44 \text{ ton-m}/1,55) = 2,22 \text{ ton-m}$$

$$M'y = My/FCU = (8,84 \text{ ton-m}/1,55) = 5,70 \text{ ton-m}$$

- Predimensionamiento del área de la zapata ( $A_z$ )

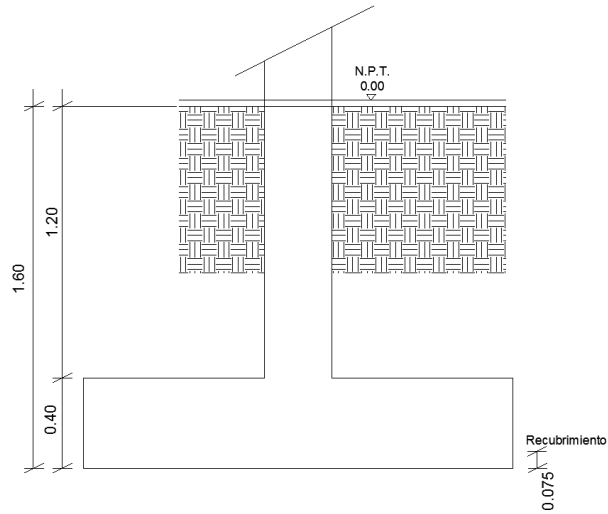
$$A_z = \frac{1,5 * P'}{V_s} = \frac{1,5 * 15,95 \text{ ton}}{30,55 \text{ ton/m}^3} = 0,78 \text{ m}^2$$

Para cubrir el área calculada de la zapata los chequeos se realizarán en el apartado 3.4.7. Se propone trabajar un área de  $1,00 \text{ m}^2$ .

Para poder calcular el espesor de la zapata se debe tomar en cuenta que debe soportar los diferentes esfuerzos que afectan sobre ella, como el corte por punzonamiento, así como el corte resistente del concreto provocado por las cargas actuantes sobre la zapata. Según el Código ACI 318-11 sección 7.7.1. inciso a) el recubrimiento del refuerzo para zapatas no debe ser menor a 7,5 centímetros. También tiene que tomarse en cuenta lo dispuesto en la sección 15.7: el espesor o altura de las zapatas sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 0,15 metros para zapatas apoyadas sobre el suelo.

$t_{\text{mínimo}} = 0,15 \text{ m} + 0,075 \text{ m} = 0,225 \text{ m}$ ; debido a lo mencionado anteriormente en el apartado 3.4.7., para los chequeos realizados en la zapata se propone un espesor de 40 centímetros.

Figura 8. **Zapata cuadrada predimensionada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.2. **Cargas de diseño según AGIES**

Las cargas vivas que recomienda el AGIES en la Norma de Seguridad Estructural NSE-2, en la tabla 3-1, para las cuales se realizará el diseño de la edificación de dos niveles, son las siguientes:

Tabla IX. **Carga viva aplicada a marcos estructurales**

Carga viva	
Techo	200 kg/m <sup>2</sup>
Pasillo	500 kg/m <sup>2</sup>
Aula	200 kg/m <sup>2</sup>
Gradas	500 kg/m <sup>2</sup>
Biblioteca	700 kg/m <sup>2</sup>
S. Computo	500 kg/m <sup>2</sup>
Recepcion	300 kg/m <sup>2</sup>
Oficina	300 kg/m <sup>2</sup>
Baños	150 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: AGIES. Normas de Seguridad Estructural (NSE) 2-10. Tabla 3-1. p. 6.

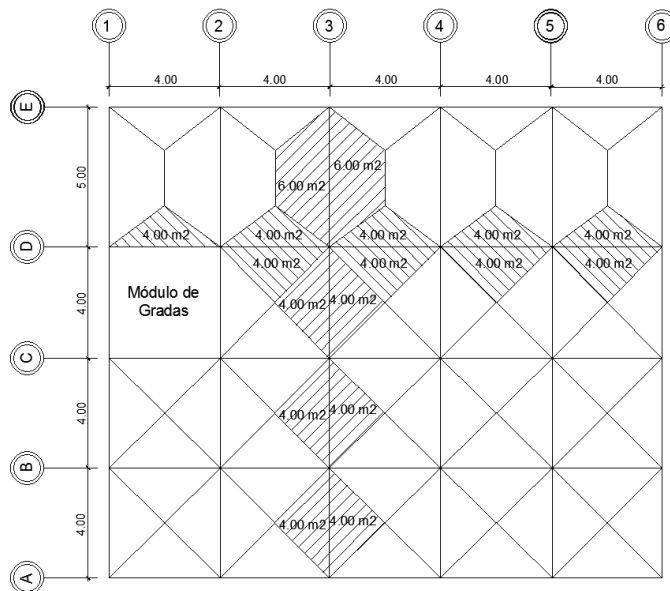
Las cargas muertas a utilizar en la edificación son las que se muestran a continuación, en el caso del peso del concreto es el indicado por el Código ACI 318-11. En el peso de los acabados se incluyen los elementos arquitectónicos como las puertas, ventanas, instalaciones sanitarias, instalaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas, etc.

Tabla X. **Carga muerta aplicada a marcos estructurales**

Carga muerta	
Concreto	2400 kg/m <sup>2</sup>
Acabados, puertas, ventanas, instalaciones y piso	110 kg/m <sup>2</sup>
Muros	140 kg/m <sup>2</sup>

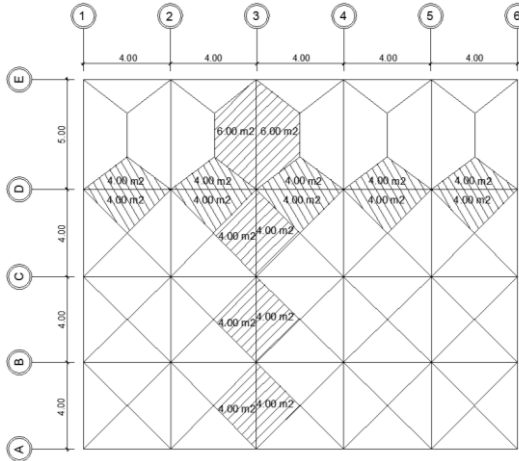
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Áreas tributarias en vigas para los ejes D y 3, primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

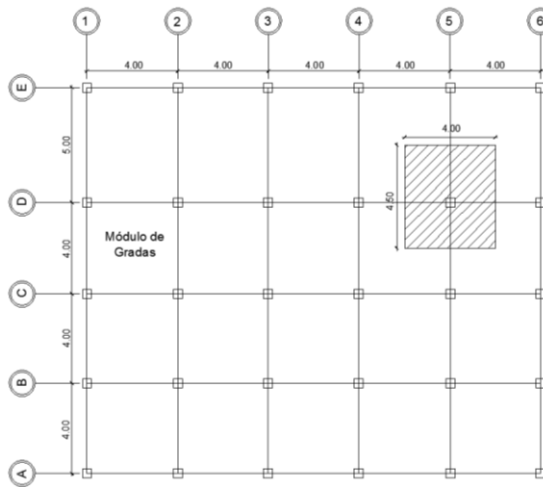
Figura 10. **Áreas tributarias en vigas para los ejes D y 3, segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

El área tributaria de cada eje será indicado posteriormente en la sección de integración de cargas verticales en marcos dúctiles.

Figura 11. **Área tributaria para columna crítica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

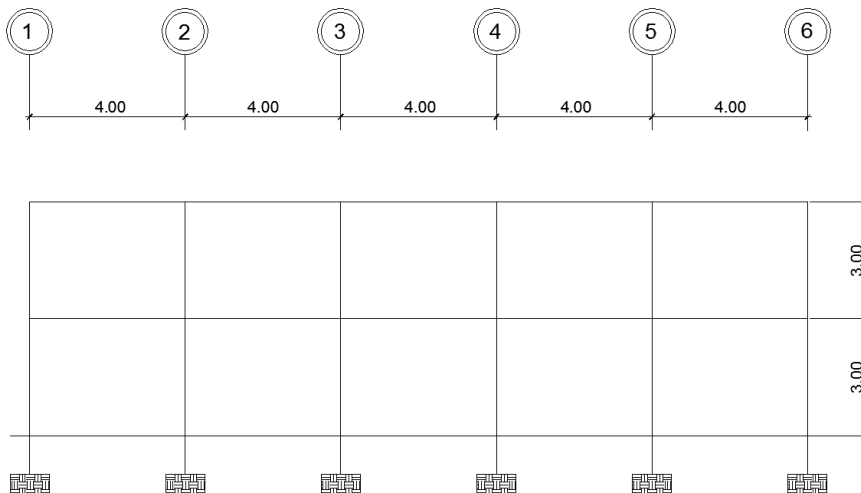


### 3.4.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles

Las cargas verticales, también llamadas cargas por gravedad, se dividen en carga viva y carga muerta. Las cargas vivas son llamadas cargas de ocupación, ya que pueden ser el peso de las personas; la carga muerta es la que permanece constante e inmóvil o de manera permanente dentro de la estructura, generalmente este tipo de carga está compuesta por el peso propio de la estructura.

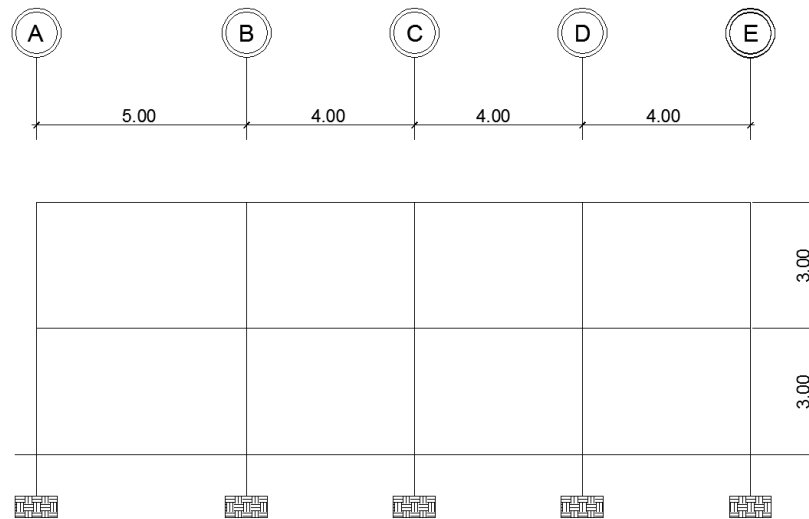
Tomando en cuenta las cargas de diseño mencionadas anteriormente, se procede a realizar la integración de cargas en las áreas tributarias de los ejes más críticos del sistema. En este caso los ejes a analizar son el eje D en el sentido X y el eje 3 en el sentido Y, los cuales servirán para realizar el análisis y diseño estructural, tal y como se aprecia en las siguientes figuras:

Figura 12. Elevación marco típico, eje en dirección X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 13. Elevación marco típico, eje en dirección Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para el siguiente cálculo de integración de carga por marco se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$\text{Losa} = \frac{At * t * W_{\text{concreto}}}{L}$$

$$\text{Sobre carga} = \frac{At * W_{\text{sobrecarga}}}{L}$$

$$\text{Viga} = (H - t) * B * W_{\text{concreto}}$$

$$\text{Muros} = \frac{At_{\text{lineal}} * H * W_{\text{muros}}}{L}$$

$$\text{Carga viva} = \frac{At * W_{\text{especifica}}}{L}$$

Para fines demostrativos se calculará un tramo y los demás serán proporcionados únicamente por los resultados finales.

- Segundo nivel

- Eje 3

Área tributaria = 12 m<sup>2</sup> (primer tramo)

Longitud = 5 m

$$\text{Losa} = \frac{12 * 0,10 * 2400}{5} = 576,00 \text{kg/ m}$$

$$\text{Acabados} = \frac{12 * 110}{5} = 264,00 \text{kg/ m}$$

$$\text{Viga} = (0,40 - 0,10) * 0,30 * 2400 = 216 \text{kg/ m}$$

Carga muerta = 1056,00 kg/m

$$\text{Carga viva} = \frac{12 * 200}{5} = 480,00 \text{kg/ m}$$

Área tributaria = 24 m<sup>2</sup> (segundo tramo)

Longitud = 12 m

Losa = 480,00 kg/m

Acabados = 220,00 kg/m

Viga = 216,00 kg/m

Carga Muerta = 916,00 kg/m

Carga Viva = 400,00 kg/m

- Eje D

Área tributaria = 40 m<sup>2</sup>

Longitud = 20 m

Losa = 480,00 kg/m  
Acabados = 220,00 kg/m  
Viga = 216,00 kg/m  
Carga muerta = 916,00 kg/m  
Carga viva = 400,00 kg/m

- Primer nivel
  - Eje 3

Área tributaria = 12 m<sup>2</sup> (primer tramo)  
Longitud = 5 m

Losa = 576,00 kg/m  
Acabados = 264,00 kg/m  
Viga = 216,00 kg/m  
Muros = 756,00 kg/m  
Carga muerta = 1812,00 kg/m  
CV baño = 180,00 kg/m  
CV aula = 240,00 kg/m  
Carga viva = 420,00 kg/m

Área tributaria = 24 m<sup>2</sup> (segundo tramo)  
Longitud = 12 m

Losa = 480 kg/m  
Acabados = 220,00 kg/m  
Viga = 216,00 kg/m  
Muros = 980,00 kg/m

Carga muerta = 1896,00 kg/m

CV pasillo = 666,67 kg/m

CV biblioteca = 466,67 kg/m

Carga viva = 1133,33 kg/m

- Eje D

Área tributaria = 36 m<sup>2</sup>

Longitud = 20 m

Losa = 432,00 kg/m

Acabados = 198,00 kg/m

Viga = 216,00 kg/m

Muros = 567,00 kg/m

Carga muerta = 1413,00 kg/m

CV baño = 60,00 kg/m

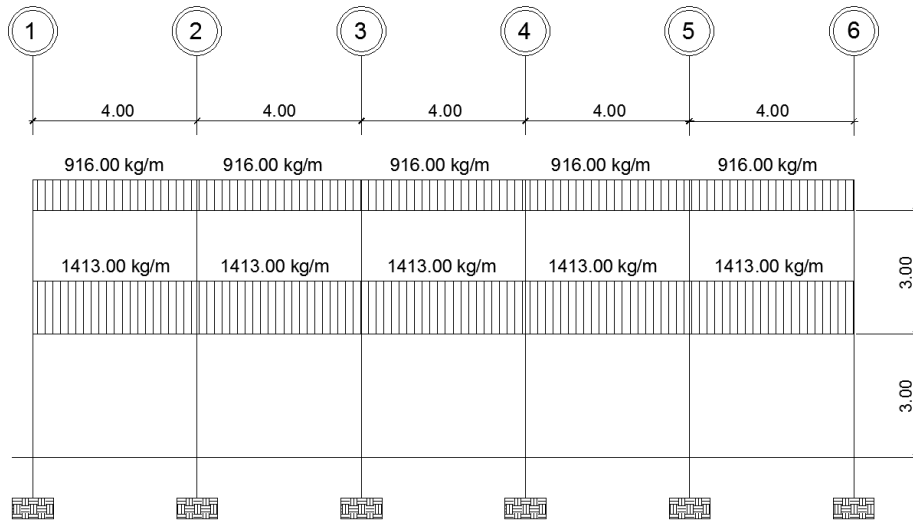
CV aula = 120,00 kg/m

CV pasillo = 400,00 kg/m

Carga viva = 580,00 kg/m

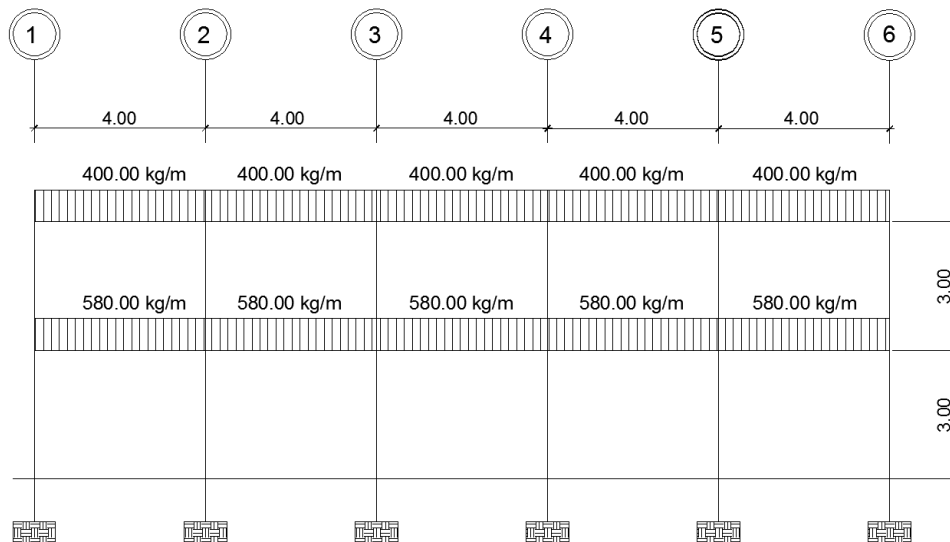
El eje 3 cuenta con distancias asimétricas, las cuales son una viga de 5 metros de longitud y las demás vigas con 4 metros de longitud, es por eso que se divide en 2 tramos, asimismo, en el eje D existe una variación del área tributaria entre el primer y segundo nivel, ya que por existir un módulo de gradas interno se obtiene una disminución del área tributaria en el primer nivel. Finalizada la integración de carga por marco, los modelos matemáticos con las cargas aplicadas quedan de la siguiente manera:

Figura 14. **Elevación marco típico, carga muerta eje D**



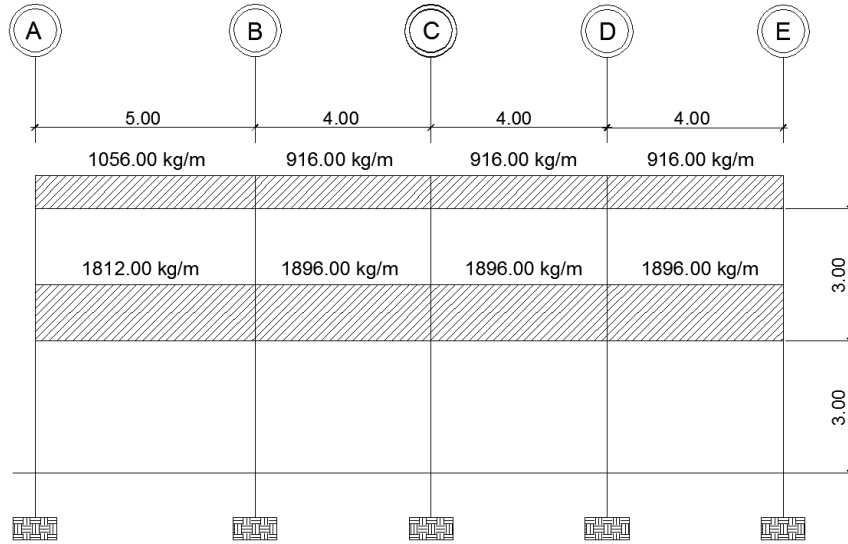
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 15. **Elevación marco típico, carga viva eje D**



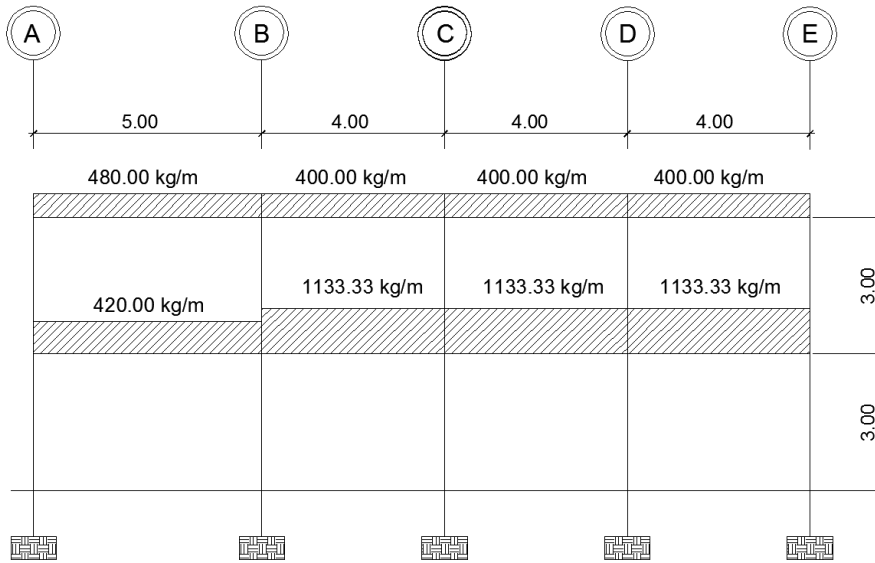
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 16. Elevación marco típico, carga muerta eje 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 17. Elevación marco típico, carga viva eje 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles

Las cargas horizontales son aquellas que actúan de forma perpendicular a la línea de acción de la gravedad, estas cargas son dinámicas y pueden ser por sismo, viento o por impacto. Debido a que Guatemala está situado en una zona altamente sísmica, las fuerzas horizontales son consideradas críticas y es necesario realizar un análisis para este tipo de fuerzas. Para tal caso, se utilizará la metodología que indica el AGIES de acuerdo a las Normas de Seguridad Estructural, que permite calcular la fuerza del cortante basal de una estructura. El cote basal (V) es la fuerza sísmica que el suelo produce a una estructura en su base.

### 3.4.2.3. Fuerzas sísmicas

Para encontrar las fuerzas sísmicas en el edificio se utiliza el método de AGIES y el procedimiento se describe a continuación:

- Cálculo del peso del edificio
  - Segundo nivel:

$$\text{Losa} = 0,10 * (17 + 0,30) * (20 + 0,30) * 2400 = 84285,60\text{kg}$$

$$\text{Vigas} = ((0,40 * 0,30 * 6 * 20) + (0,40 * 0,30 * 5 * 17)) * 2400 = 59040,00\text{kg}$$

$$\text{Columnas} = 0,30 * 0,30 * 1,5 * 2400 * 30 = 9720,00\text{kg}$$

$$\text{Muros} = ((20 * 6 * 1,5) + (5 * 17 * 1,5)) * 140 = 43050,00\text{kg}$$

$$\text{Acabados} = (17 + 0,30) * (20 + 0,30) * 110 = 38630,90\text{kg}$$

$$\text{Carga muerta} = 234726,50 \text{ kg}$$

$$\text{Carga viva} = (20 * 17 * 200) * 0,25 = 17000,00\text{kg}$$

$$\text{Carga muerta} + \text{carga viva} = 251726,50\text{kg}$$



Primer nivel:

$$\text{Losas} = 0,10 * (17 + 0,30) * (20 + 0,30) * 2400 = 84285,60\text{kg}$$

$$\text{Vigas} = ((0,40 * 0,30 * 6 * 20) + (0,40 * 0,30 * 5 * 17)) * 2400 = 59040,00\text{kg}$$

$$\text{Columnas} = 0,30 * 0,30 * 4,5 * 2400 * 30 = 29160,00\text{kg}$$

$$\text{Muros} = ((20 * 6 * 4,5) + (5 * 17 * 4,5)) * 140 = 129150,00\text{kg}$$

$$\text{Acabados} = (17 + 0,30) * (20 + 0,30) * 100 = 38630,00\text{kg}$$

$$\text{Carga muerta} = 340266,50\text{kg}$$

$$\text{Carga viva} = ((4 * 5 * 200) * 3 + (4 * 5 * 150) * 2 + (4 * 4 * 500) + (8 * 8 * 700) + (4 * 8 * 500) + (4 * 8 * 300)) * 0,25 = 35700,00\text{kg}$$

Peso total de estructura = CM 2do. + CM 1er. + CV 2do. + CV 1er. = 627693,0 kg

- Corte basal

Para el cálculo del corte basal por el método de AGIES es necesario tomar en cuenta los cálculos establecidos por las Normas de Seguridad Estructural (NSE), para el caso de la edificación a diseñar se utilizan las normas NSE-2 y NSE-3 (véase en apéndice 3), como se muestra a continuación:

Con base en la información del anexo A de la NSE 2, se pueden obtener los datos de la amenaza sísmica por municipio.

- Departamento de Guatemala
- Municipio de San Miguel Petapa
- $l_0 = 4$        $S_{cr} = 1,65g$        $S_{1r} = 0,60g$

En la norma NSE 3, directamente en la tabla 1-1, se determina el tipo de sistema estructural a utilizar, para el caso de esta edificación se utilizará un sistema de marcos tipo A de concreto reforzado E1-A. En la misma norma NSE 3, en la sección 2,1,4,1, se determina el período de vibración empírico  $T_a$ , el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_a = K_T * (h_n)^x$$

Donde:

$h_n$  = Altura total del edificio

Según las fe de erratas de las normas AGIES algunos valores deben ser modificados (véase en apéndice 3), tal como es el caso del sistema estructural a utilizar. En la misma sección, de acuerdo al sistema estructural, se deben determinar los valores de  $K_T$  y de  $X$ , pero en este caso donde indique que el sistema estructural a utilizar es el E1, se debe cambiar por donde indique el sistema estructural E2, obteniendo como resultado:

$$K_T = 0,047 \quad x = 0,90$$

Sustituyendo los valores en la ecuación anteriormente mencionada:

$$T_a = 0,047 * (6)^{0,90} = 0,2354 = 0,24 \text{seg}$$

En la norma NSE 2, en la sección 4,3,3,3, se determinan los ajustes por la clase de sitio por medio de las siguientes ecuaciones:

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v$$

Posteriormente, en las tablas 4-2 y 4-3 (véase en apéndice 3), se determinan los coeficientes de sitio  $F_a$  y  $F_v$ , debido a que la clase de sitio es tipo D por tratarse de un suelo firme y rígido, los resultados son:

$$F_a = 1 \quad F_v = 1,5$$

En la misma norma NSE 2, en la tabla 4-5 (véase en apéndice 3), se determina el tipo de fuente sísmica, la cual para este sistema es tipo B, y posteriormente en las tablas 4-6 y 4-7 (véase en apéndice 3) se obtienen los valores de  $N_a$  y  $N_v$  de acuerdo a la distancia horizontal más cercana a fuente sísmica, que para tal caso es mayor de 10 kilómetros:

$$N_a = 1 \quad N_v = 1$$

Sustituyendo los datos obtenidos en la ecuación, el resultado es el siguiente:

$$S_{cs} = 1,65 * 1 * 1 = 1,65$$
$$S_{1s} = 0,60 * 1,5 * 1 = 0,90$$

Asimismo, en la norma en mención se obtiene el factor de escala, el cual tiene como función determinar los niveles de diseño, por el cual se eligió un sismo severo que tiene un 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años,  $K_d = 0,80$ . Se procede a calcular el espectro calibrado al nivel de diseño requerido por medio de las siguientes ecuaciones:

$$S_{cd} = K_d * S_{cs}$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1s}$$

Sustituyendo valores se obtiene el siguiente resultado:

$$S_{cd} = 0,80 * 1,65 = 1,32$$

$$S_{1d} = 0,80 * 0,90 = 0,72$$

En continuación con el procedimiento, se procede a calcular el período de transición, el cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$T_s = S_{1s} / S_{cs}$$

Como se mencionaba con anterioridad, la fe de erratas de las normas AGIES (véase en apéndice 3), tiene distintos cambios, como lo es en la ecuación del período de transición, el cual indica que se debe sustituir con la siguiente ecuación:

$$T_s = S_{1d} / S_{cd}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene el valor del período de transición:

$$T_s = \frac{0,72}{1,32} = 0,54 \text{seg}$$

Posteriormente, en la norma NSE 2, en la sección 4,3,4,2, se puede encontrar las ordenadas espectrales  $S_a(T)$  para cualquier tipo de vibración, para determinar este valor es necesario realizar una comparación de períodos y obtener la ecuación indicada.

$$S_a(T) = S_{cd} \quad \text{si } T \leq T_s$$

$$S_a(T) = S_{1d}/T \quad \text{si } T > T_s$$

$$T \leq T_s$$
$$0,24 \leq 0,54$$

La ecuación a utilizar es  $S_a(T) = S_{cd}$ , debido a que el período de vibración empírico es menor que el período de transición, obteniendo como resultado:

$$S_a(T) = 1,32$$

En la norma NSE 3, específicamente en la sección 2,1,2 se puede determinar el coeficiente sísmico al límite de cedencia  $C_s$  con la siguiente ecuación:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R}$$

Donde:

R = es el factor de reducción de acuerdo al sistema estructural a trabajar.

Debido a que el sistema estructural a trabajar es el E-1 con un tipo de marco A, en la tabla 1-1 de esta norma se determina el valor de  $R = 8$ .

Sustituyendo los valores en la ecuación para encontrar el coeficiente sísmico al límite de cedencia se obtiene el siguiente resultado:

$$C_s = \frac{1,32}{8} = 0,165$$

Con el coeficiente sísmico obtenido se procede a realizar el cálculo del corte basal, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_B = C_s * W_s$$

Donde:

$V_B$  = corte basal

$C_s$  = coeficiente sísmico

$W_s$  = peso total de la estructura

Sustituyendo en la ecuación se determina el valor del corte basal:

$$V_B = 0,165 * 627693,00 \text{ kg}$$

$$V_B = 103569,34 \text{ kg} = 103,57 \text{ Ton}$$

En la sección 2,2 de la norma en mención se encuentra la ecuación para poder determinar las fuerzas sísmicas por nivel, la cual se muestra a continuación:

$$F_x = C_{vx} * V_B$$

Donde:

$$C_{vx} = \frac{W_x * h_x}{\sum(W_x * h_x)}$$

$F_x$  = cortante por nivel

$W_x$  = peso por nivel de la estructura

$h_x$  = altura de cada nivel de la estructura

Para el cálculo se realizaron las siguientes tablas:

Tabla XI. **Determinación de la fuerza cortante por nivel.**

Nivel	Wx (ton)	Hx (m)	Wx * Hx	Cvx	Fx (Ton)
2	251,73	6	1510,38	0,572	59,2922
1	375,97	3	1127,91	0,428	44,2778
		Total	2638,29		103,5700

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se procede a calcular las fuerzas sísmicas por marcos, ya que hay 5 marcos en el sentido horizontal y 6 marcos en el sentido vertical. Los resultados se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla XII. **Fuerzas sísmicas por marco**

Nivel	Fx (ton)	Eje X (ton)	Eje Y (ton)
2	59,2922	9,8820	11,8584
1	44,2778	7,3796	8,8556

Fuente: elaboración propia.

- Distribución de las fuerzas sísmicas por marco

Se debe realizar la distribución de las fuerzas sísmicas por marco debido a que la estructura no es simétrica y actúan fuerzas de torsión.

- Centro geométrico

Para la edificación a diseñar el caso del centro geométrico no es nada más que encontrar el centro de la figura, ya que la planta es un rectángulo de

20 metros de base y 17 metros de altura, el centro geométrico será la mitad de las distancias horizontal y vertical, dando como resultado:

- Centro geométrico en eje X = 10m
- Centro geométrico en eje Y = 8,5m
- Centro de masa

El centro de masa o centro de gravedad de una estructura es el punto donde hipotéticamente se distribuye toda la masa de manera uniforme, es decir donde el sismo actúa directamente. Estos valores se pueden calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$Cm = \frac{\sum Wi * Xi}{\sum Wi}$$

Centro de masa segundo nivel en eje X = 10,00 m

Centro de masa segundo nivel en eje Y = 8,12 m

Centro de masa primer nivel en eje X = 9,99 m

Centro de masa primer nivel en eje Y = 7,82 m

- Centros de rigidez

Es el punto central de los elementos verticales, en este caso las columnas que resisten las fuerzas laterales. El cálculo se llevó a cabo por medio de las siguientes ecuaciones:

$$CRx = \frac{\sum Kix * Xi}{\sum Kix} \quad CRy = \frac{\sum Kiy * Yi}{\sum Kiy}$$



Para realizar el cálculo del centro de rigidez es necesario determinar el valor de  $K_c$ , el cual es diferente para columnas que están en voladizo y para columnas que están en pisos intermedios o biempotrados, dicho valor se determina con las siguientes ecuaciones:

Para columnas de último nivel o voladizo:

$$K_c = \frac{1}{\left[ \frac{F_x * h^3}{3 * E_c * I} \right] + \left[ \frac{1.2 * F_x * h}{A * G} \right]}$$

Para columnas de pisos intermedios o biempotrados:

$$K_c = \frac{1}{\left[ \frac{F_x * h^3}{12 * E_c * I} \right] + \left[ \frac{1.2 * F_x * h}{A * G} \right]}$$

Donde:

$F_x$  = Fuerza actuante en el nivel analizado

$h$  = Altura de columnas

$I$  = Inercia de la sección

$G$  = Módulo de cortante  $G = 0,4 * E_c$

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto  $E_c = 15,100 \sqrt{f'c}$

$A$  = Área de la sección

El valor de  $K_c$  para columnas de segundo nivel es de 0,03 y para columnas de entrepiso es de 0,144.

Centro de rigidez segundo nivel en eje X = 10,00 m

Centro de rigidez segundo nivel en eje Y = 8,2 m

Centro de rigidez primer nivel en eje X = 10,00 m

Centro de rigidez primer nivel en eje Y = 8,2 m

- Excentricidades accidentales

Las excentricidades accidentales se calculan por nivel y por eje, según el AGIES NSE-3 página 27. Por medio de las siguientes ecuaciones:

$$e_{1xy} = |CM_{xy} - CR_{xy}| + 0,05 * b$$

$$e_{1xy} = |CM_{xy} - CR_{xy}| - 0,05 * b$$

Donde:

$CM_{xy}$  = centro de masa por cada eje

$CR_{xy}$  = centro de rigidez por cada eje

b = largo de cada eje

Segundo nivel:

$$e_{1x} = |10,00 - 10,00| + 0,05 * 20,00 = 1,00$$

$$e_{1x} = |10,00 - 10,00| - 0,05 * 20,00 = -1,00$$

$$e_{1y} = |8,12 - 8,2| + 0,05 * 17 = 0,77$$

$$e_{1y} = |8,12 - 8,2| - 0,05 * 17 = -0,93$$

Primer nivel:

$$e_{1x} = |9,99 - 10,00| + 0,05 * 20,00 = 1,01$$

$$e_{1x} = |9,99 - 10,00| - 0,05 * 20,00 = -0,99$$

$$e_{1y} = |7,82 - 8,2| + 0,05 * 17 = 1,2$$

$$e_{1y} = |7,82 - 8,2| - 0,05 * 17 = -0,50$$

- Corte por sismo

$$V_s = \frac{K_m * F_x}{\sum K_m}$$

- Corte por torsión

$$V_t = \frac{e * F_x * K_m * d_i}{\sum K_m * d_i^2}$$

- Corte total

$$V_T = V_s + V_t$$

Donde:

$V_T$  = corte total

$V_s$  = corte por sismo

$V_t$  = corte por torsión

$d_i$  = es la distancia del eje al centro geométrico de la estructura

$F_x$  = es la fuerza sísmica actuante sobre el nivel analizado

$K_m$  = es la rigidez del marco

Como se determinó anteriormente, las fuerzas sísmicas actuantes por nivel son:

$$F_{x2} = 59292,215 \text{ kg}$$

$$F_{x1} = 44277,785 \text{ kg}$$

Para este cálculo se realizaron las siguientes tablas, por nivel y por eje:

**Tabla XIII. Cálculo del corte por torsión, segundo nivel eje x**

EJE	Ex		fx2	km	dl	km*fx	km*dl	km*dl <sup>2</sup>	Vs	Vt	Vs+Vt	VT (ton)
1	E1x	1,00	59292,2	0,16	-10	9773,589	-1,64838	16,48376	9882,04	-2117,58	7764,46	7,764
	E2x	-1,00								2117,579	11999,61	12,000
2	E1x	1,00	59292,2	0,16	-6	9773,589	-0,98903	5,934155	6813,83	-1270,55	5543,28	5,543
	E2x	-1,00								1270,547	8084,38	8,084
3	E1x	1,00	59292,2	0,16	-2	9773,589	-0,32968	0,659351	6813,83	-69,8113	6744,02	6,744
	E2x	-1,00								423,5158	7237,35	7,237
4	E1x	1,00	59292,2	0,16	2	9773,589	0,329675	0,659351	6813,83	423,5158	7237,35	7,237
	E2x	-1,00								-423,516	6390,31	6,390
5	E1x	1,00	59292,2	0,16	6	9773,589	0,989026	5,934155	6813,83	1270,547	8084,38	8,084
	E2x	-1,00								-1270,55	5543,28	5,543
6	E1x	1,00	59292,2	0,16	10	9773,589	1,648376	16,48376	6813,83	2117,579	8931,41	8,931
	E2x	-1,00								-2117,58	4696,25	4,696
				0,989026				46,15454				

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XIV. Cálculo del corte por torsión, segundo nivel eje y**

EJE	Ey		fx1	km	dl	Km*fx	km*dl	km*dl <sup>2</sup>	Vs	Vt	Vs+Vt	VT (ton)
A	E1y	0,77	44277,8	0,14	-8,5	6082,205	-1,1676	9,924599	8855,557	-1642,46	7213,095	7,213
	E2y	-0,93								1967,208	10822,76	10,823
B	E1y	0,77	44277,8	0,14	-4,5	6082,205	-0,61814	2,781635	12419,2	-869,539	11549,66	11,550
	E2y	-0,93								1041,463	13460,66	13,461
C	E1y	0,77	44277,8	0,14	-0,5	6082,205	-0,06868	0,034341	12419,2	-96,6154	12322,58	12,323
	E2y	-0,93								115,7181	12534,92	12,535
D	E1y	0,77	44277,8	0,14	3,5	6082,205	0,480776	1,682718	12419,2	676,308	13095,51	13,096
	E2y	-0,93								-810,027	11609,17	11,609
E	E1y	0,77	44277,8	0,14	8,5	6082,205	1,1676	9,924599	12419,2	1642,462	14061,66	14,062
	E2y	-0,93								-1967,21	10451,99	10,452
				0,686823				24,34789				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Cálculo del corte por torsión, primer nivel eje x**

EJE	Ex		fx2	km	dl	Km*fx	km*dl	km*di2	Vs	Vt	Vs+Vt	VT (ton)
1	E1x	1,01	59292,21	0,86	-10	51207,51	-8,63646	86,36464	9882,04	-2138,75	7743,28	7,743
	E2x	-0,99								2096,403	11978,44	11,978
2	E1x	1,01	59292,21	0,86	-6	51207,51	-5,18188	31,09127	6813,83	-1283,25	5530,58	5,531
	E2x	-0,99								1257,842	8071,67	8,072
3	E1x	1,01	59292,21	0,86	-2	51207,51	-1,72729	3,454586	6813,83	-427,751	6386,08	6,386
	E2x	-0,99								419,2807	7233,11	7,233
4	E1x	1,01	59292,21	0,86	2	51207,51	1,727293	3,454586	6813,83	427,751	7241,58	7,242
	E2x	-0,99								-419,281	6394,55	6,395
5	E1x	1,01	59292,21	0,86	6	51207,51	5,181879	31,09127	6813,83	1283,253	8097,08	8,097
	E2x	-0,99								-1257,84	5555,99	5,556
6	E1x	1,01	59292,21	0,86	10	51207,51	8,636464	86,36464	6813,83	2138,755	8952,58	8,953
	E2x	-0,99								-2096,4	4717,43	4,717
					5,181879			241,821				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Cálculo del corte por torsión, primer nivel eje y**

EJE	Ey		fx1	km	dl	Km*fx	km*dl	km*di2	Vs	Vt	Vs+Vt	VT (ton)
A	E1y	1,2	44277,79	0,72	-8,5	31866,96	-6,1175	51,99871	8855,557	-2548	6307,555	6,308
	E2y	-0,5								1061,668	9917,225	9,917
B	E1y	1,2	44277,79	0,72	-4,5	31866,96	-3,23867	14,57403	12419,2	-1348,94	11070,26	11,070
	E2y	-0,5								562,0593	12981,26	12,981
C	E1y	1,2	44277,79	0,72	-0,5	31866,96	-0,35985	0,179926	12419,2	-149,882	12269,32	12,269
	E2y	-0,5								62,45104	12481,65	12,482
D	E1y	1,2	44277,79	0,72	3,5	31866,96	2,518969	8,816391	12419,2	1049,177	13468,38	13,468
	E2y	-0,5								-437,157	11982,04	11,982
E	E1y	1,2	44277,79	0,72	8,5	31866,96	6,117496	51,99871	12419,2	2548,002	14967,2	14,967
	E2y	-0,5								-1061,67	11357,53	11,358
					3,598527			127,5678				

Fuente: elaboración propia.

El resultado final de las fuerzas de torsión en cada eje, como se puede apreciar en la imagen anterior, será el mayor de los dos resultados obtenidos, por ejemplo para los ejes a diseñar, que son el eje 3 en el sentido vertical y el eje D en el sentido horizontal de la estructura; el resultado es el siguiente:

Segundo nivel eje 3: 13095,51 kg

Primer nivel eje 3: 13468,38 kg

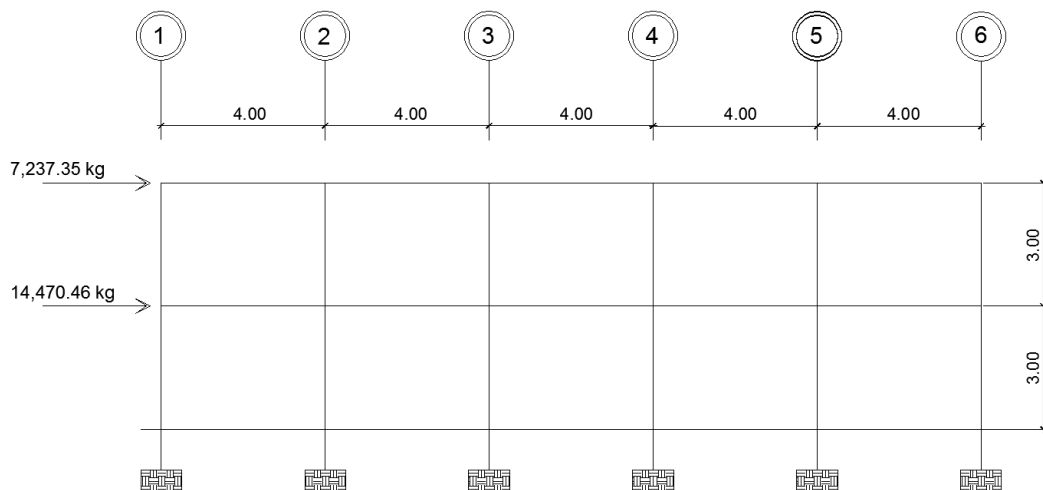
Segundo nivel eje D: 7237,35 kg

Primer nivel eje D: 7233,11 kg

Los resultados de la fuerza sísmica que se utilizarán para el diseño estructural serán los obtenidos debido a las fuerzas torsión, ya que es un criterio utilizado cuando una estructura es irregular en planta y elevación.

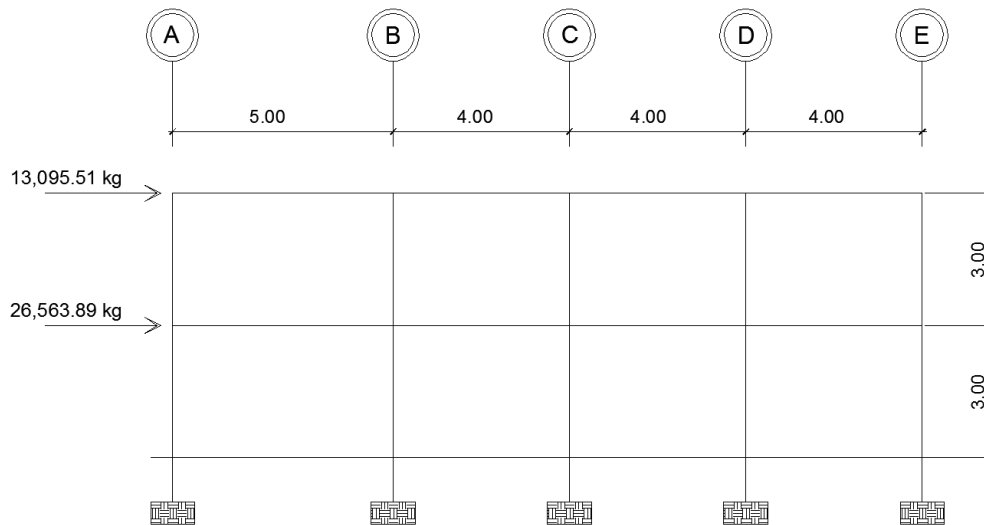
Para realizar el análisis estructural de la fuerza sísmica es necesario que las fuerzas horizontales que afectan a la estructura sean acumulativas, por ejemplo en el segundo nivel del eje D actúa una fuerza de 7237,35 kg, y en el primer nivel la fuerza que afectará será la suma de la actuante en el nodo, con la fuerza actuante en el segundo nivel, la fuerza queda de la siguiente manera:  $7237,35 \text{ kg} + 7233,11 \text{ kg} = 14470,46 \text{ kg}$ , lo mismo sucede para el análisis del eje 3.

Figura 18. Elevación marco típico eje D para fuerza sísmica



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Elevación marco típico eje 3 para fuerza sísmica



Fuente: elaboración propia.

#### 3.4.2.4. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

Un modelo matemático de un marco es la representación gráfica de la forma y las cargas que soporta el mismo y sirve para realizar el análisis estructural. Los marcos siempre se analizan en los dos sentidos, Y y X, y en los mismos se debe incluir las medidas de distancia entre marcos y la altura de cada nivel, tal y como se mostró en las figuras anteriormente ilustradas.

#### 3.4.2.5. Análisis de marcos dúctiles por un método de análisis estructural numérico y comprobación por medio de software

El método numérico que es utilizado para realizar el análisis estructural de un marco o edificación es el método de Kani. Este método tiene como finalidad

principal poder obtener las fuerzas internas que se producen en los elementos estructurales, debido a cargas externas tanto verticales como horizontales. Posteriormente se realizará una comprobación de los resultados del método de Kani y el software ETABS 2015.

A continuación se presentan los pasos a seguir para realizar el análisis estructural por medio del método de Kani. Esto para los marcos que componen la estructura. Al finalizar los pasos se dejará constancia del análisis estructural realizado para el marco B en carga muerta, carga viva, carga de sismo, envolvente de momentos y envolvente de cortantes.

- Cálculo de momentos fijos ( $MF_{ik}$ ): estos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción ( $M_s$ ): estos se calculan cuando existen cargas verticales.

$$M_s = \sum MF_{ik}$$

- Determinación de las fuerzas de sujeción ( $H$ ): estas se toman del análisis de las fuerzas horizontales aplicadas en el marco. ( $H = F_{mm}$ ) Fuerza por marco de nivel  $n$ , se calculan cuando se hace el análisis por carga sísmica.
- Cálculo de la fuerza cortante en el piso ( $Q_n$ ): se calculan acumulando las fuerzas de sujeción conforme se van tomando los pisos inferiores. Se cuenta únicamente cuando se realiza el análisis debido a las cargas sísmicas.



$$Q_n = \sum H$$

- Cálculo de momentos de piso ( $M_n$ ): se evalúa cuando se hace el análisis por carga sísmica.

$$M_n = \frac{Q_n * h_n}{3} ; \quad h_n = \text{altura del piso } n$$

- Cálculo de las rigideces de los elementos ( $K_{ik}$ )

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}}$$

$I$  = inercia del elemento

$L_{ik}$  = longitud del elemento

- Cálculo de los factores de giro o coeficientes de reparto ( $\mu_{ik}$ ): para elementos como las zapatas por definición el  $M_{ik} = 0$ ; para los demás elementos se calcula de la siguiente manera:

$$\mu_{ik} = -1/2 \left( \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$$

- Cálculo de factores de corrimiento ( $v_{ik}$ ): estos se calculan cuando existe ladeo en la estructura, causando por asimetría, o cuando se hace el análisis por carga sísmica:

$$v_{ik} = -3/2 \left( \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de giro ( $M'_{ik}$ )

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{ni}); \quad \text{sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum (M'_{ni} + M''_{in})); \quad \text{con ladeo}$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamiento ( $M''_{ik}$ ): se calculan cuando se realiza el análisis por fuerza sísmica.

$$M''_{ik} = v_{ik} (\sum (M'_{ik} + M'_{ki})); \quad \text{ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = v_{ik} (M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})); \quad \text{ladeo por carga sísmica}$$

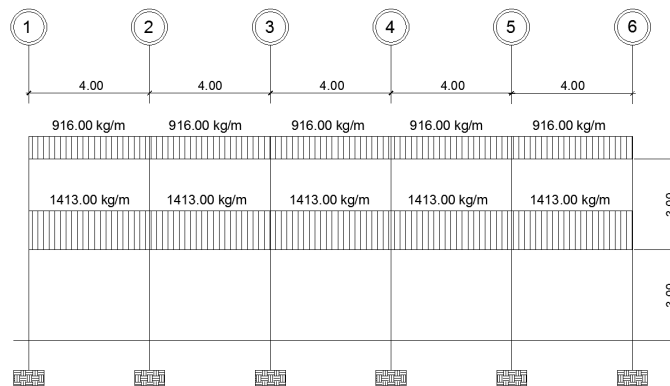
- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra ( $M_{ik}$ )

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad \text{sin ladeo}$$

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M'_{ik} \quad \text{con ladeo}$$

- Análisis por medio del método de Kani para el marco 3 con carga muerta.

Figura 20. Marco típico del eje D, carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo de momentos fijos ( $MF_{ik}$ )

$$MF_{ik} = \pm \frac{WL^2}{12}$$

$$MF_{ab} = \frac{(916)(4)^2}{12} = 1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{ba} = -\frac{(916)(4)^2}{12} = -1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{bc} = \frac{(916)(4)^2}{12} = 1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{cb} = -\frac{(916)(4)^2}{12} = -1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{cd} = \frac{(916)(4)^2}{12} = 1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{dc} = -\frac{(916)(4)^2}{12} = -1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{de} = \frac{(916)(4)^2}{12} = 1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{ed} = -\frac{(916)(4)^2}{12} = -1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{ef} = \frac{(916)(4)^2}{12} = 1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{fe} = -\frac{(916)(4)^2}{12} = -1221,33 \text{ kg-m}$$

$$MF_{gh} = \frac{(1413)(4)^2}{12} = 1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{hg} = -\frac{(1413)(4)^2}{12} = -1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{hi} = \frac{(1413)(4)^2}{12} = 1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{ih} = -\frac{(1413)(4)^2}{12} = -1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{ij} = \frac{(1413)(4)^2}{12} = 1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{ji} = -\frac{(1413)(4)^2}{12} = -1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{jk} = \frac{(1413)(4)^2}{12} = 1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{kj} = -\frac{(1413)(4)^2}{12} = -1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{kl} = \frac{(1413)(4)^2}{12} = 1884,00 \text{ kg-m}$$

$$MF_{lk} = -\frac{(1413)(4)^2}{12} = -1884,00 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de los momentos de sujeción ( $M_s$ )

$$M_s = \sum MF_{ik}$$

$$M_{sa} = 0 + 1221,33 = 1221,33 \text{ kg-m}$$

$$M_{sb} = -1221,33 + 1221,33 = 0 \text{ kg-m}$$

$$M_{sc} = -1221,33 + 1221,33 = 0 \text{ kg-m}$$

$$M_{sd} = -1221,33 + 1221,33 = 0 \text{ kg-m}$$

$$M_{se} = -1221,33 + 1221,33 = 0 \text{ kg-m}$$

$$M_{sf} = -1221,33 + 0 = -1221,33 \text{ kg-m}$$

$$M_{sg} = 0 + 1884,00 = 1884,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{sh} = -1884,00 + 1884,00 = 0 \text{ kg-m}$$

$$M_{si} = -1884,00 + 1884,00 = 0 \text{ kg-m}$$

$$M_{sj} = -1884,00 + 1884,00 = 0 \text{ kg-m}$$

$$M_{sk} = -1884,00 + 1884,00 = 0 \text{ kg-m}$$

$$M_{sl} = -1884,00 + 0 = -1884,00 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de las rigideces de los elementos ( $K_{ik}$ ):

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}}$$

- Inercia de los elementos rectangulares:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Donde:

I = inercia

b = base del elemento

h = altura del elemento

$$I_{viga} = \frac{(0,30m)(0,40m)^3}{12} = 0,0016 \text{ m}^4$$

$$I_{columna} = \frac{(0,30m)(0,30m)^3}{12} = 0,000675 \text{ m}^4$$

- Inercias relativas

$$I_{columna} = \frac{0,000675}{0,000675} = 1$$

$$I_{viga} = \frac{0,0016}{0,000675} = 2,37$$

Para fines demostrativos se calculará una rigidez de una viga y una columna, el resto se presentará en la siguiente tabla, en la cual se obtuvieron las rigideces para cada elemento.

$$K_{ab} = \frac{2,37}{4} = 0,59$$

$$K_{af} = \frac{1}{3} = 0,33$$

Tabla XVII. Rigideces para columnas y vigas del marco típico D en dirección X

Nodo	Dirección	-0.50	ki	$\Sigma ki$	$\mu$
A	AB	-0.5	0,59	0,93	-0,32
	AG	-0.5	0,33	0,93	-0,18
$\Sigma \mu A$					-0,50
B	BA	-0.5	0,59	1,52	-0,20
	BC	-0.5	0,59	1,52	-0,20
	BH	-0.5	0,33	1,52	-0,10
$\Sigma \mu B$					-0,50
C	CB	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	CD	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	CI	-0.5	0,33	1,52	-0,11
$\Sigma \mu C$					-0,50
D	DC	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	DE	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	DJ	-0.5	0,33	1,52	-0,11
$\Sigma \mu D$					-0,50
E	ED	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	EF	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	EK	-0.5	0,33	1,52	-0,11
$\Sigma \mu E$					-0,50
F	FE	-0.5	0,25	1,04	-0,12
	FL	-0.5	0,79	1,04	-0,38
$\Sigma \mu F$					-0,50
G	GA	-0.5	0,79	1,83	-0,22
	GH	-0.5	0,25	1,83	-0,06
	GM	-0.5	0,79	1,83	-0,22
$\Sigma \mu G$					-0,50
H	HG	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	HB	-0.5	0,33	1,85	-0,09
	HI	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	HN	-0.5	0,33	1,85	-0,09
$\Sigma \mu H$					-0,50
I	IH	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	IC	-0.5	0,33	1,85	-0,09
	IJ	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	IO	-0.5	0,33	1,85	-0,09
$\Sigma \mu I$					-0,50
J	JI	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	JD	-0.5	0,33	1,85	-0,09
	JK	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	JP	-0.5	0,33	1,85	-0,09
$\Sigma \mu J$					-0,50
K	KJ	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	KE	-0.5	0,33	1,85	-0,09
	KL	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	KQ	-0.5	0,33	1,85	-0,09
$\Sigma \mu K$					-0,50
L	LK	-0.5	0,59	1,26	-0,24
	LF	-0.5	0,33	1,26	-0,13
	LR	-0.5	0,33	1,26	-0,13
$\Sigma \mu L$					-0,50

Fuente: elaboración propia.

- Factores de giro o coeficientes de reparto ( $\mu_{ik}$ )

$$\mu_{\text{emportado}} = 0$$

En la tabla XIX se observan los resultados de los factores de giro, calculados para columnas y vigas del marco típico en dirección Y.

Tabla XVIII. Factores de giro para columnas y vigas de marco típico D en dirección X

Nodo	Dirección	-0.50	$k_i$	$\Sigma k_i$	$\mu$
A	AB	-0.5	0,59	0,93	-0,32
	AG	-0.5	0,33	0,93	-0,18
	$\Sigma \mu_A$				-0,50
B	BA	-0.5	0,59	1,52	-0,20
	BC	-0.5	0,59	1,52	-0,20
	BH	-0.5	0,33	1,52	-0,10
$\Sigma \mu_B$				-0,50	
C	CB	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	CD	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	CI	-0.5	0,33	1,52	-0,11
$\Sigma \mu_C$				-0,50	
D	DC	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	DE	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	DJ	-0.5	0,33	1,52	-0,11
$\Sigma \mu_D$				-0,50	
E	ED	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	EF	-0.5	0,59	1,52	-0,19
	EK	-0.5	0,33	1,52	-0,11
$\Sigma \mu_E$				-0,50	
F	FE	-0.5	0,25	1,04	-0,12
	FL	-0.5	0,79	1,04	-0,38
$\Sigma \mu_F$				-0,50	
G	GA	-0.5	0,79	1,83	-0,22
	GH	-0.5	0,25	1,83	-0,06
	GM	-0.5	0,79	1,83	-0,22
$\Sigma \mu_G$				-0,50	
H	HG	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	HB	-0.5	0,33	1,85	-0,09
	HI	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	HN	-0.5	0,33	1,85	-0,09
$\Sigma \mu_H$				-0,50	
I	IH	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	IC	-0.5	0,33	1,85	-0,09
	IJ	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	IO	-0.5	0,33	1,85	-0,09
$\Sigma \mu_I$				-0,50	
J	JI	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	JD	-0.5	0,33	1,85	-0,09
	JK	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	JP	-0.5	0,33	1,85	-0,09
$\Sigma \mu_J$				-0,50	
K	KJ	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	KE	-0.5	0,33	1,85	-0,09
	KL	-0.5	0,59	1,85	-0,16
	KQ	-0.5	0,33	1,85	-0,09
$\Sigma \mu_K$				-0,50	
L	LK	-0.5	0,59	1,26	-0,24
	LF	-0.5	0,33	1,26	-0,13
	LR	-0.5	0,33	1,26	-0,13
$\Sigma \mu_L$				-0,50	

Fuente: elaboración propia.



- Factor de corrimiento  $v_{ik} = -3/2 \left( \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$

$$V_{af} = -3/2 \left( \frac{0,33}{0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,33} \right) = -0,25$$

$$V_{fk} = -3/2 \left( \frac{0,33}{0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,33} \right) = -0,25$$

- Influencias de giro ( $M'_{ik}$ )

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum (M'_{ni} + M''_{in}))$$

- Primera iteración

El ciclo que se utilizó para el análisis fue el siguiente: G-H-I-J-K-L- F-E-D-C-B-A , por lo que se realizará la demostración desde el nodo G al nodo A. Para la primera iteración los valores de  $M'_{ik}$  se tomarán igual a cero.

Nodo G:

$$M'_{ga} = -0,22*(1884+0+0) = -381,063$$

$$M'_{gm} = -0,22*(1884+0+0) = -381,63$$

$$M'_{gh} = -0,06*(1884+0+0) = -104,08$$

Nodo H:

$$M'_{hb} = -0,09*(0+(-104,08)+29,22+(-2,29)+0) = 6,94$$

$$M'_{hn} = -0,09*(0+(-104,08)+29,22+(-2,29)+0) = 6,94$$

$$M'_{hg} = -0,16*(0+(-104,08)+29,22+(-2,29)+0) = 12,34$$

$$M'_{hi} = -0,16*(0+(-104,08)+29,22+(-2,29)+0) = 12,34$$

Nodo I:

$$M'_{ic} = -0,09*(0+(-7,42)+12,34+9,35+0) = -1,29$$

$$M'_{io} = -0,09*(0+(-7,42)+12,34+9,35+0) = -1,29$$

$$M'_{ih} = -0,16*(0+(-7,42)+12,34+9,35+0) = -2,29$$

$$M'_{ij} = -0,16*(0+(-7,42)+12,34+9,35+0) = -2,29$$

Nodo J:

$$M'_{jd} = -0,09*(0+(-2,29)+(-59,12)+2,97+0) = 5,26$$

$$M'_{jp} = -0,09*(0+(-2,29)+(-59,12)+2,97+0) = 5,26$$

$$M'_{ji} = -0,16*(0+(-2,29)+(-59,12)+2,97+0) = 9,35$$

$$M'_{jk} = -0,16*(0+(-2,29)+(-59,12)+2,97+0) = 9,35$$

Nodo K:

$$M'_{ke} = -0,09*(0+(-11,52)+9,35+371,66+0) = -33,26$$

$$M'_{kq} = -0,09*(0+(-11,52)+9,35+371,66+0) = -33,26$$

$$M'_{kj} = -0,16*(0+(-11,52)+9,35+371,66+0) = -59,12$$

$$M'_{kl} = -0,16*(0+(-11,52)+9,35+371,66+0) = -59,12$$

Nodo L:

$$M'_{lf} = -0,13*(-1884+(-59,12)+394,54+0) = 201,32$$

$$M'_{lr} = -0,13*(-1884+(-59,12)+394,54+0) = 201,32$$

$$M'_{lk} = -0,24*(-1884+(-59,12)+394,54+0) = 371,66$$

Nodo F:

$$M'_{fl} = -0,38*(-1221,33+201,32+-18,25) = 394,64$$

$$M'_{fe} = -0,12*(-1221,33+201,32+-18,25) = -124,59$$

Nodo E:

$$M'_{ek} = -0,12*(0+124,59+(-33,26)+4,70) = -11,52$$

$$M'_{ed} = -0,19*(0+124,59+(-33,26)+4,70) = -18,25$$

$$M'_{ef} = -0,19*(0+124,59+(-33,26)+4,70) = -18,25$$

Nodo D:

$$M'_{dj} = -0,12*(0+(-11,25)+(-18,25)+5,26) = 2,97$$

$$M'_{dc} = -0,19*(0+(-11,25)+(-18,25)+5,26) = 4,70$$

$$M'_{de} = -0,19*(0+(-11,25)+(-18,25)+5,26) = 4,70$$

Nodo C:

$$M'_{ci} = -0,12*(0+58,44+4,70+(-1,29)) = -7,42$$

$$M'_{cb} = -0,19*(0+58,44+4,70+(-1,29)) = -11,75$$

$$M'_{cd} = -0,19*(0+58,44+4,70+(-1,29)) = -11,75$$

Nodo B:

$$M'_{bh} = -0,10*(0+(-287,41)+(-11,75)+6,94) = 29,22$$

$$M'_{ba} = -0,20*(0+(-287,41)+(-11,75)+6,94) = 58,44$$

$$M'_{bc} = -0,20*(0+(-287,41)+(-11,75)+6,94) = 58,44$$

Nodo A:

$$M'_{ag} = -0,18 \cdot (1221,33 + (-381,63) + 58,44) = -161,67$$

$$M'_{ab} = -0,32 \cdot (1221,33 + (-381,63) + 58,44) = -287,41$$

Las iteraciones continúan hasta que los valores de momentos comienzan a ser repetitivos o cuando existan variaciones mínimas. Al finalizar el proceso se obtienen los momentos finales, los que se muestran en las tablas siguientes, para carga muerta, carga viva y carga de sismo.

Tabla XIX. **Momentos finales para carga muerta, para marco típico D en dirección X (kg-m)**

		$M_{ik}$	$2*M'_{ik}$	$M'_{ki}$	M. Final
NUDO A	MAB	1,221,33	-574,81	58,44	704,96
	MAG	0,00	-323,33	-381,63	-704,96
NUDO B	MBA	-1,221,33	116,88	-287,41	-1,391,85
	MBC	1,221,33	116,88	-11,75	1,326,46
	MBH	0,00	58,44	6,94	65,39
NUDO C	MCB	-1,221,33	-23,50	58,44	-1,186,39
	MCD	1,221,33	-23,50	4,70	1,202,53
	MCI	0,00	-14,84	-1,29	-16,13
NUDO D	MDC	-1,221,33	9,40	-11,75	-1,223,68
	MDE	1,221,33	9,40	-18,25	1,212,48
	MDJ	0,00	5,94	5,26	11,20
NUDO E	MED	-1,221,33	-36,49	4,70	-1,253,12
	MEF	1,221,33	-36,49	124,59	1,309,43
	MEK	0,00	-23,05	-33,26	-56,30
NUDO F	MFE	-1,221,33	249,18	-18,25	-990,39
	MFL	0,00	789,07	201,32	990,39
NUDO G	MGH	1,884,00	-208,16	12,34	1,688,18
	MGA	0,00	-763,26	-161,67	-924,93
	MGM	0,00	-763,26	0,00	-763,26
NUDO H	MHG	-1,884,00	24,69	-104,08	-1,963,39
	MHI	1,884,00	24,69	-2,29	1,906,40
	MHB	0,00	13,89	29,22	43,11
	MHN	0,00	13,89	0,00	13,89
NUDO I	MIH	-1,884,00	-4,57	12,34	-1,876,23
	MJ	1,884,00	-4,57	9,35	1,888,78
	MIC	0,00	-2,57	-7,42	-9,99
	MIO	0,00	-2,57	0,00	-2,57
NUDO J	MJI	-1,884,00	18,70	-2,29	-1,867,58
	MJK	1,884,00	18,70	-59,12	1,843,58
	MJD	0,00	10,52	2,97	13,49
	MJP	0,00	10,52	0,00	10,52
NUDO K	MKJ	-1,884,00	-118,24	9,35	-1,992,89
	MKL	1,884,00	-118,24	371,66	2,137,42
	MKE	0,00	-66,51	-11,52	-78,04
	MKQ	0,00	-66,51	0,00	-66,51
NUDO L	MLK	-1,884,00	743,33	-59,12	-1,199,79
	MLF	0,00	402,64	394,54	797,17
	MLR	0,00	402,64	0,00	402,64
NUDO M	MMG	0,00	0,00	-381,63	-381,63
NUDO N	MNH	0,00	0,00	6,94	6,94
NUDO O	MOI	0,00	0,00	-1,29	-1,29
NUDO P	MPJ	0,00	0,00	5,26	5,26
NUDO Q	MQK	0,00	0,00	-33,26	-33,26
NUDO R	MRL	0,00	0,00	201,32	201,32

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Momentos finales para carga viva, para marco típico D en dirección X (kg-m)**

		$M_{ik}$	$2*M'_{ik}$	$M'_{ki}$	M. Final
NUDO A	MAB	533,33	-258,94	26,43	300,82
	MAG	0,00	-145,65	-155,16	-300,82
NUDO B	MBA	-533,33	52,85	-129,47	-609,95
	MBC	533,33	52,85	-5,36	580,83
	MBH	0,00	26,43	2,69	29,12
NUDO C	MCB	-533,33	-10,71	26,43	-517,61
	MCD	533,33	-10,71	2,22	524,84
	MCI	0,00	-6,76	-0,46	-7,22
NUDO D	MDC	-533,33	4,44	-5,36	-534,24
	MDE	533,33	4,44	-8,41	529,37
	MDJ	0,00	2,80	2,07	4,88
NUDO E	MED	-533,33	-16,81	2,22	-547,92
	MEF	533,33	-16,81	55,31	571,83
	MEK	0,00	-10,62	-13,29	-23,90
NUDO F	MFE	-533,33	110,62	-8,41	-431,12
	MFL	0,00	350,28	80,84	431,12
NUDO G	MGH	773,33	-84,64	4,79	693,48
	MGA	0,00	-310,33	-72,83	-383,16
	MGM	0,00	-310,33	0,00	-310,33
NUDO H	MHG	-773,33	9,58	-42,32	-806,07
	MHI	773,33	9,58	-0,82	782,09
	MHB	0,00	5,39	13,21	18,60
	MHN	0,00	5,39	0,00	5,39
NUDO I	MIH	-773,33	-1,63	4,79	-770,17
	MIJ	773,33	-1,63	3,69	775,39
	MIC	0,00	-0,92	-3,38	-4,30
	MIO	0,00	-0,92	0,00	-0,92
NUDO J	MJI	-773,33	7,37	-0,82	-766,77
	MJK	773,33	7,37	-23,62	757,08
	MJD	0,00	4,15	1,40	5,55
	MJP	0,00	4,15	0,00	4,15
NUDO K	MKJ	-773,33	-47,24	3,69	-816,88
	MKL	773,33	-47,24	149,24	875,33
	MKE	0,00	-26,57	-5,31	-31,88
	MKQ	0,00	-26,57	0,00	-26,57
NUDO L	MLK	-773,33	298,47	-23,62	-498,48
	MLF	0,00	161,67	175,14	336,81
	MLR	0,00	161,67	0,00	161,67
NUDO M	MMG	0,00	0,00	-155,16	-155,16
NUDO N	MNH	0,00	0,00	2,69	2,69
NUDO O	MOI	0,00	0,00	-0,46	-0,46
NUDO P	MPJ	0,00	0,00	2,07	2,07
NUDO Q	MQK	0,00	0,00	-13,29	-13,29
NUDO R	MRL	0,00	0,00	80,84	80,84

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis por carga sísmica habrá que tomar en cuenta otros factores, tales como:

- Fuerzas de sujeción  $H = F_m \cdot \text{Nivel}$

$$\text{Nivel 2} = 7237,35 \text{ kg} \quad H = 3,00 \text{ m}$$

$$\text{Nivel 1} = 7233,11 \text{ kg} \quad H = 3,00 \text{ m}$$

- Fuerza cortante en el piso  $Q_n = \sum H$ :

$$Q_{\text{nivel2}} = 7237,35 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{nivel1}} = 7237,35 \text{ kg} + 7233,11 \text{ kg} = 14470,46 \text{ kg}$$

- Momentos de piso  $M_n = Q_n \cdot h_n / 3$

$$\text{Momento nivel 2} = \frac{7237,35 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m}}{3} = 7237,35 \text{ kg-m}$$

$$\text{Momento nivel 1} = \frac{14470,46 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m}}{3} = 14470,46 \text{ kg-m}$$

En la siguiente tabla se presentan los momentos finales de carga sísmica obtenidos por el método de Kani:

Tabla XXI. **Momentos finales para carga sismica, para marco típico D en dirección X (kg-m)**

		$M_{ik}$	$2*M'_{ik}$	$M'_{ki}$	$M_{col}$	M. Final
NUDO A	MAB	0,00	-355,47	-210,07	0,00	-565,54
	MAG	0,00	-199,95	-1,122,15	1,887,64	565,54
NUDO B	MBA	0,00	-420,13	-177,74	0,00	-597,87
	MBC	0,00	-420,13	-216,41	0,00	-636,55
	MBH	0,00	-210,07	-443,16	1,887,64	1,234,42
NUDO C	MCB	0,00	-432,83	-210,07	0,00	-642,89
	MCD	0,00	-432,83	-201,93	0,00	-634,75
	MCI	0,00	-216,41	-367,57	1,861,63	1,277,65
NUDO D	MDC	0,00	-403,85	-216,41	0,00	-620,27
	MDE	0,00	-403,85	-253,36	0,00	-657,22
	MDJ	0,00	-201,93	-386,84	1,866,25	1,277,49
NUDO E	MED	0,00	-506,73	-201,93	0,00	-708,65
	MEF	0,00	-506,73	-128,09	0,00	-634,81
	MEK	0,00	-253,36	-345,58	1,942,41	1,343,47
NUDO F	MFE	0,00	-256,18	-253,36	0,00	-509,54
	MFL	0,00	-811,23	-621,64	1,942,41	509,54
NUDO G	MGH	0,00	-612,08	-787,83	0,00	-1,399,91
	MGA	0,00	-2,244,29	-99,98	1,887,64	-456,63
	MGM	0,00	-2,244,29	0,00	4,100,83	1,856,54
NUDO H	MHG	0,00	-1,575,66	-306,04	0,00	-1,881,70
	MHI	0,00	-1,575,66	-653,46	0,00	-2,229,12
	MHB	0,00	-886,31	-105,03	1,887,64	896,30
	MHN	0,00	-886,31	0,00	4,100,83	3,214,52
NUDO I	MIH	0,00	-1,306,91	-787,83	0,00	-2,094,74
	MIJ	0,00	-1,306,91	-687,71	0,00	-1,994,62
	MIC	0,00	-735,14	-108,21	1,861,63	1,018,29
	MIO	0,00	-735,14	0,00	3,806,22	3,071,08
NUDO J	MJI	0,00	-1,375,42	-653,46	0,00	-2,028,87
	MJK	0,00	-1,375,42	-614,37	0,00	-1,989,79
	MJD	0,00	-773,67	-100,96	1,866,25	991,61
	MJP	0,00	-773,67	0,00	3,800,72	3,027,05
NUDO K	MKJ	0,00	-1,228,74	-687,71	0,00	-1,916,44
	MKL	0,00	-1,228,74	-1,147,64	0,00	-2,376,38
	MKE	0,00	-691,16	-126,68	1,942,41	1,124,57
	MKQ	0,00	-691,16	0,00	3,859,42	3,168,26
NUDO L	MLK	0,00	-2,295,29	-614,37	0,00	-2,909,66
	MLF	0,00	-1,243,28	-405,62	1,942,41	293,52
	MLR	0,00	-1,243,28	0,00	3,859,42	2,616,14
NUDO M	MMG	0,00	0,00	-1,122,15	4,100,83	2,978,69
NUDO N	MNH	0,00	0,00	-443,16	4,100,83	3,657,68
NUDO O	MOI	0,00	0,00	-367,57	3,806,22	3,438,65
NUDO P	MPJ	0,00	0,00	-386,84	3,800,72	3,413,88
NUDO Q	MQK	0,00	0,00	-345,58	3,859,42	3,513,84
NUDO R	MRL	0,00	0,00	-621,64	3,859,42	3,237,78

Fuente: elaboración propia.



Para efectos del análisis estructural se utilizó el software ETABS 2015, para poder obtener los resultados y posteriormente realizar la comparación de los mismos en cada uno de los elementos estructurales, con respecto a los resultados obtenidos a través del método numérico de Kani. En conclusión se determinó que los resultados variaron en un porcentaje entre el 3 y 26 %, y para el diseño de la estructura se utilizarán los resultados del análisis estructural por el método de Kani.

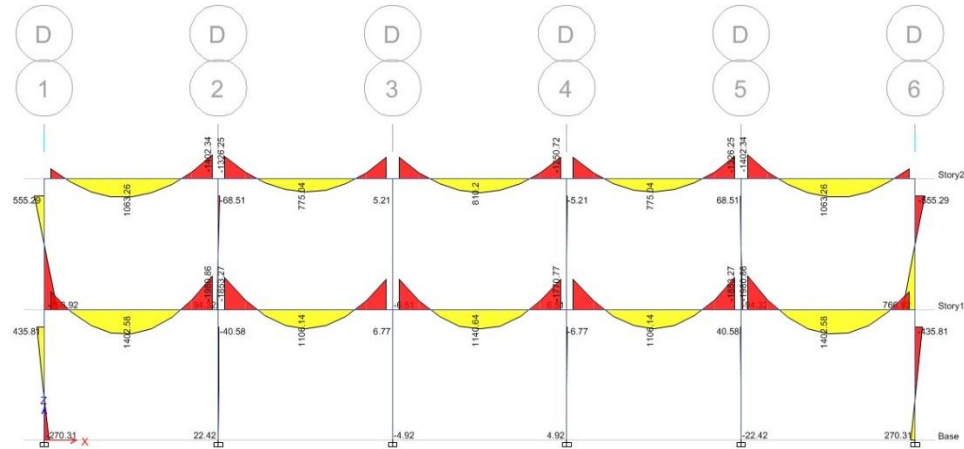
Tabla XXII. **Comparación de resultados entre método de Kani con ETABS**

Carga	Tramo	Método de Kani		ETABS		% Error
		M. izq (kg-m)	M. der (kg-m)	M izq (kg-m)	M der (kg-m)	
Carga muerta	Viga					
	A-B	704,96	1,391,85	592,97	1402,34	5,09
	B-C	1,326,46	1,186,39	1326,25	1245,5	2,29
	C-D	1,202,53	1,223,68	1250,72	1250,72	3,01
	D-E	1,212,48	1,253,12	1245,5	1326,25	4,13
	E-F	1,309,43	990,39	1432,34	592,97	13,55
	G-H	1,688,18	2,408,64	1,037	1980,86	12,14
	H-I	1,906,40	1,876,23	1853,27	1757,27	4,77
	I-J	1,888,78	1,867,58	1770,77	1770,77	6,07
	J-K	1,843,58	1,992,89	1757,27	1853,27	6,26
K-L	2,137,42	1,199,79	1980,86	1036,79	10,59	
Carga viva	A-B	300,82	609,95	318,03	807,75	19,10
	B-C	580,83	517,61	764,31	710,55	25,52
	C-D	524,84	534,24	713,86	713,86	25,82
	D-E	529,37	547,92	710,55	764,31	26,96
	E-F	571,83	431,12	807,75	318,03	10,91
	G-H	693,48	806,07	532,23	1009,44	2,73
	H-I	782,09	770,17	944,07	897,53	15,71
	I-J	775,39	766,77	904,15	904,15	14,72
	J-K	757,08	816,88	897,53	944,07	14,53
	K-L	875,33	498,48	1009,44	532,23	10,89

Fuente: elaboración propia.

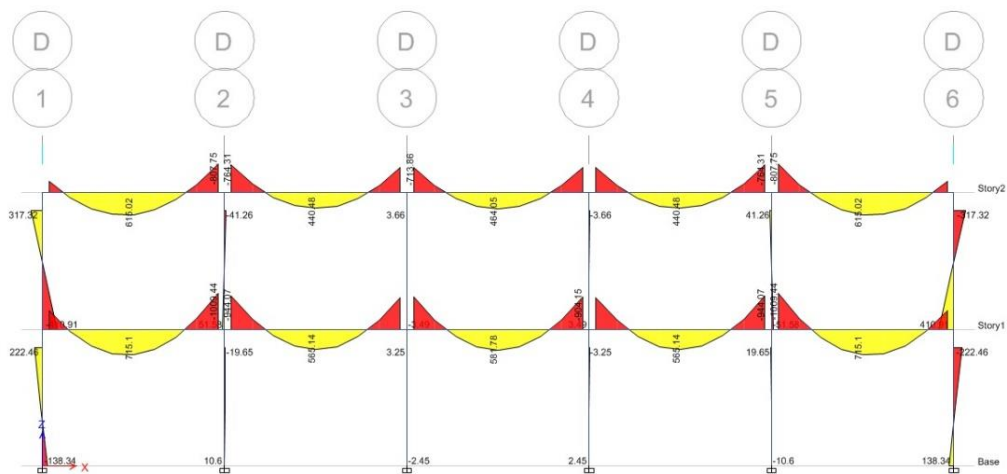
Los diagramas de momentos para carga muerta y viva obtenidos del programa ETABS se muestran en las siguientes figuras:

Figura 21. Diagrama de momento de carga muerta, marco D en el sentido X (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

Figura 22. Diagrama de momento de carga viva, marco D en el sentido Y (kg-m)

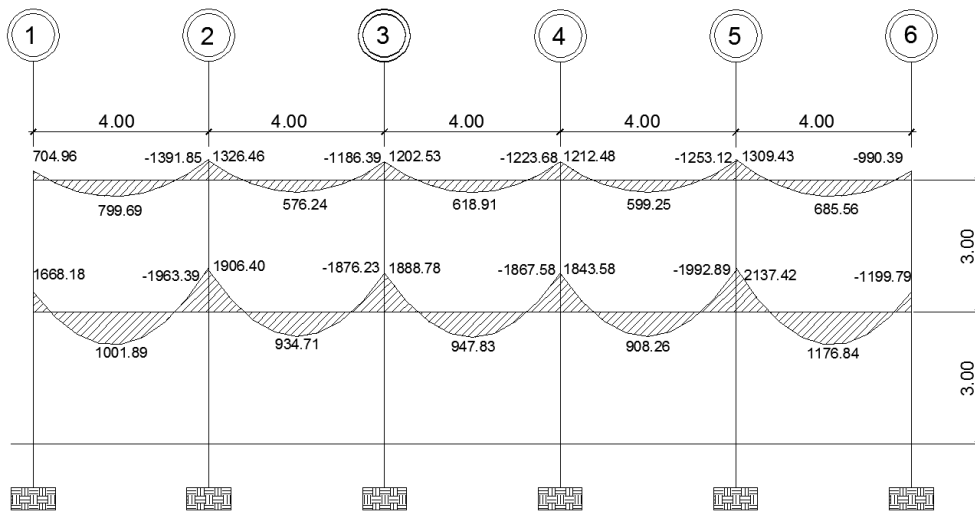


Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

### 3.4.2.6. Diagrama de corte y momento

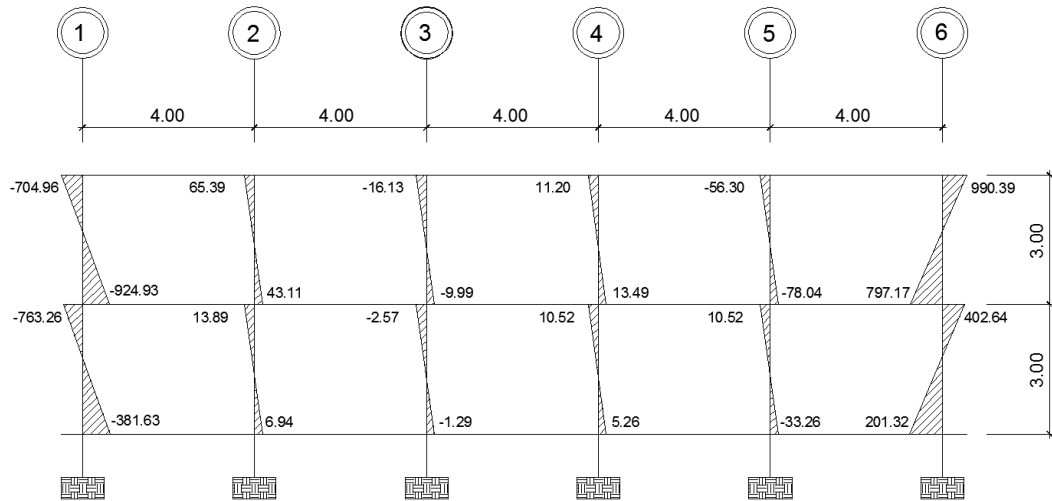
A continuación se presentan los diagramas de momentos de carga viva, carga muerta y carga de sismo, los diagramas de cortante para vigas y columnas para el marco D serán presentados en el capítulo de envolvente de momentos y cortantes, tomando en cuenta que el análisis estructural se realizó por separado para cada tipo de carga.

Figura 23. Diagrama de momentos en vigas, carga muerta, marco D (kg-m)



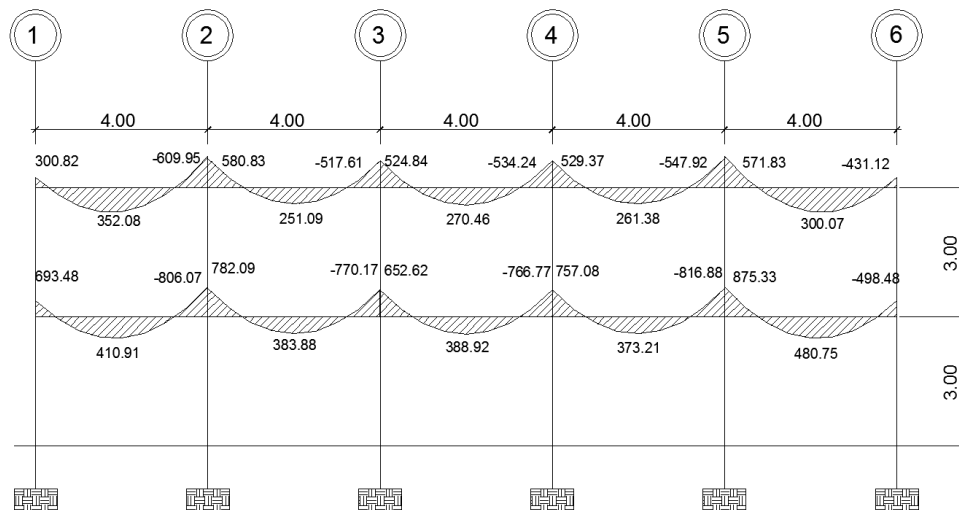
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 24. **Diagrama de momentos en columnas, carga muerta, marco D (kg-m)**



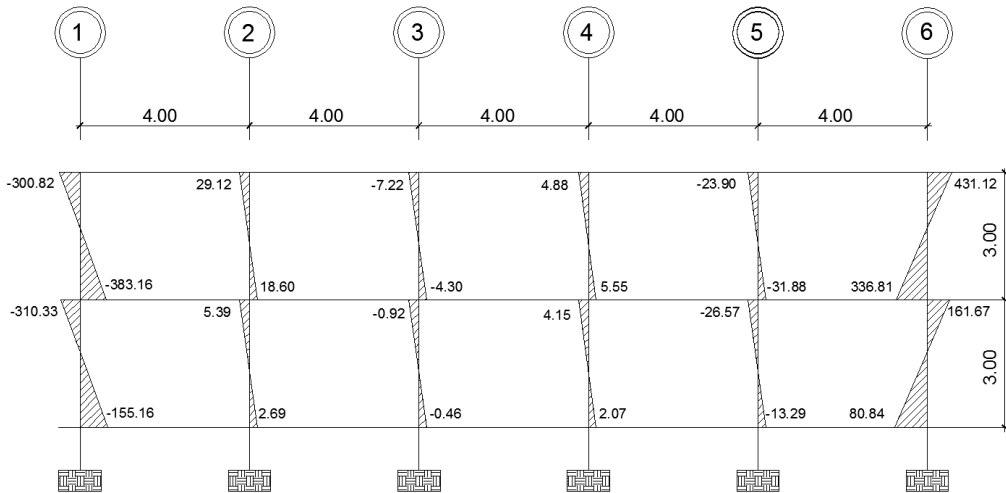
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 25. **Diagrama de momentos en vigas, carga de viva, marco D (kg-m)**



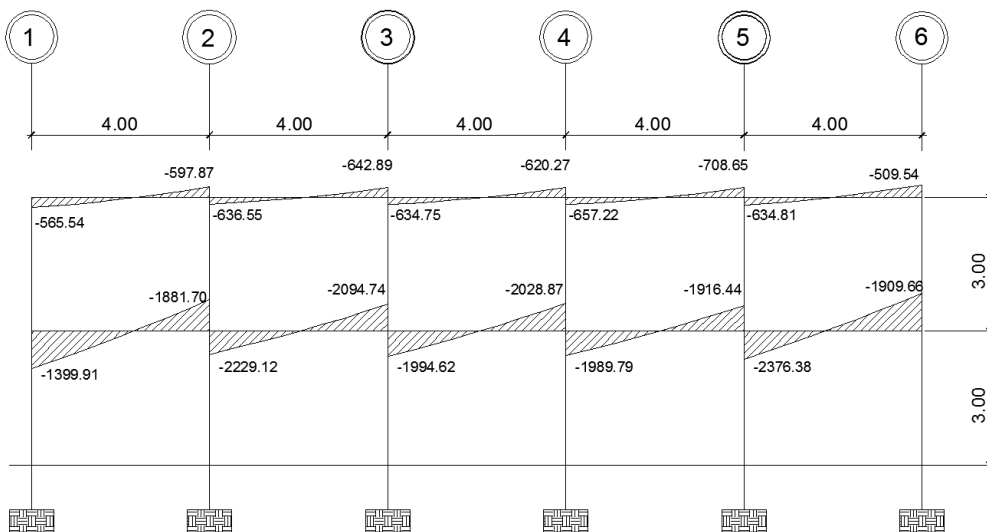
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 26. Diagrama de momentos en columnas, carga viva, marco D  
(kg-m)



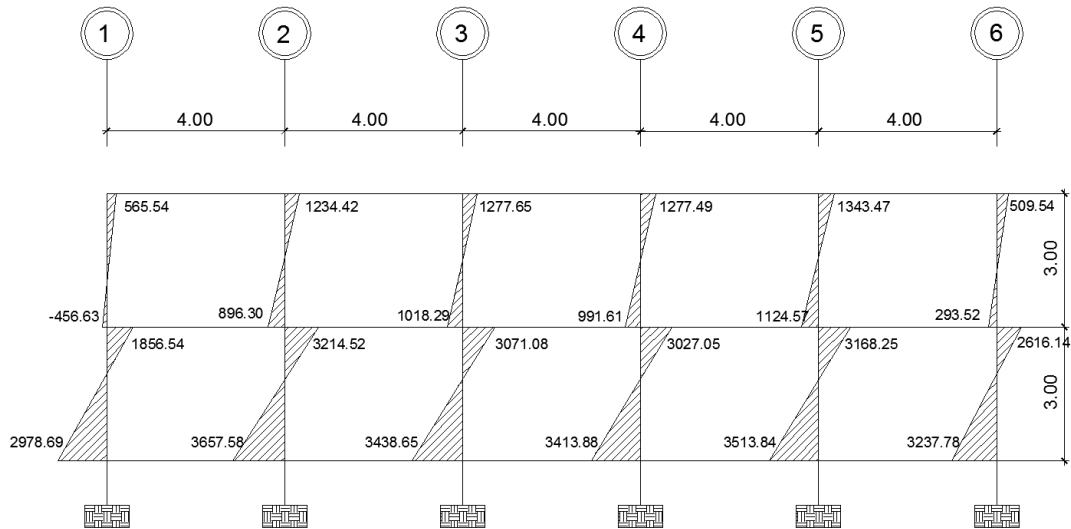
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 27. Diagrama de momentos en vigas, carga de sismo, marco D  
(kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 28. **Diagrama de momentos en columnas, carga de sismo, marco D (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.2.7. **Envolvente de momentos**

La gráfica envolvente de momentos es la combinación de los resultados del análisis estructural para carga muerta, viva y de sismo. Para dicha combinación se utilizan las ecuaciones dispuestas por el Código ACI-318-11 en el apéndice C.2, las cuales se presentan a continuación:

- $M = 1,4 M_{cm} + 1,7 M_{cv}$
- $M = 0,75 (1,4 M_{cm} + 1,7 M_{cv}) + 1,0 M_{cs}$
- $M = 0,75 (1,4 M_{cm} + 1,7 M_{cv}) - 1,0 M_{cs}$
- $M = 0,9 M_{cm} + 1,0 M_{cs}$
- $M = 0,9 M_{cm} - 1,0 M_{cs}$

Donde:

M = momento último

M<sub>cm</sub> = momento debido a carga muerta

M<sub>cv</sub> = momento debido a carga viva

M<sub>cs</sub> = momento debido a carga de sismo

De estas cinco combinaciones debe seleccionarse el resultado del valor mayor. Con ello, se procede a diseñar los elementos estructurales.

Para fines de explicación se dejará constancia del procedimiento para calcular la envolvente de momento en el tramo A-B del marco D, y se colocarán en el gráfico los demás resultados de la envolvente de momentos del marco D. Cabe resaltar que la envolvente de momentos se calcula tanto para vigas como para columnas.

Tramo A-B marco D segundo nivel:

Momento en el lado izquierdo:

- $M = 1,4 \cdot 704,96 + 1,7 \cdot 300,82 = 1498,34 \text{ kg-m}$
- $M = 0,75 (1,4 \cdot 704,96 + 1,7 \cdot 300,82) + 1,0 \cdot -565,54 = 558,21 \text{ kg-m}$
- $M = 0,75 (1,4 \cdot 704,96 + 1,7 \cdot 300,82) - 1,0 \cdot -565,54 = 1689,29 \text{ kg-m}$
- $M = 0,9 \cdot 704,96 + 1,0 \cdot -565,54 = 68,92 \text{ kg-m}$
- $M = 0,9 \cdot 704,96 - 1,0 \cdot -565,54 = 1200,01 \text{ kg-m}$

Momento en el centro:

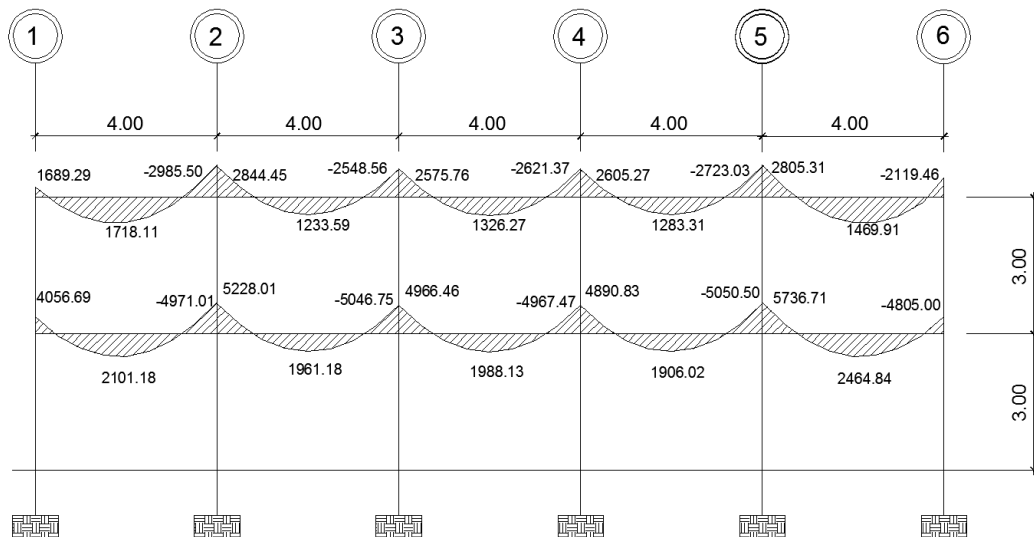
- $M = 1,4 \cdot 799,69 + 1,7 \cdot 352,08 = 1718,11 \text{ kg-m}$

- $M = 0,75 (1,4 \cdot 799,69 + 1,7 \cdot 352,08) + 1,0 \cdot 0 = 1288,58 \text{ kg-m}$
- $M = 0,75 (11,4 \cdot 799,69 + 1,7 \cdot 352,08) - 1,0 \cdot 0 = 1288,58 \text{ kg-m}$
- $M = 0,9 \cdot 799,69 + 1,0 \cdot 0 = 719,72 \text{ kg-m}$
- $M = 0,9 \cdot 799,69 - 1,0 \cdot 0 = 719,72 \text{ kg-m}$

Momento en el lado derecho:

- $M = 1,4 \cdot -1391,85 + 1,7 \cdot -609,94 = -2985,50 \text{ kg-m}$
- $M = 0,75 (1,4 \cdot -1391,85 + 1,7 \cdot -609,94) + 1,0 \cdot -597,87 = -2837,00 \text{ kg-m}$
- $M = 0,75 (1,4 \cdot -1391,85 + 1,7 \cdot -609,94) - 1,0 \cdot -597,87 = -1641,25 \text{ kg-m}$
- $M = 0,9 \cdot -1391,85 + 1,0 \cdot -597,87 = -1850,54 \text{ kg-m}$
- $M = 0,9 \cdot -1391,85 - 1,0 \cdot -597,87 = -654,79 \text{ kg-m}$

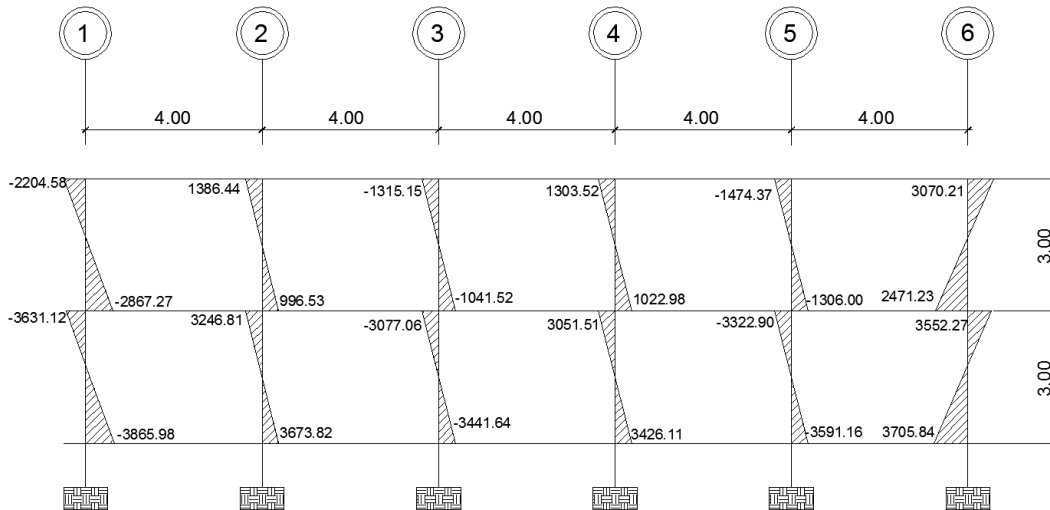
Figura 29. **Envolvente de momentos para vigas, marco D (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



Figura 30. **Envolvente de momentos para columnas, marco D (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.2.8. Diagramas de corte

Los esfuerzos cortantes en las vigas se obtienen aplicando los factores de resistencia de las cinco ecuaciones dispuestas por el Código ACI-318-11 en el apéndice C.2. Las ecuaciones a utilizar se muestran a continuación y para el valor de corte último deberá seleccionarse el valor mayor de los cinco obtenidos:

$$V_v = 1,4 \left( \frac{W_{cm} * L}{2} \right) + 1,7 \left( \frac{W_{cv} * L}{2} \right)$$

$$V_v = 0,75 \left[ 1,4 \left( \frac{W_{cm} * L}{2} \right) + 1,7 \left( \frac{W_{cv} * L}{2} \right) \right] + 1, * \left( \frac{M_{CSizq} + M_{CSder}}{L} \right)$$

$$V_v = 0,75 \left[ 1,4 \left( \frac{W_{cm} * L}{2} \right) + 1,7 \left( \frac{W_{cv} * L}{2} \right) \right] - 1, * \left( \frac{M_{CSizq} + M_{CSder}}{L} \right)$$

$$V_v = 0,9 * \left( \frac{W_{cm} * L}{2} \right) + 1 * \left( \frac{M_{CSizq} + M_{CSder}}{L} \right)$$

$$V_v = 0,9 * \left( \frac{W_{cm} * L}{2} \right) - 1 * \left( \frac{M_{CSizq} + M_{CSder}}{L} \right)$$

Donde:

$V_v$  = corte último en viga

$W_{CM}$  = carga distribuida debido a carga muerta

$W_{CV}$  = carga distribuida debido a carga viva

$L$  = longitud a rostros interiores de la viga

$M_{CS\ izq}$  = momento de lado izquierdo de la viga debido a carga de sismo

$M_{CS\ der}$  = momento de lado derecho de la viga debido a carga de sismo

Los esfuerzos cortantes en las columnas se obtienen aplicando la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{M_{e\ sup} + M_{e\ inf}}{L}$$

Donde:

$V_c$  = cote último en columna

$M_{esup}$  = momento superior de la columna obtenido de la envolvente de momentos

$M_{einf}$  = momento inferior de la columna obtenido de la envolvente de momentos

$L$  = longitud total de la columna

Tramo viga A-B en eje D

Datos:

$$L = 4 \text{ m}$$

$$W_{CM} * L/2 = 1832 \text{ kg/m}$$

$$W_{CV} * L/2 = 800 \text{ kg/m}$$

$$M_{CS \text{ izq}} = 1689,29 \text{ kg-m}$$

$$M_{CS \text{ der}} = -2985,50 \text{ kg-m}$$

$$V_v = 1,4(1832) + 1,7(800) = 3924,80 \text{ kg}$$

$$V_v = 0,75[1,4(1832) + 1,7(800)] + 1 * \left( \frac{1689,29 + (-2985,5)}{4} \right) = 380,42 \text{ kg}$$

$$V_v = 0,75[1,4(1832) + 1,7(800)] - 1 * \left( \frac{1689,29 + (-2985,5)}{4} \right) = 5506,78 \text{ kg}$$

$$V_v = 0,9 * (1832) + 1 * \left( \frac{1689,29 + (-2985,5)}{4} \right) = -914,38 \text{ kg}$$

$$V_v = 0,9 * (1832) - 1 * \left( \frac{1689,29 + (-2985,5)}{4} \right) = 4211,98 \text{ kg}$$

Columna A-G

Datos:

$$L = 3,00 \text{ m}$$

Los cortantes se calculan de acuerdo a las 5 combinaciones de carga con las que se realizó la envolvente de momentos de la columna.

$$V_c = \frac{-2185,38 + (-2867,27)}{3} = -1684,22 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{-1073,49 + (-2607,08)}{3} = -1226,86 \text{ kg}$$

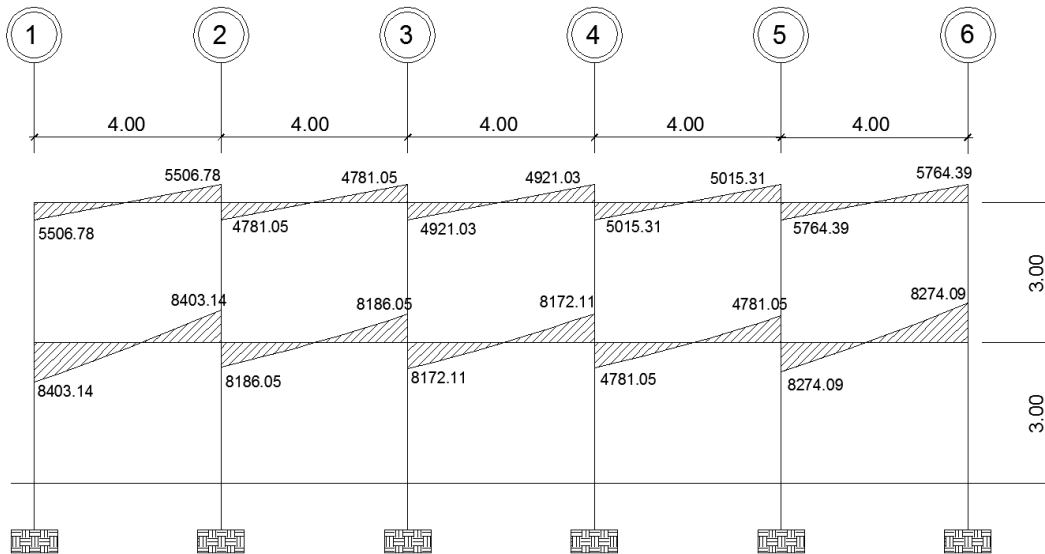
$$V_c = \frac{-2204,58 + (-1693,83)}{3} = -1299,47 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{-68,92 + (-1289,06)}{3} = -452,66 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{-1200,01 + (-375,81)}{3} = -525,27 \text{ kg}$$

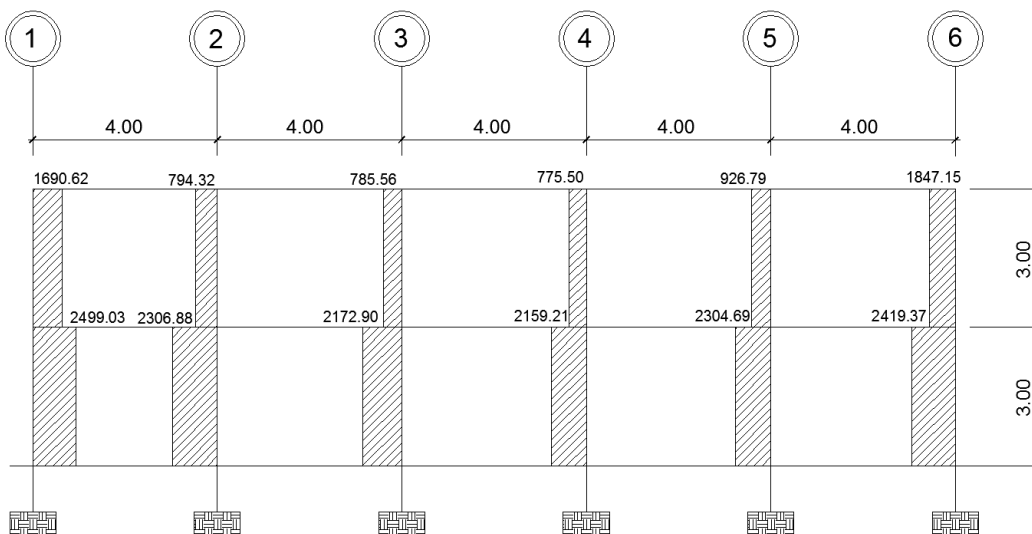
Luego de obtener todos los resultados de los cortantes actuantes en las columnas y vigas, se procede a realizar el diagrama en el cual se indica qué cortante es el más crítico en toda la viga del eje en análisis.

Figura 31. Diagrama de cortante último en vigas, marco D (kg)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 32. Diagrama de cortante último en columnas, marco D (kg)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.3. Diseño de losas

El diseño de las losas que se utilizarán para el edificio municipal para el Centro de Atención Integral (CAI) será como lo indica el método 3 del Código ACI de 1963 para losas tradicionales, también conocido como el método de los coeficientes, y se tomará como base el predimensionamiento realizado anteriormente.

Datos:

Espesor de losa  $t = 0.10 \text{ m}$

Peso específico del concreto  $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

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

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

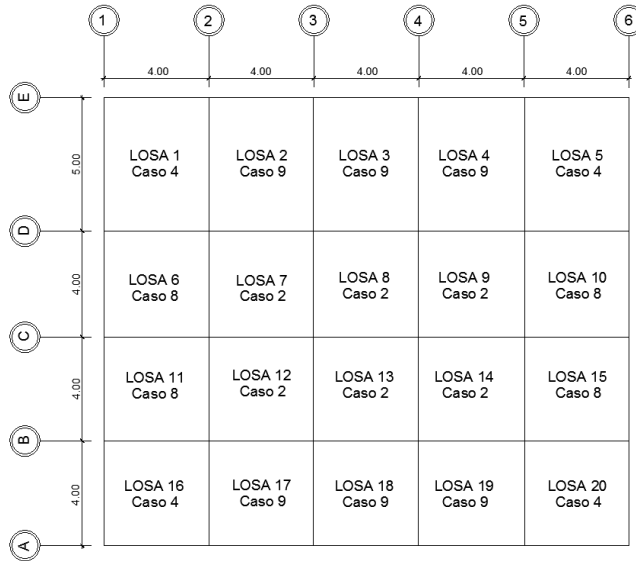
Carga muerta (muros y acabados) =  $250 \text{ kg/m}^2$

Carga viva en aulas =  $200 \text{ kg/m}^2$

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

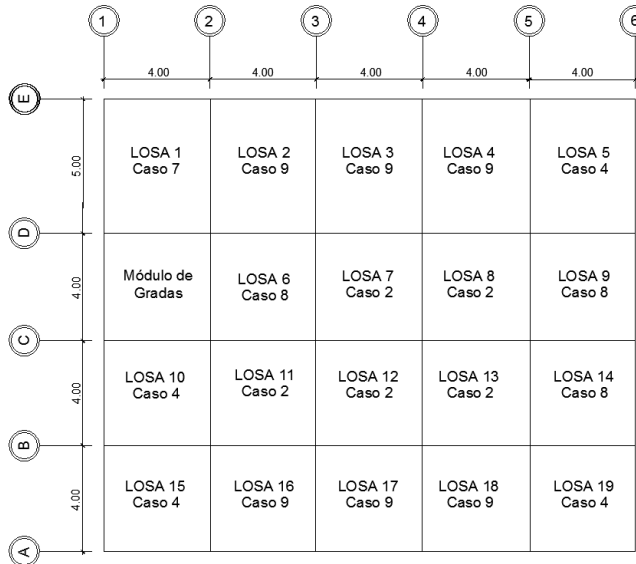
Altura del muro =  $3,00 \text{ m}$

Figura 33. **Losas y casos para el segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 34. **Losas y casos para el primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Integración de cargas:

- Carga muerta última

$$C_{MU} = 1,4(CM + \gamma_c * t)$$
$$C_{MU} = 1,4 (250 \text{ kg/m}^2 + 2400 \text{ kg/m}^3 * 0.10)$$
$$C_{MU} = 686 \text{ kg/m}^2$$

- Carga viva última

$$C_{VU} = 1,7(CV)$$
$$C_{VU\text{aula}} = 1,7(200 \text{ kg/m}^2) = 340 \text{ kg/m}^2$$

- Carga total última

$$C_{TU} = C_{MU} + C_{VU}$$
$$C_{TU} = 686 \text{ kg/m}^2 + 340 \text{ kg/m}^2 = 1026 \text{ kg/m}^2$$

El método 3 del ACI permite calcular los momentos que están siendo producidos en las franjas centrales de las losas debido a las cargas que se les aplica. Esto es mediante losas y tablas de coeficientes de momentos, las cuales se encuentran en los anexos del presente informe. Dependiendo de estos coeficientes, de la relación (m) que exista dentro de las longitudes de los lados de la losa y de la continuidad que exista entre las mismas.

Dentro del diseño se aprecia que existen losas de igual dimensión y de igual continuidad. Para fines explicativos se procederá a diseñar la losa 4 y la losa 5 del primer nivel, ya que al final de este capítulo se presentará una tabla resumen con el diseño de todas las losas del edificio, así como también la planta con los momentos balanceados.



- Cálculo de momentos actuantes  $M (\pm)$

Para el cálculo de los momentos actuantes se utilizarán las siguientes ecuaciones:

- Momentos negativos

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

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

- Momentos positivos

$$M_{a(+)} = C_{am} * C_{MU} * a^2 + C_{av} * C_{VU} * a^2$$

$$M_{b(+)} = C_{bm} * C_{MU} * b^2 + C_{bv} * C_{VU} * b^2$$

- Momentos negativos en lados sin continuidad

$$M_{a(-)} = 1/3 * M_{a(+)}$$

$$M_{b(-)} = 1/3 * M_{b(+)}$$

Donde:

$C_a, C_b$  = coeficientes para momentos negativos

$C_{am}, C_{bm}$  = coeficientes para momentos positivos debido a carga muerta

$C_{av}, C_{bv}$  = coeficientes para momentos positivos debido a carga viva

$C_{MU}$  = carga muerta última

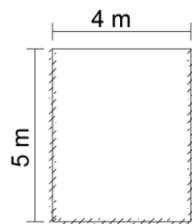
$C_{VU}$  = carga viva última

$a$  = longitud libre menor de la losa

$b$  = longitud libre mayor de la losa

Como se mencionó anteriormente se realizará el cálculo para dos losas en dos direcciones con distinta continuidad, para las demás losas se deberá realizar el mismo procedimiento descrito a continuación:

Losa 4



Caso 9

$$m = \frac{a}{b} = \frac{4}{5} = 0,80 \quad \text{Losa en 2 direcciones}$$

$$M_{a(-)} = 0,075 \cdot 1026 \cdot 4^2 = 1231,20 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,017 \cdot 1026 \cdot 5^2 = 436,05 \text{ kg-m}$$

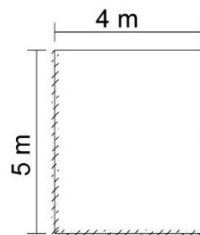
$$M_{a(+)} = 0,029 \cdot 686 \cdot 4^2 + 0,042 \cdot 340 \cdot 4^2 = 546,78 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 0,01 \cdot 686 \cdot 5^2 + 0,017 \cdot 340 \cdot 5^2 = 316,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(-)} = 0,075 \cdot 1026 \cdot 4^2 = 1231,20 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 1/3 \cdot 316,00 = 105,33 \text{ kg-m}$$

Losa 5



Caso 4

$$m = \frac{a}{b} = \frac{4}{5} = 0,80 \quad \text{Losa en dos direcciones}$$

$$M_{a(-)} = 0,055 \cdot 1026 \cdot 4^2 = 902,88 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,041 \cdot 1026 \cdot 5^2 = 1051,65 \text{ kg-m}$$

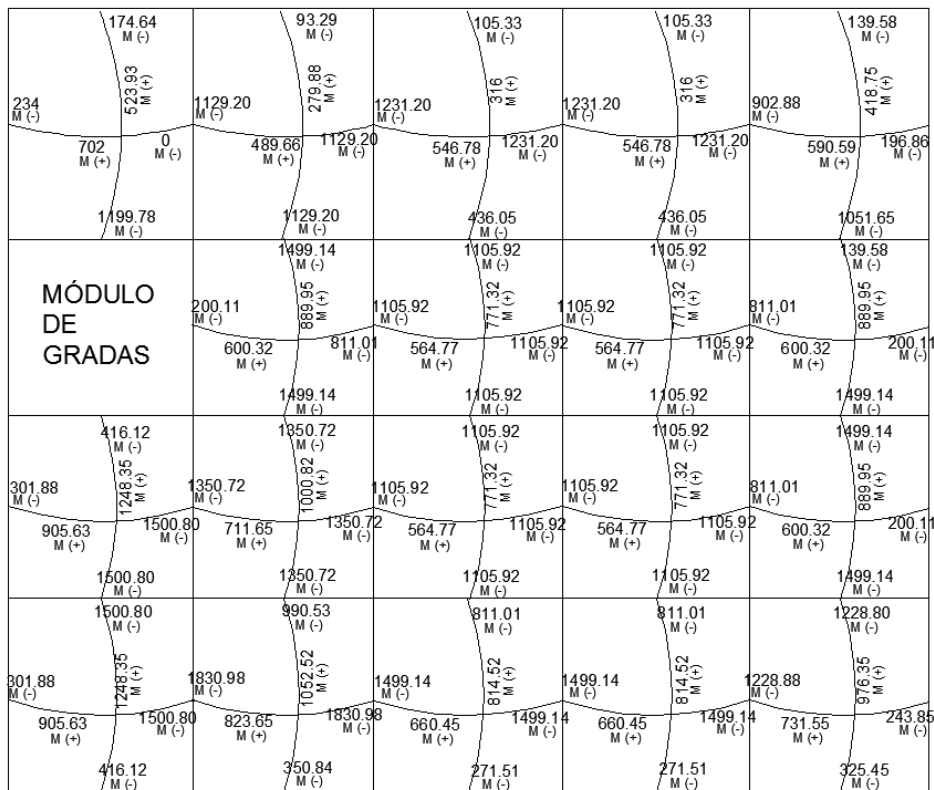
$$M_{a(+)} = 0,032 \cdot 686 \cdot 4^2 + 0,042 \cdot 340 \cdot 4^2 = 590,59 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 0,015 \cdot 686 \cdot 5^2 + 0,017 \cdot 340 \cdot 5^2 = 418,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(-)} = 1/3 \cdot 590,59 = 196,86 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 1/3 \cdot 418,75 = 139,58 \text{ kg-m}$$

Figura 35. Distribución de momentos en losas del primer nivel

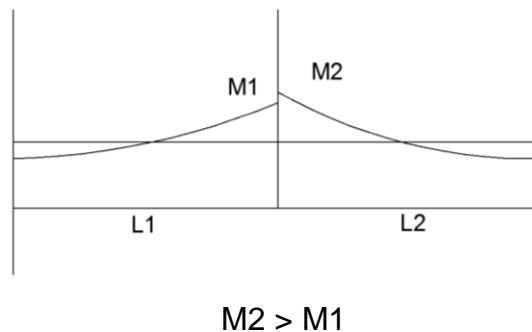


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Balance de momentos

Cuando las losas tienen un lado en común y cada una posee momentos negativos diferentes, se debe proceder a balancear dichos momentos antes de definir el refuerzo que requiere cada uno de ellos. Los momentos se pueden balancear tal y como se muestra a continuación:

Figura 36. **Balance de momentos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Si  $M1 > 0,8 * M2$ ; entonces  $MB = (M1+M2)/2$
- Si  $M1 < 0,8 * M2$ ; MB se distribuye a la rigidez de las losas

$$M1 > 0,80 * M2$$

$$1231,20 > 902,88 * 0,8$$

$$1231,20 > 722,30$$

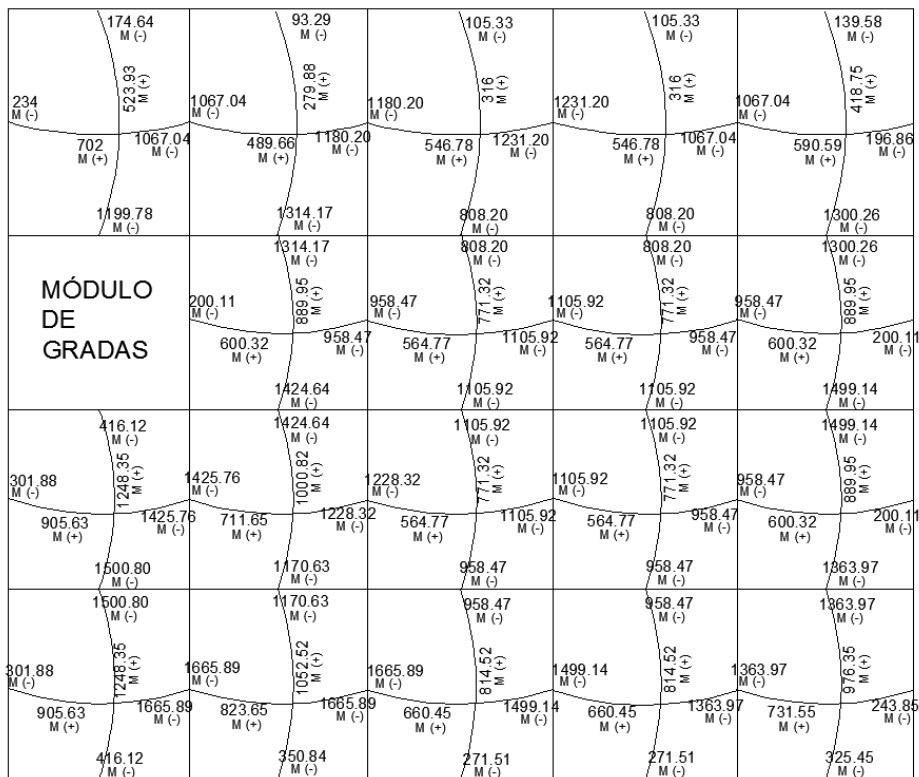
Entonces, como M1 es mayor a M2, se procede a calcular el momento balanceado de la siguiente manera:

$$MB = (1231,20 + 902,88)/2$$

$$MB = 1067,04 \text{ kg-m}$$

Los momentos finales del diseño de las losas 4 y 5 se pueden apreciar en la siguiente figura, junto a todos los momentos de las losas del primer nivel:

Figura 37. Distribución de momentos finales en losas del primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño de armado de losa: para realizar el diseño del armado de la losa, se tomará como referencia un ancho unitario de 1 metro, debe definirse el área de acero mínimo y el momento que resiste, posteriormente se calcula el área de acero para los momentos mayores a los momentos que resiste el área de acero mínima calculada.

Datos:

Espesor de losa = 0,10 m = 10 cm

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

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

Ancho unitario  $b = 1,00 \text{ m} = 100 \text{ cm}$

Recubrimiento = 2,5 cm

$\varnothing$  refuerzo No, 4 =  $\frac{1}{2}$ " = 1,27 cm

Cálculo del peralte efectivo:

$$d = t - r - \varnothing/2$$

$$d = 10 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - 1,27 \text{ cm}/2 = 7,02 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo en una losa se calcula de igual manera que el área de acero mínimo de una viga, utilizando en este caso el ancho unitario de 100 cm.

$A_{s_{\min}}$  en una viga, según el código ACI-318-11 10.5.1 (10-3), tendrá que ser el resultado mayor de las siguientes formulas:

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,8 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,8 * \sqrt{210}}{2810} * 100 * 7,02 = 2,89 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * b * d}{fy}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{(14,1)(100)(7,02)}{2810} = 3,52 \text{ cm}^2$$

Para el área de acero mínima calculada se puede determinar el espaciamiento (S) que requiere utilizando varillas No. 3.

$$\begin{aligned} 3,52 \text{ cm}^2 &= 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 &= S \end{aligned}$$

$$S_{A_{\min}} = \frac{(0,71 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{3,52 \text{ cm}^2} = 20,22 \text{ cm}$$

Según el Código ACI-318-11 7.6.5 en losas, exceptuando las losas nervadas, el espaciamiento del refuerzo principal por flexión no debe ser mayor a 3 veces el espesor de la losa ni mayor de 45 cm.

$$S_{A_{\max}} \leq 3t \leq 3(10 \text{ cm}) \leq 30 \text{ cm}$$

$$S_{A_{\max}} = 30 \text{ cm}$$

$$S_{A_{\min}} = 20,22 \text{ cm}$$

Como el espaciamiento mínimo es mayor al espaciamiento máximo, ahora el límite será este último y se procede a calcular el área de acero para cubrir dicho espaciamiento:

$$A_{s_{\min}} \quad - \quad 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \quad - \quad 30 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{(0,71 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{30 \text{ cm}} = 2,38 \text{ cm}^2$$

Con el  $A_{s_{min}}$  calculado para  $S_{max}$ , se procede a encontrar el momento ( $M_{Asmin}$ ) que dicha área resiste sin ningún inconveniente, por medio de la siguiente ecuación:

$$M_{Asmin} = \phi * \left[ A_{s_{min}} * f_y * \left( d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]; \quad \phi=0,9$$

$$M_{Asmin} = 0,9 * \left[ 2,38 * 2810 * \left( 7,02 - \frac{2,38 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] = 41067,66 \text{ kg-cm}$$

$$M_{Asmin} = 410,68 \text{ kg-m}$$

Debido a que el momento de 410,68 kg-m no cubre la mayoría de los momentos actuantes sobre las losas del primer nivel, se procederá a calcular el área de acero mínimo y el espaciamiento para los momentos restantes. Los resultados se presentarán en las siguientes tablas:

**Tabla XXIII. Espaciamientos de refuerzo a flexión en losas del primer nivel en sentido X**

Momento (kg-m)	As (cm2)	As min (cm2)	As varilla No.3	S (cm)
234,00	1,34	3,52	0,71	53,28
702,00	4,14	3,52	0,71	17,19
564,60	3,30	3,52	0,71	21,59
489,66	2,85	3,52	0,71	25,02
1,180,20	7,23	3,52	0,71	9,86
546,78	3,19	3,52	0,71	22,32
1,231,20	7,57	3,52	0,71	9,41
1,067,04	6,48	3,52	0,71	11,00
590,59	3,46	3,52	0,71	20,60
196,86	1,12	3,52	0,71	63,49
200,11	1,14	3,52	0,71	62,44
600,32	3,52	3,52	0,71	20,25
958,47	5,77	3,52	0,71	12,35
564,77	3,30	3,52	0,71	21,58
1,105,92	6,73	3,52	0,71	10,58



Continuación de la tabla XXIII:

301,88	1,73	3,52	0,71	41,11
905,63	5,43	3,52	0,71	13,13
1,425,76	8,92	3,52	0,71	7,99
711,65	4,20	3,52	0,71	16,95
1,228,32	7,55	3,52	0,71	9,43
1,665,89	10,65	3,52	0,71	6,69
823,65	4,91	3,52	0,71	14,52
660,45	3,89	3,52	0,71	18,33
1,449,14	9,08	3,52	0,71	7,85
1,363,97	8,49	3,52	0,71	8,40
243,85	1,39	3,52	0,71	51,09

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Espaciamientos de refuerzo a flexión en losas del primer nivel en sentido Y**

Momento (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	As min (cm <sup>2</sup> )	As varilla No.3	S (cm)
174,64	0,99	3,52	0,71	71,67
523,93	3,05	3,52	0,71	23,33
1,199,78	7,36	3,52	0,71	9,68
416,12	2,41	3,52	0,71	29,60
1,248,35	7,69	3,52	0,71	9,27
1,500,80	9,45	3,52	0,71	7,54
93,29	0,53	3,52	0,71	134,87
279,88	1,60	3,52	0,71	44,41
1,314,17	8,14	3,52	0,71	8,75
889,95	5,33	3,52	0,71	13,37
1,424,64	8,91	3,52	0,71	8,00
1,000,82	6,04	3,52	0,71	11,79
1,170,63	7,17	3,52	0,71	9,94
1,052,52	6,38	3,52	0,71	11,17
350,84	2,02	3,52	0,71	35,26
105,33	0,60	3,52	0,71	119,36
316,00	1,82	3,52	0,71	39,24
808,20	4,81	3,52	0,71	14,82
771,32	4,58	3,52	0,71	15,57
1,105,92	6,73	3,52	0,71	10,58
814,52	4,85	3,52	0,71	14,70
271,51	1,56	3,52	0,71	45,81
139,58	0,79	3,52	0,71	89,87
418,75	2,42	3,52	0,71	29,41

Continuación de la tabla XXIV.

1,300,26	8,05	3,52	0,71	8,86
1,499,14	9,44	3,52	0,71	7,55
1,363,97	8,49	3,52	0,71	8,40
976,35	5,88	3,52	0,71	12,11
325,45	1,87	3,52	0,71	38,08

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, se utilizará un espaciamiento de 10 centímetros en sentido horizontal y 10 centímetros en sentido vertical.

- Acero por temperatura: el código ACI-318-11 7.1.12.1 exige que en las losas donde exista el refuerzo a flexión se coloque en una sola dirección. Para esto debe colocarse en el refuerzo perpendicular al refuerzo a flexión para resistir los momentos que se producen por la retracción y temperatura. Según el Código ACI-318-11 7.12.2.1 (a), en las losas donde se empleen varillas de 2810 kg/cm<sup>2</sup> (grado 40°), la cuantía de acero por retracción y temperatura debe ser  $\rho = 0,0020$ .

Área de acero por temperatura:

$$A_{s_t} = \rho * b * t$$

$$A_{s_t} = (0,0020) * (100) * (10)$$

$$A_{s_t} = 2 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento utilizando varillas No. 3 ( $A = 0,7126 \text{ cm}^2$ ):

$$2,00 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}$$

$$0,7126 \text{ cm}^2 - S$$

$$S = 35,63 \text{ cm}$$

El Código ACI-318-11 7.12.2.2 establece que en ningún caso debe colocarse refuerzo de retracción y temperatura, con una separación mayor de 5 veces el espesor de la losa, y tampoco debe excederse de 45 cm.

$$S_{\text{tmax}} = 5t$$

$$S_{\text{tmax}} = 5 * 10 \text{ cm}$$

$$S_{\text{tmax}} = 50 \text{ cm}$$

Como  $S < S_{\text{tmax}}$  y también  $S < 45 \text{ cm}$ , el espaciamiento calculado es el correcto. Por lo tanto, se debe colocar el acero por temperatura con varillas No. 3 @ 30 cm.

- Chequeo por corte: el chequeo por corte se realiza en ambos sentidos de la losa, en el sentido corto y el sentido largo, para poder determinar si el espesor de la losa propuesto es el correcto. Para determinar que el espesor de la losa sea el correcto se debe verificar que el corte que resiste el concreto sea mayor al corte que producen las cargas actuantes. Se verificarán los cortantes en la losa más crítica con medidas de 4,00 m x 5,00 m.

- Sentido corto

$$C_{TU\text{aula}} = 1026 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 4,00 \text{ m}$$

$$V_a = \frac{C_{TU} * L}{2}$$

$$V_a = \frac{1026 \text{ kg/m}^2 * 4,00}{2} = 2052 \text{ kg}$$

- Sentido largo

$$C_{TUaula} = 1026 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 5,00 \text{ m}$$

$$V_a = \frac{C_{TU} * L}{2}$$

$$V_a = \frac{1026 \text{ kg/m}^2 * 5,00}{2} = 2565 \text{ kg}$$

- Corte que resiste el concreto

$$V_c = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d; \quad \emptyset = 0,85$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 7,02$$

$$V_c = 4582.91 \text{ kg}$$

Debido a que  $V_c > V_a$  el espesor propuesto de 10 cm, es el correcto.

#### 3.4.4. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales horizontales cuya función principalmente es transmitir las cargas de las losas hacia las columnas, son elementos que trabajan a flexión.

Las vigas para el sistema estructural elegido serán diseñadas por medio del método de resistencia última, que se basa en que los elementos fallan cuando alcanzan la resistencia última. Esto utilizando las cargas factorizadas

por medio de las ecuaciones descritas en el apéndice C2 ACI-318-11, y asimismo reduciendo la resistencia de los materiales. Esto por medio del factor de reducción, dicho factor es variable por la condición de trabajo del miembro estructural, ya que puede trabajar a flexión o a corte.

Los momentos utilizados para el diseño estructural del elemento se toman directamente de la envolvente de momentos que se obtuvo del resultado del análisis estructural. A manera de ejemplificar el diseño estructural de las vigas, se diseñarán las vigas entre los nodos F-G y G-H del eje 3, ya que será el mismo diseño para las diferentes vigas del sistema.

Datos:

Peso específico del concreto  $\gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$

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

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

$b = 30 \text{ cm}$

$h = 40 \text{ cm}$

$rec = 4,00 \text{ cm}$

$d = h - rec - \emptyset_{estribo} - \emptyset_{v.No.5}/2 = 40 - 4 - 0,9525 - 1,905/2 = 34,1 \text{ cm}$

Tabla XXV. **Datos obtenidos de la envolvente de momentos para vigas en eje 3**

<b>M (-) izq (kg-m)</b>	<b>M (+) (kg-m)</b>	<b>M (-) der (kg-m)</b>	<b>Vu (kg)</b>
9757,13	4152,88	10896,71	15039,93

Fuente: elaboración propia.

- Acero mínimo

El Código ACI-318-11, capítulo 10.5.1, requiere que en todo elemento estructural sometido a la flexión debe el  $A_{s_{min}}$  ser por lo menos:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8 * \sqrt{210}}{2810} * 30 * 34,10$$

$$A_{s_{min}} = 4,2 \text{ cm}^2$$

Pero no menor que:

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * b * d}{f_y}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * 30 * 34,10}{2810}$$

$$A_{s_{min}} = 5,10 \text{ cm}^2$$

Por lo que se define como el  $A_{s_{min}} = 5,10 \text{ cm}^2$ .

- Acero máximo

$$A_{s_{max}} = 0,5 * \rho_b * b * d; \quad \rho_b = \text{cuantía balanceada}$$

Según el Código ACI-318-11, en el apéndice B.8.4.3 (B.8.1), la cuantía de acero balanceada ( $\rho_b$ ) debe ser:

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'c * 6120}{f_y * (6120 + f_y)}$$

Si,  $0 < f'c < 280 \text{ kg/cm}^2$ ; entonces  $\beta = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 210 * 6120}{2810 * (6120 + 2810)}$$

$$\rho_b = 0,0516$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,0516 * 30 * 34,10 = 26,39 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo requerido para cada momento

El refuerzo que requiere cada momento se debe calcular por medio de la siguiente ecuación:

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

- M (-) izq: 9757,13 kg-m

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[ 30 * 34,10 - \sqrt{(30 * 34,10)^2 - \frac{9757,13 * 30}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_s = 12,52 \text{ cm}^2$$

- M (+) = 4152,88 kg-m

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[ 30 * 34,10 - \sqrt{(30 * 34,10)^2 - \frac{4152,88 * 30}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_s = 5,01 \text{ cm}^2$$

- M (-) der: 10896,11 kg-m

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[ 30 * 34,10 - \sqrt{(30 * 34,10)^2 - \frac{10896,11 * 30}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_s = 14,18 \text{ cm}^2$$

Para el armado longitudinal final de la viga se deberán cumplir los siguientes requisitos, según del Código ACI-318-11 capítulo 21:

- ACI-318-11 capítulo 21.3.2.1: en cualquier sección de un elemento a flexión, tanto para el refuerzo en la cama superior como en la cama inferior, la cantidad de refuerzo no debe ser menor al  $A_{s_{min}}$ .
- ACI-318-11 capítulo 21.3.2.1: la cuantía de refuerzo  $\rho$  no debe ser mayor a 0,025.
- ACI-318-11 capítulo 21.3.2.1: al menos deben disponerse 2 barras de refuerzo a lo largo de la viga, tanto en la cama superior como inferior.
- ACI-318-11 capítulo 21.3.2.2: la resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor de la mitad a la resistencia a momento negativo, proporcionada en esa misma cara. ( $A_{s_{M+}} \geq 50 \% A_{s_{M-}}$ ).



- Refuerzo para cama superior

Se debe seleccionar el área de acero mayor de las siguientes opciones:

- $As_{\min} = 5,10 \text{ cm}^2$
- $33\% As_{M(-) \text{ izq}} = 0,33 * 12,52 \text{ cm}^2 = 4,13 \text{ cm}^2$
- $33\% As_{M(-) \text{ der}} = 0,33 * 14,18 \text{ cm}^2 = 4,81 \text{ cm}^2$

El  $As$  mayor de los anteriormente mencionados es el  $As_{\min} = 5,10 \text{ cm}^2$ , por lo tanto se colocarán 3 varillas No. 5 que cubre un área de  $5,94 \text{ cm}^2$ . Con las 3 varillas No. 5 corridas no se logra cubrir los momentos negativos. Por ello es necesario cubrirlos con refuerzo adicional en forma de bastones, estos tendrán una longitud  $L/4$ , siendo  $L$  la longitud a rostro de la viga.

- $As_{\text{adicionalizq}} = As_{M(-)} - As_{\text{propuesto}} = 12,52 \text{ cm}^2 - 5,94 \text{ cm}^2 = 6,58 \text{ cm}^2$
- $As_{\text{adicionalder}} = As_{M(-)} - As_{\text{propuesto}} = 14,18 \text{ cm}^2 - 5,94 \text{ cm}^2 = 8,24 \text{ cm}^2$

El  $As_{\text{adicionalizq}} = 6,58 \text{ cm}^2$ , por lo que se cubrirá con 3 bastones No. 6.

El  $As_{\text{adicionalder}} = 8,24 \text{ cm}^2$ , por lo que se cubrirá con 3 bastones No. 6.

- Refuerzo en cama inferior

Se debe seleccionar el área de acero mayor de las siguientes opciones:

- $As_{\min} = 5,10 \text{ cm}^2$
- $50\% As_{M(-) \text{ izq}} = 0,50 * 12,52 \text{ cm}^2 = 6,26 \text{ cm}^2$
- $50\% As_{M(-) \text{ der}} = 0,50 * 14,18 \text{ cm}^2 = 7,09 \text{ cm}^2$
- $50\% As_{M(+)} = 0,50 * 5,01 \text{ cm}^2 = 2,51 \text{ cm}^2$

El  $A_s$  mayor de los anteriormente mencionados es el 50%  $A_{s\ M(-) \text{ der}} = 7,09 \text{ cm}^2$ , por lo tanto se colocarán 4 varillas No. 5 que cubre un área de  $7,92 \text{ cm}^2$ . Y como el  $A_s$  propuesto es mayor al  $A_s$  requerido por el momento positivo, no es necesaria la colocación del refuerzo adicional.

- Refuerzo a corte

Para contrarrestar los esfuerzos cortantes producidos en elemento estructural, debe disponerse de estribos cerrados. Si el corte último que se produce por las fuerzas externas en la viga ( $V_u$ ) es mayor al corte que resiste el concreto ( $V_c$ ) se debe calcular el espaciamiento de los estribos. De lo contrario solo se necesitarán estribos por armado tal y como lo requiere el Código ACI-318-11.

$$V_u = 15039,93 \text{ kg}$$

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d; \quad \phi = 0,85$$

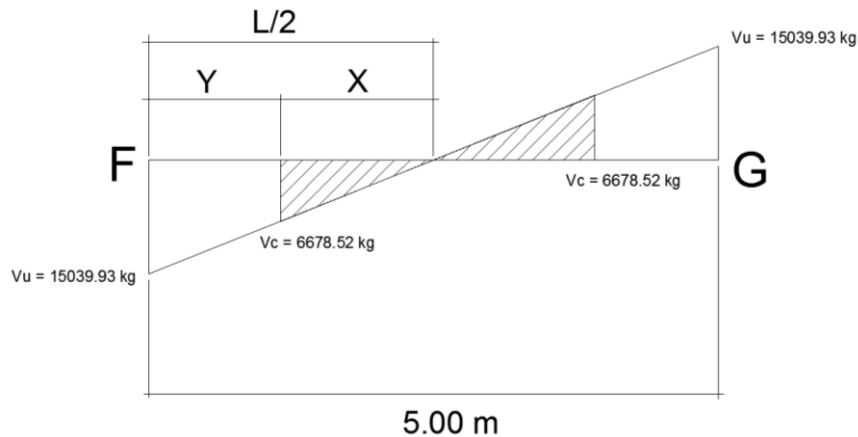
$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 34,10$$

$$V_c = 6678,52 \text{ kg}$$

$$V_u > V_c$$

Debido a que el cortante último es mayor al cortante del concreto, se deben diseñar estribos por corte, utilizando las expresiones que se muestran en la siguiente figura:

Figura 38. Diagrama de corte en viga F-G



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$\frac{X}{6678,52} = \frac{2,5}{15039,93}$$

$$X = 1,11 \text{ m}$$

$$Y = 2,5 - 1,11 = 1,40 \text{ m}$$

La distancia a confinar es de 1,40 m.

$$V_a = \frac{V_u}{b * d}$$

$$V_a = \frac{15039,93 \text{ kg}}{30 \text{ cm} * 34,10 \text{ cm}} = 14,70 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{2 * A_{varilla} * f_y}{V_a * b}$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2810}{14,70 * 30} = 9,04 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = d/2 = 34,10/2 = 17,05 \text{ cm}$$

El ACI determina que deben colocarse estribos en una longitud igual a dos veces el peralte efectivo, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento estructural en flexión. Debe seguirse las siguientes recomendaciones:

- El primer estribo debe estar situado a no más de 5 cm de la cara del elemento de apoyo.
- El espaciamiento máximo de los estribos del elemento no debe exceder de:

$$d/4 = 34,10/4 = 8,53 \text{ cm.}$$

$$8\emptyset \text{ var longitud} = 8 * 1,59 = 12,72 \text{ cm}$$

$$24 \text{ veces el } \emptyset \text{ de varilla transversal} = 24 * 0,95 = 22,80 \text{ cm}$$

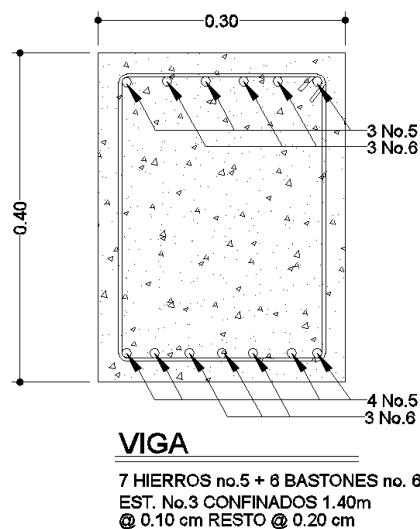
$$30,00 \text{ cm}$$

La longitud de confinamiento, como se determinó anteriormente, será de 1,40 m, y la separación de los estribos en la zona de confinamiento será de 10 cm con hierro No. 3 y de 20 cm en zona no confinada. Para la viga G-H se requiere realizar el mismo procedimiento descrito anteriormente, ya que el armado longitudinal queda de la misma manera que el de la viga F-G, exceptuando el refuerzo de los bastones, el cual queda de la siguiente manera:

- El  $A_{s\text{adicionalizq}} = 7,22 \text{ cm}^2$  por lo que se cubrirá con 2 bastones No. 7.
- El  $A_{s\text{adicionalder}} = 6,30 \text{ cm}^2$  por lo que se cubrirá con 2 bastones No. 7.

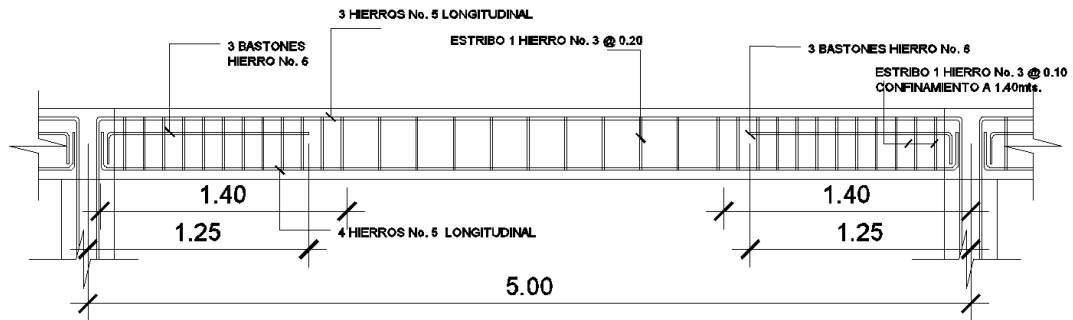
El refuerzo longitudinal de las vigas será el mismo para todas, ya que se diseñó con las más críticas. La única variante entre las vigas de 5 metros y de 4 metros es el confinamiento del elemento, ya que para las vigas de 4 metros, la distancia a confinar es de 1,00 m y la separación entre barras es de 10 cm, por lo tanto se colocan únicamente 10 barras en la zona de confinamiento. En la zona no confinada la separación es de 20 cm, siendo así el mismo armado que la viga de 5 metros.

Figura 39. **Sección de armado de viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 40. Perfil de detalle de armado de viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.5. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales verticales que absorben la carga completa del edificio para poder trasladarla a la cimentación. Estos elementos estructurales son sometidos principalmente a esfuerzos de compresión axial y momentos flexionantes.

Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que actúan sobre el área que tributa a la columna. Los momentos flexionantes pueden existir en un sentido o dos sentidos según lo indica el análisis estructural, específicamente de la envolvente de momentos.

Para este proyecto es necesario diseñar la columna más crítica, la cual es la columna D-3. Se procedió a diseñar las columnas del primer y segundo nivel. Para fines explicativos se describe el procedimiento únicamente para la columna D-3 del primer nivel.

Datos:

Sección de columna: 0,30 m x 0,30 m

Longitud efectiva de la columna: 3,00 m

Sección de la viga: 0,30 m x 0,40 m

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

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

Recubrimiento = 4,00 cm

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

$CM_{\text{acabados}} = 110 \text{ kg/m}^2$

$CV_{\text{pasillo}} = 500 \text{ kg/m}^2$

$CV_{\text{aula}} = 200 \text{ kg/m}^2$

$CV_{\text{aula+pasilloAT}} = 350 \text{ kg/m}^2$

Área tributaria = 18 m<sup>2</sup>

$t_{\text{losa}} = 10 \text{ cm}$

$W_{\text{losa}} = 240 \text{ kg/m}^2$

$M_x = 3077,06 \text{ kg-m}$

$M_y = 7863,26 \text{ kg-m}$

$V = 5814,44 \text{ kg}$

- Factor de carga última (FCU)

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

$$CU = 1,4(240 \text{ kg/m}^2 + 110 \text{ kg/m}^2) + 1,7(350 \text{ kg/m}^2) = 1057 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV} = \frac{1057}{240 + 110 + 350} = 1.55$$

$$PP_{\text{viga}} = b \cdot h \cdot \gamma_c \cdot L = 0,30 \text{ m} \cdot 0,40 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 2448,00 \text{ kg}$$

- Carga axial ( $P_u$ )

$$\begin{aligned} P_u &= (A_t \cdot C_U) + (PP_{\text{viga}} \cdot F_{CU}) \\ P_u &= (18 \text{ m}^2 \cdot 1085 \text{ kg/m}^2) + (2448 \text{ kg} \cdot 1,55) \\ P_u &= 23324,40 \text{ kg} = 23,32 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Esbeltez ( $E$ )

Se le llama esbeltez a la reducción de resistencia de un elemento sujeto a la compresión axial o a flexocompresión. Esto debido a que la longitud del elemento es grande en comparación con las dimensiones de su sección transversal. La esbeltez se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E = \frac{K \cdot L_u}{r}$$

Donde:

$K$  = factor de longitud efectiva

$L_u$  = longitud efectiva (libre entre los apoyos)

$r$  = radio de giro

Una manera general de clasificar las columnas debido a su esbeltez es:

- Columna corta  $E < 22$
- Columna intermedia  $22 < E < 100$
- Columna larga  $E > 100$



El ACI-318-11, en el capítulo 10.13.2, permite despreciar la esbeltez en casos que  $K*Lu/r$  sea menor que 22 (columna corta). De forma contraria deberán magnificarse los momentos de cada eje y proceder a diseñar utilizando los momentos magnificados. Para poder determinar el factor de longitud efectiva (K) es necesario determinar el coeficiente que mide el grado de empotramiento ( $\Psi$ ).

- Coeficiente que mide el grado de empotramiento ( $\Psi$ )

Regularmente en las estructuras de marcos estructurales, las columnas se encuentran restringidas por las uniones viga-columna, losa-columna o columna-zapata. Por ello, el grado de empotramiento depende de la relación que exista entre las rigideces de estos elementos.

El grado de empotramiento se calcula con una relación entre los elementos que están siendo sometidos a compresión y los elementos sometidos a flexión en el mismo plano en un extremo del elemento a compresión. La ecuación para determinar dicho valor es la siguiente:

$$\Psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{Lu} \right)_{columna}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{viga}}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad del concreto (se toma como 1 debido a que todos los elementos serán construidos con el mismo material).

Lu = luz libre entre apoyos del elemento a compresión.

L = luz del elemento a flexión medida centro a centro a centro de los apoyos.

I = inercia del elemento.

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

- Factor de longitud efectiva (K)

El Código ACI-05, comentario 10.12.1, permite calcular el factor de la longitud (K) para elementos no arriostrados a compresión restringidos en ambos extremos:

Para  $\Psi_m < 2$

$$K = \frac{20 - \Psi_m}{20} \sqrt{1 + \Psi_m}$$

Para  $\Psi_m \geq 2$

$$K = 0,9 \sqrt{1 + \Psi_m}$$

Donde  $\Psi_m$  es el promedio de los valores del grado de empoderamiento  $\Psi$  en los extremos del elemento a compresión. Esto utilizando  $\Psi_A$  para el extremo superior y  $\Psi_B$  para el extremo inferior.

Definidos todos los factores a utilizar se procede a calcular la esbeltez en los dos sentidos X y Y, de la siguiente manera:

- Esbeltez en X

Inercias:

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} (0,30m * 0,30m^3) = 0,000675 \text{ m}^4$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} (0,30m * 0,40m^3) = 0,00160 \text{ m}^4$$

Coefficiente que mide el grado de empotramiento ( $\Psi$ ):

$$\Psi_A = \frac{\frac{0.00067}{3,00}}{\frac{0,0016}{4,00}} = 0,558$$

$$\Psi_B = \frac{\frac{0.00067}{3,00} + \frac{0.00067}{3,00}}{\frac{0,0016}{4,00}} = 1,117$$

$$\Psi_m = \frac{0,558 + 1,117}{2} = 0,83 < 2$$

Factor de longitud efectiva (K):

$$K = \frac{20 - 0,83}{20} \sqrt{1 + 0,83} = 1,297$$

Esbeltez (E):

$$E = \frac{K * Lu}{r}$$

Donde:

Lu = 2,80 m longitud de columnas sin vigas.

r = radio de giro, según el ACI-318-11 capítulo 10.11.2, se puede tomar el radio de giro, r, igual a 0,3 veces la dimensión total de la sección en la dirección en la cual se está analizando, para elementos rectangulares.

$$E = \frac{K * Lu}{r} = \frac{1,297 * 2,80m}{0,3(0,30)} = 38,91$$

$$22 < E < 100$$

$$22 < 38,91 < 100$$

La columna en el sentido X se considera como una columna intermedia, ya que su valor está entre el rango de 22 a 100.

- Esbeltez en Y

Inercias:

$$I_{columna} = \frac{1}{12} (0,30m * 0,30m^3) = 0,000675 m^4$$

$$I_{viga} = \frac{1}{12} (0,30m * 0,40m^3) = 0,00160 m^4$$

Coeficiente que mide el grado de empotramiento ( $\Psi$ ):

$$\Psi_A = \frac{\frac{0.00067}{3,00}}{\frac{0,0016}{4,50}} = 0,628$$

$$\Psi_B = \frac{\frac{0.00067}{3,00} + \frac{0.00067}{3,00}}{\frac{0,0016}{4,50}} = 1,256$$

$$\Psi_m = \frac{0,628 + 1,256}{2} = 0,94 < 2$$

Factor de longitud efectiva (K):

$$K = \frac{20 - 0,94}{20} \sqrt{1 + 0,94} = 1,32$$

Esbeltez (E):

$$E = \frac{K * Lu}{r}$$

Donde:

$Lu = 2,80$  m longitud de columnas sin vigas.

$r$  = radio de giro, según el ACI-318-11 capítulo 10.11.2, se puede tomar el radio de giro,  $r$ , igual a 0,3 veces la dimensión total de la sección en la dirección en la cual se está analizando, para elementos rectangulares.

$$E = \frac{K * Lu}{r} = \frac{1,32 * 2,80m}{0,3(0,30)} = 39,60$$

$$22 < E < 100$$

$$22 < 39,60 < 100$$

La columna en el sentido X se considera como una columna intermedia, ya que su valor está entre el rango de 22 a 100.

- Magnificación de momentos

Se utiliza este procedimiento aproximado de diseño, el cual usa el concepto de magnificador de momento para tomar en cuenta los efectos de la esbeltez en los elementos estructurales que están sometidos a compresión. Los momentos calculados a través de un análisis ordinario de primer orden son multiplicados por un magnificador de momento, el cual está en función de la fuerza axial mayorada  $P_u$  y de la carga crítica de pandeo  $P_c$  de la columna.

- Factor de magnificación de momentos ( $\delta$ )

Según el Código ACI-318-11 en el capítulo 10.12.3 (10-9), la ecuación que se utiliza para calcular el factor de magnificación de momentos es:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,70P_c}}$$

Donde:

- $C_m$  = el factor  $C_m$  es un factor de corrección que relaciona el diagrama de momentos existente con un diagrama de momentos uniforme equivalente. Según el Código ACI-318-11, capítulo 10.12.3.1, para marcos con desplazamiento lateral  $C_m=1$ :
- $P_u$  = carga axial última = 2280,40 kg.
- $P_c$  = carga crítica de Euler, que en el Código ACI-318-11, capítulo 10.12.3 (10- 10), puede determinarse con la siguiente ecuación:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2}$$

$EI$  = rigidez =, según el Código ACI ACI-318-11 capítulo 10.12.3 (10-12), se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$EI = \frac{0,4E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

Donde:

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto.

$$E_c = 15100\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 15100\sqrt{210\text{kg}/\text{m}^2} = 218819,79 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$I_g$  = momento de inercia

$$I_g = \frac{1}{12}(30\text{cm} * 30\text{cm}^3) = 67500 \text{ cm}^4$$

$\beta_d$  = es la relación que se utiliza para calcular los momentos magnificados en columnas debido a las cargas permanentes y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU} = \frac{462,00}{1085,00} = 0,452$$

Con los datos anteriormente calculados se procede a calcular la rigidez:

$$EI = \frac{0,4(218819,79\text{kg/cm}^2)(67500\text{cm}^4)}{1+0,452} = 4068963037 \text{ kg-cm}^2$$

Con todos los datos ya calculados se procede a calcular el factor de magnificación para cada eje en análisis.

- Sentido X
  - Carga crítica de Euler

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2} = \frac{\pi^2(4068963037\text{kg-cm}^2)}{(1,297 * 270\text{cm})^2} = 327473,38 \text{ kg}$$



- Factor de magnificación:

$$\delta_x = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,70P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{23324,40kg}{0,70(327473,38kg)}} = 1,11$$

- Sentido Y

- Carga crítica de Euler:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2} = \frac{\pi^2(4068963037kg - cm^2)}{(1,32 * 270cm)^2} = 316160,86 \text{ kg}$$

- Factor de magnificación:

$$\delta_y = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,70P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{23324,40kg}{0,70(316160,86kg)}} = 1,12$$

- Momentos magnificados (momentos de diseño Md)

$$M_{dx} = \delta_x M_x$$

$$M_{dx} = (1,11) * (3077,06 \text{ kg-m}) = 3415,54 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = \delta_y M_y$$

$$M_{dy} = (1,12) * (7863,26 \text{ kg-m}) = 8806,85 \text{ kg-m}$$

- Diseño del refuerzo longitudinal

El diseño del acero longitudinal de la columna se realiza por medio de la fórmula de Bresler, desarrollada para calcular los valores máximos de la carga a compresión que actúa a excentricidades de ambos ejes, en secciones con refuerzo simétrico. La expresión utilizada es la siguiente:

$$\frac{1}{P_{ni}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_o}$$

Donde:

- $P_{ni}$  = resistencia nominal a carga axial para una excentricidad dada a lo largo de ambos ejes.
- $P_{nx}$  = resistencia nominal a carga axial para una excentricidad dada a lo largo del eje X.
- $P_{ny}$  = resistencia nominal a carga axial para una excentricidad dada a lo largo del eje Y.
- $P_o$  = resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad cero.

El Código ACI-318-11, apéndice C.3.2.2, requiere que a elementos controlados por carga axial se les debe aplicar un factor  $\phi = 0,70$  de reducción para elementos distintos de una sección circular, por lo que la fórmula para obtener la resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo de ambos ejes queda de la siguiente manera:

$$\frac{1}{\phi P_{ni}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{\phi P_o}$$

Despejando:

$$\phi P_{ni} = \frac{1}{\frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{\phi P_o}}$$

Donde:

- $\phi P_o$  = según el Código ACI-318-11, capítulo 10.3.6 (10-2), para elementos con estribos la ecuación debe ser:

$$\phi P_o = \phi [0,85 f'_c (A_g - A_s) + f_y A_s]$$

Y los valores de  $P_{nx}$  y  $P_{ny}$  se determinan por medio de las siguientes ecuaciones:

$$P_{nx} = k'_x * f'_c * b * h \quad P_{ny} = k'_y * f'_c * b * h$$

Para determinar los parámetros  $k'_x$  y  $k'_y$  el método de Bresler utiliza graficas llamadas diagramas de interacción, los cuales se plantean según la resistencia del concreto, la resistencia a fluencia del acero y la forma de la columna a trabajar. El diagrama de interacción utilizado para este proyecto se podrá encontrar en el apéndice 1 del presente informe.

- Propuesta de refuerzo longitudinal

Según indica el Código ACI-318-11 en el capítulo 21.4.3.1, el área de acero de refuerzo longitudinal  $A_s$  no debe ser menor que  $0,01A_g$ , ni mayor que  $0,006A_g$ .

$$0,001A_g < A_s < 0,06A_g$$

$$A_{s_{\text{mínimo}}} = 0,01A_g = 0,01(30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}) = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{máximo}}} = 0,06A_g = 0,06(30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}) = 54 \text{ cm}^2$$

✓ Área de acero propuesto ( $A_s$ )

$$4 \text{ varillas No. 8} = 4 * (5,06722 \text{ cm}^2) = 20,24 \text{ cm}^2$$

$$0,001A_g < A_s < 0,06A_g$$

$$9 \text{ cm}^2 < 15,75 \text{ cm}^2 < 54 \text{ cm}^2$$

Con el área de acero propuesto se puede calcular el valor de  $\phi P_o$ , el cual queda de la siguiente manera:

$$\phi P_o = 0,70[0,85 * (210) * (30 * 30 - 20,24) + 2810 * 20,24] = 141467,29 \text{ kg}$$

Para poder realizar el cálculo de los factores  $k_x$  y  $k_y$  mediante el análisis del diagrama de interacción, se requieren los siguientes datos:

$$\gamma = \frac{h - 2 * \text{rec}}{h} = \frac{30 \text{ cm} - 2 * 4 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = 0,73 = 0,7$$

Valor de la curva:

$$\rho_u = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * A_g} = \frac{20,24 * 2810}{0,85 * 210 * 30 * 30} = 0,28$$

Excentricidades:

$$e_x = \frac{Mdx}{PU} = \frac{3415,54}{23324,40} = 0,15$$

$$e_y = \frac{Mdy}{PU} = \frac{8806,85}{23324,40} = 0,38$$

Valor de las diagonales:

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,15}{0,30} = 0,50$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,38}{0,30} = 1,27$$

Con los datos obtenidos, en el diagrama de interacción se buscan los valores de los coeficientes (ver diagrama en apéndice 1):

$$k'_x = 0,37$$

$$k'_y = 0,15$$

Se sustituyen los valores en las ecuaciones y el resultado es el siguiente:

$$P_{nx} = 0,37 * 210 * 30 * 30 = 69930 \text{ kg}$$

$$P_{ny} = 0,15 * 210 * 30 * 30 = 28350 \text{ kg}$$

Calculando el valor de P<sub>ni</sub>:

$$\phi P_{ni} = \left( \frac{1}{\frac{1}{69930kg} + \frac{1}{28350} + \frac{1}{141467,29kg}} \right)^{-1} = 23526,86 \text{ kg}$$

Verificando la resistencia de la columna  $P_{ni} > P_u$ :

$$23526,86 \text{ kg} > 23324,40 \text{ kg}$$

Por lo tanto, la columna resiste los esfuerzos de compresión axial y los momentos flexionantes, y el armado longitudinal es de 4 varillas No. 8 de grado 40.

- Diseño del refuerzo a corte

El refuerzo a corte consistirá en estribos perpendiculares a la dirección de la carga axial, los cuales sirven para contrarrestar los esfuerzos de corte actuantes, tomando en cuenta que en una zona sísmica debe asegurarse la ductilidad del elemento, por lo que se considera una longitud de confinamiento de estribos en los extremos de la columna. El procedimiento es el siguiente.

- Corte último debido a cargas externas

$$V_u = 5814,44 \text{ kg}$$

- Corte que resiste el concreto

Según el Código ACI-318-11 en el capítulo 11.3.1.2 (11-4), el corte que resiste el concreto en un elemento que está siendo sometido a una carga de compresión axial es:

$$V_c = 0,53 * \left( 1 + \frac{Nu}{140Ag} \right) \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

Nu = carga axial = 23324,40 kg

$$V_c = 0,53 * \left( 1 + \frac{23324,40}{140 * 30 * 30} \right) \sqrt{210} * 30 * 27 = 7372,77 \text{ kg}$$

$V_c > V_u$ , debido a que el corte que resiste el concreto es mayor al corte último que es producido por las cargas externas, se deberá colocar estribos como se indica a continuación:

$$S_{\max} = d/2 < 30 \text{ cm}$$

✓ Espaciamiento en zona no confinada

$$S_{\max} = d/2 = (30-3)/2 = 13,5$$

En la zona no confinada del elemento se debe colocar estribos No. 4 @ 13 cm.

- Refuerzo por confinamiento

Según el Código ACI-318-11 en el capítulo 21.4.4.4, se requiere que la separación del refuerzo transversal se suministre en una longitud de confinamiento  $L_o$  medida desde la cara del nudo. La longitud  $L_o$  no debe ser menor que la mayor de:

- La altura de la viga en la cara del nudo o en la sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión.

$$L_o = 0,40 \text{ m}$$

- $L/6 = 3 \text{ m}/6 = 0,50 \text{ m}$
- $L_o = 0,45 \text{ m}$

Por lo tanto, la longitud de confinamiento tanto en la parte inferior como en la parte superior de la columna será  $L_o = 0,50 \text{ m}$ .

- Espaciamiento de estribos en zona confinada

Se requiere que el área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares,  $A_{sh}$ , no sea menor que la requerida por las ecuaciones:

$$A_{sh} = 0,3 * \frac{S * bc * f'c}{f_y} * \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

Donde:

- $S$  = espaciamiento entre estribos
- $bc$  = dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas exteriores del refuerzo transversal con área  $A_{sh}$ .

$$bc = b - 2 * rec - \emptyset_{\text{varilla No.3}}$$

$$bc = 30 - 2 * 4 * 0,9525 = 21,05 \text{ cm}$$



Ag = área bruta de la sección transversal del elemento:

$$Ag = b \cdot h$$
$$Ag = 30 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$$

Ach = área de la sección transversal del elemento:

$$Ach = (b - 2 \cdot rec)^2$$
$$Ach = (30 \text{ cm} - 2 \cdot 4 \text{ cm})^2 = 484 \text{ cm}^2$$

Ash = área total del refuerzo transversal:

Se utilizarán dos estribos núm. 3, uno rotado a 45°, con un Ash=4\*0,7126 cm. Esto debido a que las ramas perpendiculares a la sección transversal de la columna son 4. Sustituyendo Ash y despejando para S se obtiene el espaciamiento centro a centro entre estribos:

$$S = \frac{2,85 \cdot 2810}{\left[ \left( \frac{900}{484} \right) - 1 \right] \cdot 21,05 \cdot 210 \cdot 0,3} = 7,02 \text{ cm}$$

$$Ash = 0,09 \cdot \frac{S \cdot bc \cdot f'c}{fy}$$

$$S = \frac{2,85 \cdot 2810}{0,9 \cdot 21,05 \cdot 210} = 2,01 \text{ cm}$$

Realizando los dos chequeos para el espaciamiento, se determina usar el espaciamiento de 7 cm en la zona de confinamiento. Además del cálculo

anterior de S, el Código ACI-318-11, capítulo 21.4.4.2, requiere que la separación del refuerzo transversal no exceda el menor de:

- $S = (1/4)(30 \text{ cm}) = 7,5 \text{ cm}$
- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal No. 8

$$S = 6 * 2,254 = 13,524 \text{ cm}$$

- So, según lo definido en la siguiente ecuación:

$$S_o = 100 + \frac{350 - hx}{3}$$

Donde:

- $hx$  = es el máximo valor de la separación entre ramas del estribo cerrado de confinamiento.  $hx = 15,81 \text{ cm} = 158,1 \text{ mm}$ .
- $S_o$  = no debe ser mayor de 15 cm ni se necesita tomarlo menor a 10 cm.

$$S_o = 100 + \frac{350 - 158,1}{3} = 163,96 \text{ mm} = 16,35 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

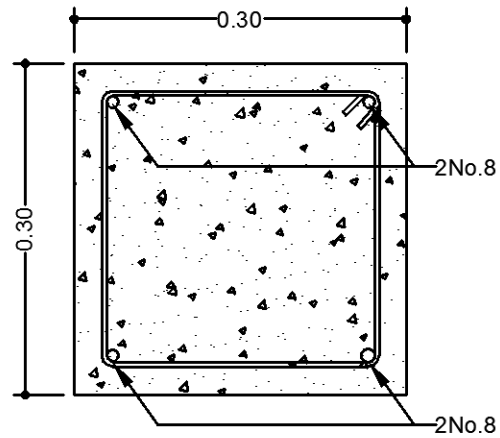
El menor de los tres valores calculados es el de 7,05 cm, por lo que la separación propuesta anteriormente de 7,02 cm = 7 cm, es correcta.

Por lo que el resultado final del armado del elemento se establece de la siguiente manera:

Zona confinada = estribos No. 3 @ 5 cm

Zona no confinada (el resto de la columna) = estribos No. 3 @ 10 cm

Figura 41. **Sección, detalle de armado de columna**

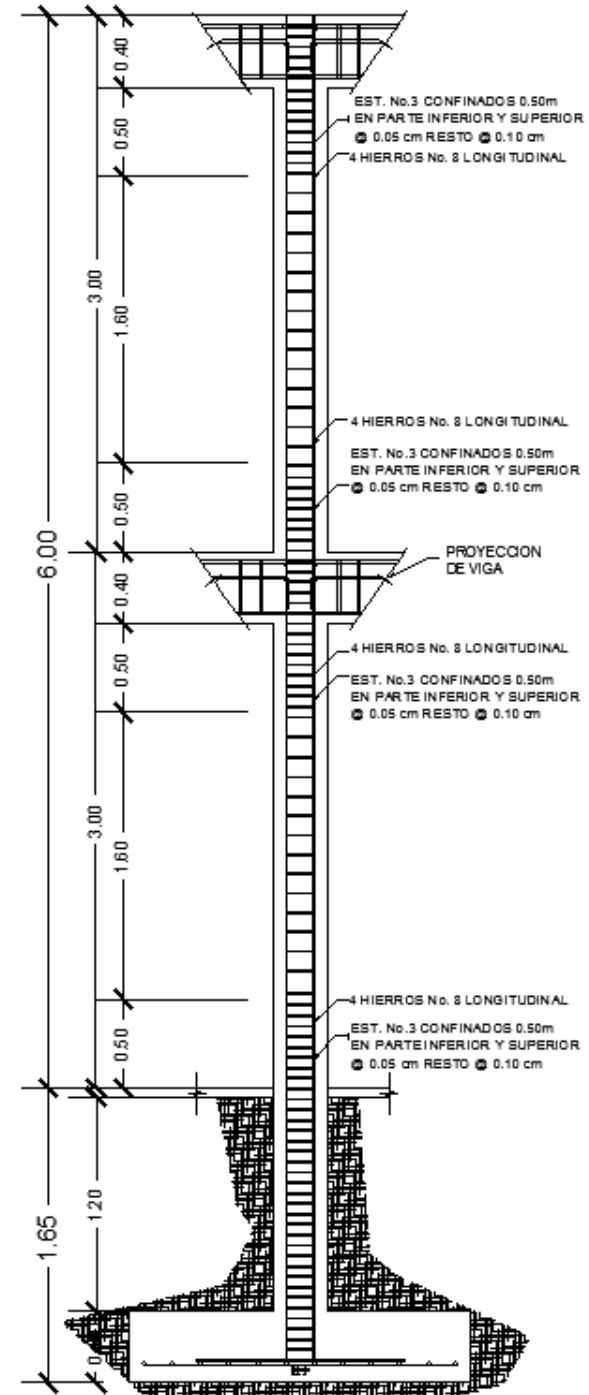


### TIPO "C1"

4 HIERROS no. 8  
EST. No.3 CONFINADOS 0.50m  
EN PARTE INFERIOR Y SUPERIOR  
@ 0.05 cm RESTO @ 0.10 cm

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 42. Perfil, detalle de armado de columna



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.6. Diseño de gradas

La forma, la disposición y ubicación de las gradas depende directamente de las dimensiones que el proyecto le otorgue para su construcción y la importancia de la edificación, así como también del material y tipo de construcción elegidos. Para tener una ubicación perfecta se deben tomar en cuenta los factores de ventilación e iluminación y que la circulación en los diferentes niveles no sea problemática. Que una escalera sea cómoda y segura dependerá directamente de su relación de pendiente o su relación de dimensiones de los peldaños, es decir la relación de huella y contrahuella. Para poder determinar los factores de comodidad se deben seguir algunos lineamientos tales como:

$$C \leq 20 \text{ cm}$$

$$H > C$$

$$2C + H \leq 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$$

$$C * H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Donde:

C = contrahuella

H = huella

Datos:

Peso específico del concreto  $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

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

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

Carga de acabados =  $50 \text{ kg/m}^2$

Ancho = 2,00 m

h = 3,00 m

- Relaciones de comodidad

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

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

$$2C + H = 2 \cdot 17 \text{ cm} + 29 \text{ cm} = 63 \text{ cm}$$

$$C + H = 17 \text{ cm} + 29 \text{ cm} = 46 \text{ cm}$$

$$C \cdot H = 17 \text{ cm} \cdot 29 \text{ cm} = 493 \text{ cm}$$

- Número de escalones mínimo

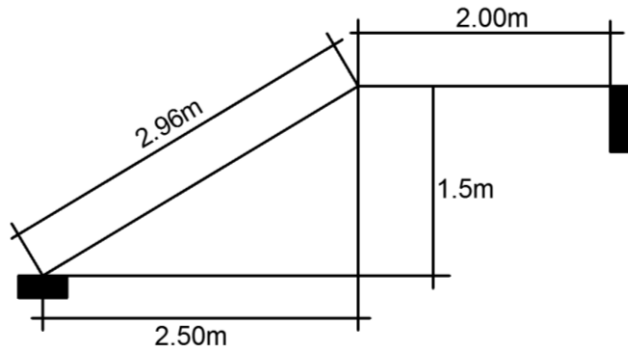
$$h/C = 3,00 \text{ m} / 0,17 \text{ m} = 17,64 \approx 18 \text{ escalones (contrahuellas)}$$

- Número de huellas

$$\text{Número de contrahuellas huellas} - 1 = 18 - 1 = 17 \text{ huellas}$$

Por lo tanto, se obtuvo como resultado 18 contrahuellas y 17 huellas de 29 cm antes del descanso. Como se puede observar, se cumplen todas las relaciones de comodidad para la escalera. La losa del descanso se diseñó por aparte y los datos del armado van incluidos dentro de los planos.

Figura 43. Dimensiones de la escalera



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Espesor de la losa

$$t = L/24 = 2,96/24 = 0.0123 \text{ m}$$

$$t \approx 12 \text{ cm}$$

Por lo anterior se tomará un espesor de 12 centímetros.

- Integración de cargas

- ✓ Carga muerta (CM)

$$\text{Peso propio de la escalera} = \gamma_c * (t - C/2)$$

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2400\text{kg/m}^2 (0,15 + 0,17/2) = 564 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 90 \text{ kg/m}^2$$

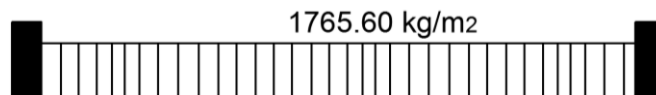
$$\text{Carga muerta} = 564 \text{ kg/m}^2 + 90 \text{ kg/m}^2 = 654 \text{ kg/m}^2$$

- ✓ Carga viva (CV)

Carga viva para escaleras según AGIES = 500 kg/m<sup>2</sup>

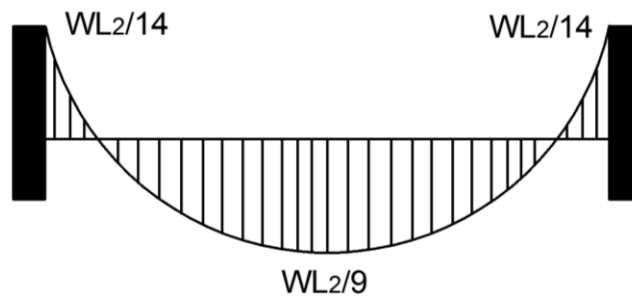
✓ Carga última

$$\begin{aligned} CU &= 1,4CM + 1,7CV \\ CU &= 1,4(654 \text{ kg/m}^2) + 1,7(500 \text{ kg/m}^2) \\ CU &= 1765,60 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo de momentos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$M_{(+)} = \frac{CU * L^2}{9} = \frac{1765,60 * 2,96^2}{9} = 1718,83 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-)} = \frac{CU * L^2}{14} = \frac{1765,60 * 2,96^2}{14} = 1104,96 \text{ kg-m}$$



- Acero mínimo

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 15 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} = 12,50 \text{ cm}$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{14 * b * d}{f_y} = \frac{14 * 100 * 12,50}{2810} = 6,23 \text{ cm}^2$$

- Área de refuerzo que requieren los momentos

$$\checkmark M_{(+)} = 1718,83 \text{ kg-m}$$

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

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[ 100 * 12,5 - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{1718,83 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_s = 5,637 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento (S)

Utilizando varilla No.4 para el refuerzo ( $A_s = 1,2668 \text{ cm}^2$ )

$$12,35 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}$$

$$1,2668 \text{ cm}^2 - S$$

$$S = 10,26 \text{ cm}$$

$$M_{(-)} = 1104,96 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[ 100 * 12,5 - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{1104,96 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$
$$A_s = 3,58 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento (S)

Utilizando varilla No.4 para el refuerzo ( $A_s = 1,2668 \text{ cm}^2$ )

$$3,58 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}$$

$$1,2668 \text{ cm}^2 - S$$

$$S = 35,39 \text{ cm}$$

- Acero por temperatura

Según el Código ACI-318-11, sección 7.12.2.2, el acero por temperatura en ningún caso debe colocarse con una separación mayor de 5 veces el espesor del elemento, ni puede ser mayor de 45 cm. Se determina el espaciamento (S) que se requiere, usando varillas No. 3 ( $A_s = 0,7126 \text{ cm}^2$ )

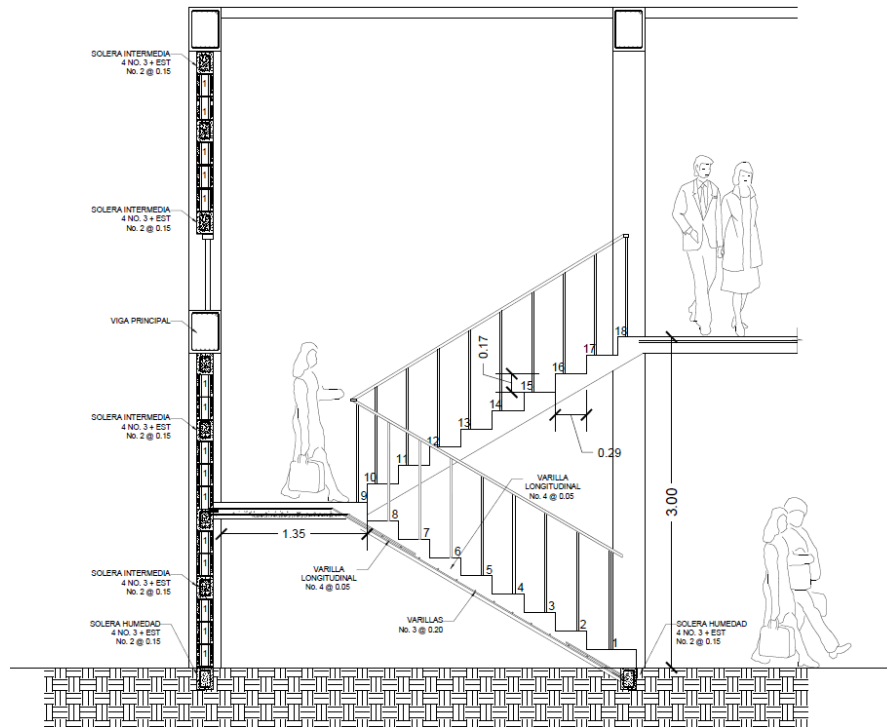
$$3,00 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}$$

$$0,7126 \text{ cm}^2 - S$$

$$S = 23,75 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se deberá colocar varillas No. 3 @ 20 cm en el sentido transversal de la escalera.

Figura 44. Detalle del armado de la escalera



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.7. Diseño de cimientos

Los cimientos son elementos estructurales cuya función es transmitir las cargas de la edificación al suelo para poder distribuirlas de forma que sean disipadas y no superen el valor soporte del suelo. El tipo de cimentación depende directamente del tipo de estructura, el costo y las condiciones del suelo. Para la edificación en diseño se procederá a diseñar zapatas concéntricas de forma cuadrada.

Datos:

$$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3 = 2,4 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_s = 1,55 \text{ ton/m}^3$$

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

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

$$\text{Desplante (Df)} = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{FCU} = 1,55$$

$$M_x = 3441,64 \text{ kg-m} = 3,44 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 8838,74 \text{ kg-m} = 8,84 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 23,32 \text{ ton}$$

$$V_s = 30,55 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Sección de columna} = 0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m}$$

$$\text{Espesor de zapata asumido} = 0,40 \text{ m}$$

- Diseño del área de la zapata

Para el cálculo del área de la zapata se utilizan las cargas de servicio. Por lo tanto, se dividen la carga última y los momentos últimos dentro del factor de carga última FCU.

$$P' = (P_u/\text{FCU}) + (b * h * (h_{\text{columna}} + \text{Df}) * \gamma_c)$$

$$P' = (23,32/1,55) + (0,3 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 4,20 \text{ m} * 2,4 \text{ ton/m}^3) = 15,95 \text{ ton/m}^3$$

$$M'_x = M_x/\text{FCU} = (3,44 \text{ ton-m}/1,55) = 2,22 \text{ ton-m}$$

$$M'_y = M_y/\text{FCU} = (8,84 \text{ ton-m}/1,55) = 5,70 \text{ ton-m}$$

- Predimensionamiento del área de la zapata ( $A_z$ )

$$A_z = \frac{1,5 * P'}{V_s} = \frac{1,5 * 15,95 \text{ ton}}{23,32 \text{ ton} / \text{m}^3} = 0,78 \text{ m}^2$$

Por lo que para cubrir el área anteriormente calculada se diseñará una zapata cuadrada. Luego de trabajar con distintas áreas propuestas se llegó a la conclusión que se trabajará con lados de 1,90 m \* 1,90 m, cubriendo como tal un área de 3,61 m<sup>2</sup>.

- Revisión de la presión sobre el suelo

Para poder determinar la presión que se ejerce sobre el suelo es necesario considerar la carga de servicio, así como el desplante del suelo y el peso propio de la zapata.

$$P = P' + P_{\text{suelo}} + P_{\text{zapata}}$$

$$P_{\text{suelo}} = (A_z - A_{\text{col}}) * D_f * \gamma_s = (3,61 \text{ m}^2 - 0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m}) * 1,20 \text{ m} * 1,55 = 6,55 \text{ ton}$$

$$P_{\text{zapata}} = A_z * t * \gamma_c = 3,61 \text{ m}^2 * 0,40 \text{ m} * 2,4 \text{ ton} / \text{m}^3 = 3,47 \text{ ton}$$

$$P = 15,95 \text{ ton} + 6,55 \text{ ton} + 3,47 \text{ ton}$$

$$P = 25,97 \text{ ton}$$

La zapata es un elemento estructural que transmite verticalmente las cargas aplicadas sobre ella por medio de la superficie en contacto, ejerciendo así presión en las cuatro esquinas. El valor de las presiones se define por la siguiente ecuación:

$$q = \frac{P}{Az} \left( 1 \pm \frac{6e_x}{B_x} \pm \frac{6e_y}{B_y} \right)$$

Se debe realizar y calcular que la excentricidad en los dos sentidos de la zapata no sobrepase la excentricidad máxima:

$$e_{\max} = \frac{B}{6} = \frac{1,90m}{6} = 0,3166$$

$$e_x = \frac{M' x}{P} = \frac{2,22ton - m}{25,97ton} = 0,085 \text{ m} < e_{\max}$$

$$e_y = \frac{M' y}{P} = \frac{5,70ton - m}{25,97ton} = 0,22 \text{ m} < e_{\max}$$

Con las excentricidades calculadas y chequeadas para ambos sentidos, se procede a determinar las presiones en las cuatro esquinas de la zapata:

$$q_1 = \frac{25,97ton}{3,61m^2} \left( 1 + \frac{6 * 0,085}{1,90} + \frac{6 * 0,22}{1,90} \right) = 14,12 \text{ ton/m}^2$$

$$q_2 = \frac{25,97ton}{3,61m^2} \left( 1 + \frac{6 * 0,085}{1,90} - \frac{6 * 0,22}{1,90} \right) = 4,15 \text{ ton/m}^2$$

$$q_3 = \frac{25,97ton}{3,61m^2} \left( 1 - \frac{6 * 0,085}{1,90} - \frac{6 * 0,22}{1,90} \right) = 0,26 \text{ ton/m}^2$$

$$q_4 = \frac{25,97ton}{3,61m^2} \left( 1 - \frac{6 * 0,085}{1,90} + \frac{6 * 0,22}{1,90} \right) = 10,24 \text{ ton/m}^2$$

La presión máxima ejercida sobre el suelo es  $q_1 = 14,12 \text{ ton/m}^2$  y es menor que el valor soporte del mismo  $V_s = 30,35 \text{ ton/m}^3$ .

La presión mínima ejercida es  $q_3 = 0,26 \text{ ton/m}^2$  y es mayor a cero, por lo que no existen presiones de tensión y no sufre volteo.

Al determinar que las presiones del suelo están dentro de los rangos, las dimensiones asumidas para el cálculo del área de la zapata son las correctas. La presión del suelo, en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a cualquier otro punto dentro de la misma. Por lo que, para efectos de criterio de diseño, se toma como presión máxima la presión  $q_1$ , que asimismo es afectada por el factor de carga última (FCU).

$$q_{\text{diseño}} = q_{\text{max}} = 14,12 \text{ ton/m}^2$$
$$q_{\text{disúltima}} = q_{\text{diseño}} * \text{FCU} = (14,12 \text{ ton/m}^2)(1,55) = 21,89 \text{ ton/m}^2$$

- Diseño del espesor de la zapata

El espesor de la zapata se estimó que utilizará  $t = 0,40 \text{ m}$ . El espesor de la zapata debe resistir diferentes esfuerzos, los cuales son:

- Esfuerzo de corte simple
- Esfuerzo de corte flexionante
- Esfuerzo por corte punzonante

Por lo que se realizarán los chequeos para determinar si el espesor propuesto de la zapata resiste dichos esfuerzos, si no se chequea una de las 3 partes se deberá proponer un nuevo espesor.

- Chequeo por corte simple

La sección crítica de la zapata para el esfuerzo a corte se localiza en un plano vertical en paralelo a la cara de la columna y la falla por esfuerzo cortante en las zapatas ocurre a una distancia igual a  $d$  (peralte efectivo) del borde de la columna. Por esa razón debe compararse en esta distancia si el corte resistente del concreto es mayor que el actuante, de ser así el espesor de la zapata propuesto será el indicado.

$$d = t - r - \emptyset/2$$

$$d = 0,40 - 0,075 - 0,01905/2$$

$$d = 0,3155 \text{ m}$$

- Corte actuante ( $V_a$ )

$$V_a = q_{\text{disultima}} * A$$

Donde:

$$A = (b/2 - t/2 - d) * b$$

$$A = (1,90 \text{ m}/2 - 0,40 \text{ m}/2 - 0,32 \text{ m}) * 1,90 = 0,83 \text{ m}^2$$

$$V_a = (21,89 \text{ ton/m}^2)(0,82 \text{ m}^2) = 18,07 \text{ ton}$$

- Corte que resiste el concreto ( $V_c$ )

$$V_c = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d; \quad \emptyset = 0,85$$



$$V_c = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 190 \cdot 31,55 = 39,13 \text{ ton}$$

$V_c > V_a$ , el espesor de la zapata resiste el esfuerzo de corte simple, por lo tanto el espesor propuesto para soportar dicho esfuerzo es el correcto.

- Chequeo por corte punzonante

El corte punzonante es el corte producido por el efecto que provoca la columna al intentar traspasar la zapata. El perímetro de la sección crítica punzonante siempre se presenta a una distancia  $d/2$  a partir del rostro de la columna.

- Corte actuante ( $V_a$ )

$$V_a = q_{\text{disúltima}} \cdot A$$

Donde:

$$A = b \cdot b - (t+d)^2$$

$$A = (1,90 \text{ m} \cdot 1,90 \text{ m}) - (0,40 \text{ m} + 0,315)^2 = 3,23 \text{ m}^2$$

$$V_a = (21,89 \text{ ton/m}^2)(3,23 \text{ m}^2) = 70,73 \text{ ton}$$

- ✓ Corte que resiste el concreto ( $V_c$ )

$$V_c = \emptyset \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d; \quad \emptyset = 0,85$$

Donde:

$b_o$  = perímetro de la sección crítica del punzonamiento

$$b_o = 4(t+d) = 4(0,40 \text{ m} + 0,3155 \text{ m}) = 2,46 \text{ m} = 246 \text{ cm}$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 246 * 32 = 101,41 \text{ ton}$$

$V_c > V_a$ , el espesor de la zapata resiste el esfuerzo de corte simple, por lo tanto el espesor propuesto para soportar dicho esfuerzo es el correcto.

- Diseño por refuerzo a flexión

El refuerzo por flexión se calcula para cubrir un momento flector ( $M_u$ ) en la zapata, como producto del empuje del suelo hacia arriba. El momento se calcula como un momento para una losa en voladizo y está dado por:

$$M_u = \frac{q_{disultima} * L^2}{2}$$
$$M_u = \frac{21,89 * \left(\frac{1,90}{2} - \frac{0,40}{2}\right)^2}{2}$$
$$M_u = 7004,98 \text{ kg-m}$$

El área de acero se calcula con la misma ecuación para el refuerzo de una viga. Para esto se utiliza un ancho unitario de 1 metro:

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

- $M_u = 7004,98 \text{ kg-m}$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} * \left[ 100 * 31,55 - \sqrt{(100 * 31,55)^2 - \frac{7004,98 * 100}{0,003825 * 210}} \right]$$

$$A_s = 8,98 \text{ cm}^2$$

El Código ACI-318-11, en el capítulo 10.5.1, requiere que en todo elemento estructural sometido a flexión el  $A_{s_{\min}}$  debe ser:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14bd}{f_y} = \frac{14 * 100 * 31,55}{2810} = 15,83 \text{ cm}^2$$

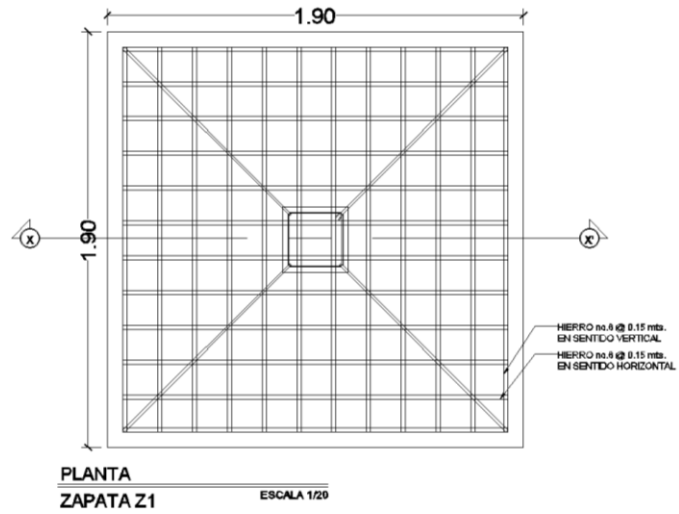
Como  $A_s > A_{s_{\min}}$  por lo tanto se utiliza el  $A_s$ .

Utilizando el  $A_s$  se puede determinar el espaciamiento requerido, utilizando varillas No, 6 ( $A = 2,85 \text{ cm}^2$ ):

$$\begin{aligned} & 15,83 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm} \\ & 2,85 \text{ cm}^2 - S \\ S &= \frac{(2,85)(100)}{15,83} = 18,01 \text{ cm} \end{aligned}$$

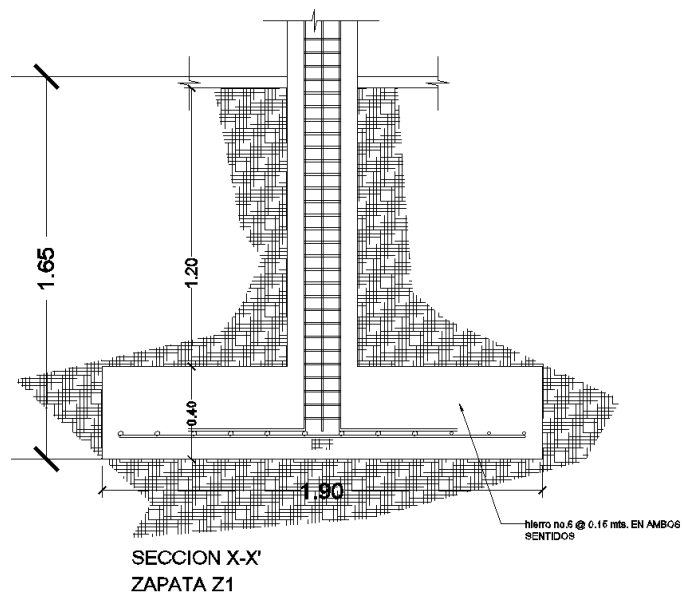
Por lo tanto, para el armado de la zapata se debe utilizar varillas No, 6 @ 15 cm en ambos sentidos.

Figura 45. **Planta, armado de zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 46. **Perfil, detalle de armado de zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 3.4.8. Diseño de instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas están basadas en el *Manual de normas* para acometidas de servicio eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA). En la sección V se mencionan apartamentos, edificios, escuelas, centros comerciales y construcciones similares. Las normas y códigos para instalación comercial son:

- Acometida: es el conjunto de conductores, componentes y materiales utilizados para transmitir electricidad desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica. La instalación de la acometida constará de lo siguiente:
  - Poste de distribución
  - Poste de acometida
  - Cables de acometida
  - Contador o medidor
  - Caja *socket* para contador
  - Medios de protección
  - Tableros de distribución

Por lo tanto, se colocará un contador y un tablero de distribución en cada nivel con tierra física. Para conexión de electrodos a tierra se debe colocar una varilla de cobre de un diámetro de ½" y una longitud mínima de 2,50 metros.

- Circuitos: según la norma, los circuitos de iluminación y tomacorrientes se protegerán con un *flip on* de 15 a 20 amperios, dependiendo de los elementos conectados al circuito, basándose principalmente en lo que determinen los cálculos. Se consideró el método del total de potencia que

son los watts o kilowatts que suman todas las lámparas, tomacorrientes y el resto de conexiones eléctricas. Esto para lograr la iluminación adecuada en cada área específica.

- Primer nivel

19 lámparas de 40 watts de 2 tubos por lámpara =  $19 \times 2 \times 40$  watts = 1 520 watts.

1 bombilla de 75 watts = 75 watts

22 tomacorrientes de 300 watts cada uno = 6600 watts

Total = 8195 watts

Con base en lo especificado en la norma, y teniendo una potencia de 8195 watts, se colocarán en el primer nivel 8 circuitos, 4 para iluminación y 4 para fuerza.

- Segundo nivel

□ 19 lámparas de 40 watts de 2 tubos por lámpara =  $19 \times 2 \times 40$  watts = 1 520 watts.

1 bombilla de 75 watts = 75 watts

22 tomacorrientes de 300 watts cada uno = 6600 watts

Total = 8195watts

Con base en lo especificado en la norma, y teniendo una potencia de 8195 watts, se colocarán en el primer nivel 8 circuitos, 4 para iluminación y 4 para fuerza.

### **3.4.9. Diseño de instalaciones hidráulicas, sanitarias y pluviales**

#### **3.4.9.1. Instalaciones hidráulicas**

Las instalaciones hidráulicas son el conjunto de tuberías y conexiones de diferentes diámetros y diferentes materiales. Estas son para alimentar y distribuir agua dentro de la construcción. Las instalaciones sanitarias tienen por objeto la recolección de las aguas residuales (aguas jabonosas, aguas grasas, aguas negras, aguas pluviales) y conducir las a través de tuberías al colector general. Se proveerá de agua potable en cantidad y presión suficiente para satisfacer las necesidades y servicio de los usuarios. Esto de acuerdo con los siguientes requisitos mínimos:

- El servicio de agua potable será continuo durante 12 horas del día.
- La dotación mínima es de 200 litros/persona/día.
- El diseño de la red de distribución fue por circuitos cerrados.
- En puntos estratégicos, se debe instalar válvulas de control que permitan aislar tramos de tubería para operaciones de mantenimiento; sin dejar sin servicio al resto del edificio.
- Las tuberías de agua potable se colocaron lo más apartado posible de las de drenaje y nunca deben estar a un nivel inferior que estas.
- En los puntos de cruce entre tubería de agua y drenaje, las primeras deben quedar por lo menos 20 cm por encima protegidas con mortero o concreto.

Con base en la tabla XXIII se le asigna un número de unidades de gasto o unidades Hunter (UH) a cada uno de los artefactos sanitarios en función del tipo. Estos quedan de la siguiente manera:

- Lavamanos UH = 2
- Inodoro con tanque UH = 5
- Mingitorios UH = 3
- Grifo para patio UH = 1
- Ducha UH = 4

Tabla XXVI. **Unidades de gasto para tuberías de distribución**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua Fría	Agua caliente
Tina		2	1.50	1.50
Lavarropa		3	2	2
Bidet		1	0.75	0.75
Ducha		2	1.50	1.50
Inodoro	Con tanque	3	3	---
Inodoro	Con válvula semiautomática	6	6	---
Lavadero	Cocina	3	2	2
Lavadero	Repostero	3	2	2
Máq. Lavaplatos	Combinación	3	2	2
Lavatorio	Corriente	1	0.75	0.75
Lavadero de Ropa	Mecánico	4	3	3
Urinario	Con tanque	3	3	---
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	---

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. P. 48.

- Número total de UH primer nivel

8 lavamanos x 2 UH = 16 UH

7 inodoros con tanque x 5 UH = 35 UH



5 mingitorios con tanque x 3 UH = 15 UH

2 grifo para patio x 1 UH = 2 UH

0 ducha x 4 UH = 0 UH

UH Total = 68 UH

El número total de UH = 68 UH (50 UH con tanque y 18 UH con válvula).

Tabla XXVII. **Gastos probables para el método de Hunter (lt/s)**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	40	0.91	1.74
4	0.16	---	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. P. 50

Con el número total de UH, y utilizando la tabla XXVI, se obtiene un gasto probable de 2,23 lt/s (1,36 lt/s con tanque y 2,23 lt/s con válvula).

Estimando una velocidad de 1 m/s, una altura de niveles de 3,00 m para cada uno de los dos niveles y tubería de PVC, se calcula el diámetro con la siguiente ecuación:

$$D = 4,87 \sqrt[4]{\frac{1173,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} - H_f}}$$

Por lo tanto, el diámetro a utilizar para la línea de distribución que alimenta los dos niveles será de PVC de diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

### 3.4.9.2. Instalaciones sanitarias

Es el medio por el cual se evacúa, trasporta y tratan las excretas y desechos líquidos, lejos de donde se producen. Las aguas residuales son producidas por las actividades humanas relacionadas con el consumo de agua potable. Las tuberías enterradas para el drenaje sanitario deberán tener una pendiente mínima de 2 % y una pendiente máxima de 6 %.

Utilizando la tabla XXVII se le asigna un número de unidades mueble (um) y un diámetro de tubería a cada mueble o aparato sanitario. Esto dependiendo de la clase de instalación. Para este proyecto se considerará una instalación de primera clase y con una pendiente de 2 %, quedando el cálculo del diámetro de tubería de la siguiente manera.

Tabla XXVIII. **Cálculo del diámetro de las derivaciones simples**

Tipo de mueble o aparato sanitario	Número de unidades mueble (um)	Diámetro (pulgadas)
Lavamanos	8	2
Inodoro con tanque	7	3
Mingitorios	5	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Unidades de descarga y diámetro en derivaciones simples y sifones de descarga**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	----	----	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	----	4	4	----	2	2
Fregadero de viviendas	3	----	----	1 ¼	----	----
Fregadero de restaurante	----	8	8	----	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	----	1 ¼	1 ¼	----
Vertedero	----	8	8	4	4	----
Bebedero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de Casa	2	----	----	1 ½	----	----
Lavaplatos comercial	----	4	----	----	----	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. P. 71

De acuerdo con los resultados obtenidos se determina utilizar tubería de PVC de diámetro de 2” para las instalaciones sanitarias de los lavamanos y de los mingitorios, y asimismo utilizar tubería de PVC de diámetro de 3” para para los inodoros. Esto para todas las derivaciones simples y para las derivaciones en columnas (bajadas).

### 3.4.9.3. Instalaciones pluviales

Al fin de evitar que el agua se acumule o sus corrientes causen daños y molestias a la población, se construye el sistema pluvial por medio del cual se conducen las aguas producto de lluvias o precipitaciones hacia sitios más seguros para su vertido y para ser trasladadas hacia los colectores municipales, debiendo diseñarse el sistema de acuerdo con los siguientes requerimientos:

- Las bajadas deben ubicarse, si es posible, en paredes que den al exterior de la edificación, protegidas con mortero, concreto u otro material. Se dispondrán cinco bajadas de agua pluvial para drenar el techo del edificio. El diámetro de cada una de ellas se calcula de la siguiente manera:

Se calcula el caudal con la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{C.I.A.}{360}$$

Donde:

Q = caudal m<sup>3</sup>/s

C = coeficiente de escorrentía del concreto (0,90)

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área a drenar (Ha)

Para calcular la intensidad de lluvia se utilizarán los datos que proporciona la estación meteorológica del municipio de San Miguel Petapa, la

cual tiene una lectura máxima de intensidad de lluvia de 184,20 mm/h, con la cual se diseñarán las instalaciones pluviales para este proyecto.

En el área total a drenar de 340 m<sup>2</sup> se ubicaron 18 bajadas de agua pluvial en la estructura, el área a drenar por cada bajada de agua y el caudal que se atribuye a cada área y el diámetro de tubería requerido para cada bajada de agua pluvial se determina a continuación:

$$Q = \frac{0,90 * 184,20 \text{ mm/h} * 0,0020 \text{ ha}}{360} = 0,00092 \text{ m}^3/\text{s} = 0,921 \text{ lt/s}$$

Luego, se calcula el diámetro de la tubería. Esto por medio de la fórmula de Manning, de la siguiente manera:

$$D = \left( \frac{691000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Debido a que se utiliza tubería de PVC se estima un coeficiente de rugosidad  $n = 0,009$  y se estimará una pendiente de 1,00 %, dando como resultado:

$$D = \left( \frac{691000 * 0,00092 * 0,009}{0,01^{1/2}} \right)^{3/8} = 4,56 \text{ cm}$$

Se estimó que para las bajadas de agua pluvial en el edificio se utilizará tubería PVC de 4" de diámetro. Las tuberías que transportan el agua pluvial a las cajas de unión serán de un diámetro de 6", debido a la demanda de agua pluvial que pueda tener la edificación en su extensa área de techo de 340 m<sup>2</sup> y de esa manera evitar colapsos de tubería en el sistema.

### **3.5. Planos constructivos**

Para este proyecto se elaboraron los siguientes planos:

- Planta arquitectónica
- Planta acotada
- Planta de acabados
- Elevaciones
- Planta de cimientos y columnas
- Detalles de cimientos y columnas
- Planta de losas
- Detalles estructurales
- Planta de iluminación
- Planta de fuerza
- Planta de agua potable
- Planta de drenaje sanitario y pluvial

### **3.6. Elaboración de presupuesto**

Para la elaboración del presupuesto para el proyecto, se realizaron cotizaciones de materiales cerca de los sectores 2, 3, 4, 6 y 8 de Villa Hermosa 1. La obra de mano no calificada se cotizó en el casco urbano del municipio y para la obra de mano calificada se utilizaron rendimientos y precios que maneja la Municipalidad de San Miguel Petapa.

Tabla XXX. Presupuesto para edificio municipal (CAI)

RENGLÓN	NOMBRE DE RENGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1,00	TRABAJOS PRELIMINARES Y LIMPIEZA GENERAL	1,00	UNIDAD	11,358,62	11,358,62
2,00	NIVELACION Y TRAZO	340,00	M2	17,83	6,062,20
	<b>CIMIENTO EDIFICIO</b>				
3,00	CORTE DE TERRENO	530,00	M3	70,45	37,338,50
4,00	EXCAVACION DE CIMIENTOS EDIFICIO	178,67	ML	104,08	18,595,97
5,00	CIMIENTO CORRIDO T1 EDIFICIO	178,67	ML	728,93	130,237,92
6,00	ZAPATA TIPO 1 EDIFICIO	18,00	UNIDAD	3,649,60	65,692,80
7,00	EXCAVACION DE ZAPATA 1	55,51	M3	235,38	13,066,71
8,00	ZAPATA TIPO 2 EDIFICIO	12,00	UNIDAD	2,896,86	34,762,32
9,00	EXCAVACION DE ZAPATA 2	23,37	M3	235,99	5,516,03
10,00	LEVANTADO DE MURO DE CIMENTACION T-1	92,91	M2	207,07	19,238,87
11,00	LEVANTADO DE MURO DE CIMENTACION T-2	1,63	M2	614,77	1,000,85
12,00	RELLENO Y COMPACTACIÓN EDIFICIO	73,39	M3	235,26	17,265,37
13,00	VIGA DE AMARRE	16,96	ML	236,66	4,013,75
14,00	SOLERA HIDROFUGA	158,92	ML	181,77	28,886,89
	<b>PRIMER NIVEL</b>				
16,00	SOLERA INTERMEDIA PRIMER NIVEL	138,87	ML	171,46	23,810,65
17,00	SOLERA SILLAR PRIMER NIVEL	17,89	ML	233,84	4,183,40
18,00	SOLERA DINTEL PUERTAS PRIMER NIVEL	4,60	ML	311,84	1,434,46
19,00	COLUMNA A PRIMER NIVEL	154,60	ML	1,293,00	199,897,80
20,00	COLUMNA B PRIMER NIVEL	24,59	ML	430,84	10,594,36
21,00	VIGAS TIPO 1 PRIMER NIVEL	51,89	ML	1,127,08	58,484,18
22,00	VIGAS TIPO 2 PRIMER NIVEL	99,10	ML	723,50	71,698,85
23,00	LEVANTADO DE MUROS DE 14*19*39 PRIMER NIVEL	220,40	M2	268,61	59,200,30
24,00	LOSA TRADICIONAL PRIMER NIVEL	340,00	M2	659,96	224,386,40
25,00	MURO LATERAL DE CONTENCIÓN	78,89	M2	339,88	26,813,13
26,00	GRADAS PRIMER NIVEL	14,02	M2	4,019,37	56,351,57
	<b>SEGUNDO NIVEL</b>				
27,00	SOLERA INTERMEDIA SEGUNDO NIVEL	122,10	ML	184,88	22,573,85
28,00	SOLERA SILLAR SEGUNDO NIVEL	16,88	ML	242,51	4,093,57
29,00	SOLERA DINTEL PUERTAS SEGUNDO NIVEL	4,80	ML	302,11	1,450,13
30,00	COLUMNA A SEGUNDO NIVEL	97,20	ML	1,546,76	150,345,07
31,00	COLUMNA B SEGUNDO NIVEL	14,40	ML	453,36	6,528,38
32,00	VIGAS TIPO 1 SEGUNDO NIVEL	55,68	ML	1,085,33	60,431,17
33,00	VIGAS TIPO 2 SEGUNDO NIVEL	91,61	ML	762,24	69,828,81
34,00	LEVANTADO DE MUROS DE 14*19*39 SEGUNDO NIVEL	259,48	M2	264,97	68,754,42
35,00	LOSA TRADICIONAL SEGUNDO NIVEL	281,00	M2	761,54	213,992,74
	<b>INSTALACIONES</b>				
36,00	INSTALACIÓN HIDRAULICA	120,00	ML	105,59	12,670,80
37,00	INSTALACIÓN SANITARIA Y PLUVIAL	115,00	ML	208,50	23,977,50
38,00	ACOMETIDA ELECTRICA	1,00	ML	4,082,18	4,082,18
39,00	ILUMINACION	35,00	UNIDAD	874,84	30,619,40
40,00	FUERZA	27,00	UNIDAD	588,54	15,890,58
41,00	LEVANTADO DE MUROS DE 10*19*39 SERVICIO SANITARIO	47,50	M2	241,94	11,492,15
42,00	SOLERA DE CIMENTACION	20,00	ML	312,88	6,257,60
43,00	SOLERA INTERMEDIA MUROS DE SERVICIO SANITARIO	40,00	ML	106,96	4,278,40
44,00	INSTALACION DE INODORO	14,00	UNIDAD	1,948,15	27,274,10
45,00	INSTALACION DE LAVAMANOS	16,00	UNIDAD	700,00	11,200,00
46,00	MIGITORIOS	10,00	UNIDAD	600,00	6,000,00
47,00	CONSTRUCCION DE CISTERNA DE 18 M3	1,00	UNIDAD	51,197,54	51,197,54
48,00	INSTALACION DE EQUIPO DE HIDRONEUMATICO	1,00	UNIDAD	7,500,00	7,500,00
49,00	INSTALACION DE TINACO DE 2,500 LTS	1,00	UNIDAD	2,800,00	2,800,00
	<b>ACABADOS</b>				
50,00	REPellos Y CERNIDOS	1241,29	M2	119,90	148,830,07
51,00	ALIZADO DE VIGAS RESALTADAS	298,28	ML	237,97	70,981,69
52,00	AZULEJO EN BAÑOS	110,00	M2	187,29	20,601,90
53,00	PISO GRANITO	1050,00	M2	239,80	251,790,00
54,00	VENTANERÍA PVC	135,00	M2	850,00	114,750,00
55,00	PUERTA TIPO 1	10,00	UNIDAD	2,406,15	24,061,50
56,00	PUERTA TIPO 2	5,00	UNIDAD	1,800,00	9,000,00
57,00	PUERTA TIPO 3	1,00	UNIDAD	1,350,00	1,350,00
58,00	PUERTA TIPO 4	1,00	UNIDAD	2,054,60	2,054,60
59,00	PUERTA TIPO 5	2,00	UNIDAD	1,027,30	2,054,60
60,00	PISO EXTERIOR DE CONCRETO	352,00	M2	256,07	90,136,64
61,00	PINTURA EN PAREDES	1241,29	M2	64,22	79,715,32
	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>2,758,456,61</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total es de dos millones setecientos cincuenta y ocho mil cuatrocientos cincuenta y seis quetzales con sesenta y un centavos.





## CONCLUSIONES

1. Con la construcción del sistema de alcantarillado sanitario se estará beneficiando directamente a la población de las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés, eliminando los focos de contaminación que han causado enfermedades gastrointestinales.
2. Con base en la elaboración de los diferentes planos del sistema de alcantarillado sanitario se puede determinar el costo total del proyecto, el cual fue de Q. 2,209,619,39, para que la Municipalidad de San Miguel Petapa programe la inversión y ejecución del proyecto sanitario para dichas colonias.
3. El diseño del edificio para el centro de atención integral se elaboró con los diferentes criterios requeridos para brindar seguridad y comodidad, basados en los requerimientos arquitectónicos y estructurales establecidos por el Ministerio de Educación, con base en ACI, AGIES y CONRED.
4. La ejecución del proyecto de la construcción del edificio municipal logrará aumentar el número de edificios educativos en el Municipio de San Miguel Petapa, y se construirá el primer edificio para el Centro de Atención Integral (CAI), el cual tendrá un costo de Q. 2,758,456,61.



## RECOMENDACIONES

1. El alcantarillado sanitario para las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés, y el edificio para el Centro de Atención Integral en Villa Hermosa, por ser proyectos de gran importancia para el desarrollo de las comunidades, se recomienda a la Municipalidad de San Miguel Petapa hacer todas las gestiones necesarias para la ejecución de los mismos.
2. Contratar mano de obra local para la construcción de los proyectos para beneficiar a los habitantes de ambas comunidades.
3. Proveer el mantenimiento adecuado y constante a la estructura del edificio escolar y alcantarillado sanitario, creando un plan de seis meses para ambos proyectos, para evitar el deterioro prematuro de los mismos.
4. Tomar en cuenta que los presupuestos son una referencia, ya que están sujetos a cambios, principalmente por las circunstancias económicas que existan al momento de realizar la ejecución de los proyectos, por lo que se recomienda una actualización de precios en su momento.
5. Utilizar un software automatizado de estructuras para tener una optimización del diseño estructural, para que se obtengan grandes beneficios, como la exactitud y la rapidez del cálculo estructural de algún proyecto requerido en el futuro.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. Comité ACI 318. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-11)*. Estados Unidos: ACI, 2011.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
3. BRAJA M., Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4ta ed. California: Thomson, 1999. 862 p.
4. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria*  
2. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 146 p.
5. Instituto de Fomento Municipal. *Manual para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 29 p.
6. LÓPEZ PRETZANCIN, Douglas Emilio. *Diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario para los cantones El Guayacán y San Antonio Chimulbuá, Municipio de San Gabriel, Departamento de Suchitepéquez*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 112 p.

7. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p.
8. RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 157 p.
9. SANTOS LÓPEZ, Jessica Fabiola. *Diseño del edificio escolar de dos niveles para la Aldea Luis Pueblo Nuevo y muro de contención en voladizo para la Aldea Cerro Niño, Pastores, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 378 p.

# APÉNDICES

## Apéndice 1. Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario para las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés

DE	A	COTAS TERR.		D.H.	S(%)	NO. DE CASAS		TASA DE CRECIMIENTO r=2.7%	PERÍODO DE DISEÑO t=30 años	HAB. A SERVIR		DOTACIÓN DE AGUA POTABLE= 120L/hab/día	FACTOR DE RETORNO DE 0.75	Q medio = Sumatoria de Caudales						f <sub>qm</sub>		FACT. HARMOND					
		PV	PV			INICIO	FINAL			LOCAL (m)	TERRENO			LOCAL	ACUM.	ACT. ACUM.	FUT. ACUM.	Q domiciliar (L/s)		Q conex. lict. (L/s)		Q medio (L/s)		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
																		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.				
1	2	1001.54	1001.41	3.38	3.85	4	4	2.70	30	24	53	120	0.75	0.025	0.065	0.005	0.011	0.030	0.066	0.0020	0.0020	4.37	4.31				
2	3	1001.41	1001.63	40.62	-0.54	2	6	2.70	30	36	80	120	0.75	0.038	0.083	0.008	0.017	0.045	0.100	0.0020	0.0020	4.34	4.27				
3	4	1001.63	1002.53	49.90	-1.80	2	8	2.70	30	48	107	120	0.75	0.050	0.111	0.010	0.022	0.060	0.134	0.0020	0.0020	4.32	4.24				
4	5	1002.53	1002.75	9.90	-2.22	0	8	2.70	30	48	107	120	0.75	0.050	0.111	0.010	0.022	0.060	0.134	0.0020	0.0020	4.32	4.24				
5	6	1002.75	1003.31	54.70	-1.02	10	5	2.70	30	30	67	120	0.75	0.031	0.070	0.006	0.014	0.038	0.084	0.0020	0.0020	4.35	4.29				
6	7	1003.31	1003.66	45.40	-0.77	7	12	2.70	30	72	160	120	0.75	0.075	0.167	0.015	0.033	0.090	0.200	0.0020	0.0020	4.28	4.18				
7	8	1003.66	1003.08	29.70	1.95	6	18	2.70	30	108	240	120	0.75	0.113	0.250	0.023	0.050	0.135	0.300	0.0020	0.0020	4.23	4.12				
8	9	1003.08	1002.48	60.40	0.99	8	26	2.70	30	156	347	120	0.75	0.163	0.361	0.033	0.072	0.195	0.434	0.0020	0.0020	4.19	4.05				
9	10	1002.48	1001.97	15.00	3.40	7	33	2.70	30	198	440	120	0.75	0.206	0.458	0.041	0.092	0.248	0.550	0.0020	0.0020	4.15	4.00				
10	11	1001.97	1002.52	30.00	-1.83	5	38	2.70	30	228	507	120	0.75	0.238	0.528	0.048	0.106	0.285	0.634	0.0020	0.0020	4.13	3.97				
11	12	1002.52	1002.47	12.29	0.41	2	40	2.70	30	240	534	120	0.75	0.250	0.556	0.050	0.111	0.300	0.668	0.0020	0.0020	4.12	3.96				
12	13	1002.47	1002.51	7.93	-0.50	5	45	2.70	30	270	600	120	0.75	0.281	0.625	0.056	0.125	0.338	0.750	0.0020	0.0020	4.10	3.93				
13	14	1002.51	1003.09	47.55	-1.22	3	48	2.70	30	288	640	120	0.75	0.300	0.667	0.060	0.133	0.360	0.800	0.0020	0.0020	4.09	3.92				
14	15	1003.09	1002.87	4.81	4.57	2	50	2.70	30	300	667	120	0.75	0.313	0.695	0.063	0.139	0.375	0.834	0.0020	0.0020	4.08	3.91				
15	16	1002.87	1002.86	5.04	0.20	1	51	2.70	30	306	681	120	0.75	0.319	0.709	0.064	0.142	0.383	0.851	0.0020	0.0020	4.07	3.90				

Caudal de Diseño		CHEQUEOS Y RELACIONES											ALTURA DE POZOS		COTAS INVERT		PENDIENTE		EXCAV.	
ACT.	FUT.	q' asumido	v sec. llena	Q sec. llena	Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.		Relación d/D			H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA	(m3)	
					q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.	Rango de V. 0.40<V<3	d/D ACT.	d/D FUT.							Chequeo 0.1<d/D<0.75
0.210	0.46	6.00	2.16	39.47	0.01	0.01	0.30	0.30	0.65	0.65	continuar	0.100	0.100	continuar	1.00	0.97	1000.54	1000.44	2.96	2.00
0.313	0.68	6.00	1.08	19.72	0.02	0.03	0.40	0.50	0.43	0.54	continuar	0.100	0.100	continuar	1.00	1.52	1000.41	1000.11	0.74	30.71
0.415	0.91	6.00	1.01	18.38	0.02	0.05	0.40	0.50	0.40	0.50	continuar	0.100	0.200	continuar	1.55	2.77	1000.08	999.76	0.64	64.67
0.415	0.91	6.00	1.26	23.06	0.02	0.04	0.40	0.50	0.51	0.63	continuar	0.100	0.100	continuar	2.80	3.12	999.73	999.63	1.01	17.58
0.261	0.57	6.00	1.02	18.62	0.01	0.03	0.40	0.40	0.41	0.41	continuar	0.100	0.100	continuar	3.15	4.07	999.60	999.24	0.66	118.48
0.616	1.34	6.00	0.88	15.98	0.04	0.08	0.50	0.60	0.44	0.53	continuar	0.100	0.200	continuar	4.10	4.67	999.21	998.99	0.48	119.45
0.915	1.98	6.00	1.71	31.23	0.03	0.06	0.40	0.60	0.68	1.03	continuar	0.100	0.200	continuar	4.70	4.67	998.96	998.41	1.85	83.49
1.306	2.81	6.00	1.22	22.29	0.06	0.13	0.50	0.70	0.61	0.86	continuar	0.200	0.200	continuar	4.70	4.67	998.38	997.81	0.94	169.78
1.643	3.52	6.00	0.92	16.76	0.10	0.21	0.60	0.80	0.55	0.74	continuar	0.200	0.300	continuar	4.70	4.27	997.78	997.70	0.53	40.37
1.882	4.03	6.00	0.61	11.09	0.17	0.36	0.70	0.90	0.43	0.55	continuar	0.300	0.400	continuar	4.30	4.92	997.67	997.60	0.23	82.98
1.977	4.23	6.00	0.51	9.26	0.21	0.46	0.80	1.00	0.41	0.51	continuar	0.300	0.500	continuar	4.95	4.92	997.57	997.55	0.16	36.39
2.213	4.72	6.00	0.77	14.12	0.16	0.33	0.70	0.90	0.54	0.70	continuar	0.300	0.400	continuar	4.95	5.02	997.52	997.49	0.38	23.72
2.354	5.01	6.00	0.55	9.98	0.24	0.50	0.80	1.00	0.44	0.55	continuar	0.300	0.500	continuar	5.05	5.72	997.46	997.37	0.19	153.63
2.447	5.21	6.00	2.50	45.61	0.05	0.11	0.50	0.70	1.25	1.75	continuar	0.200	0.200	continuar	5.75	5.72	997.34	997.15	3.95	16.55
2.494	5.31	6.00	0.97	17.71	0.14	0.30	0.70	0.90	0.68	0.87	continuar	0.300	0.400	continuar	5.75	5.77	997.12	997.09	0.60	17.42



Continuación del apéndice 1.

CALLE 2	DE	A	COTAS TERR.		D.H.	S(%)	NO. DE CASAS		TASA DE CRECIMIENTO	PERÍODO DE DISEÑO	HAB. A SERVIR		DOTACIÓN DE AGUA	FACTOR DE RETORNO	Q medio = Sumatoria de Caudales						f <sub>qm</sub>		FACT. HARMOND	
	PV	PV	INICIO	FINAL	LOCAL (m)	TERRENO	LOCAL	ACUM.	r=2.7%	t=25 años	ACT. ACUM.	FUT. ACUM.	POTABLE= 120L/hab/día	0.75	Q <sub>domiciliar</sub> (L/s)	Q <sub>conex. líct.</sub> (L/s)		Q <sub>medio</sub> (L/s)		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	
	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	43	17	1002.53	1000.88	41.40	3.99	4	4	2.70	30	24	53	120	0.75	0.025	0.055	0.005	0.011	0.030	0.066	0.0020	0.0020	4.37	4.31
	18	17	1000.44	1000.88	11.60	-3.79	1	5	2.70	30	30	67	120	0.75	0.031	0.070	0.006	0.014	0.038	0.084	0.0020	0.0020	4.35	4.29
	40	20	999.71	999.37	9.00	3.78	6	11	2.70	30	66	147	120	0.75	0.069	0.153	0.014	0.031	0.063	0.184	0.0020	0.0020	4.29	4.19

CALLE 3	DE	A	COTAS TERR.		D.H.	S(%)	NO. DE CASAS		TASA DE CRECIMIENTO	PERÍODO DE DISEÑO	HAB. A SERVIR		DOTACIÓN DE AGUA	FACTOR DE RETORNO	Q medio = Sumatoria de Caudales						f <sub>qm</sub>		FACT. HARMOND		
	PV	PV	INICIO	FINAL	LOCAL (m)	TERRENO	LOCAL	ACUM.	r=2.7%	t=25 años	ACT. ACUM.	FUT. ACUM.	POTABLE= 120L/hab/día	0.75	Q <sub>domiciliar</sub> (L/s)	Q <sub>conex. líct.</sub> (L/s)		Q <sub>medio</sub> (L/s)		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.
	17	21	1000.88	1000.95	6	-1.17	4	4	2.70	30	24	53	120	0.75	0.025	0.055	0.005	0.011	0.030	0.066	0.0020	0.0020	4.37	4.31	
	21	22	1000.95	1002.17	66.06	-1.85	10	14	2.70	30	84	187	120	0.75	0.088	0.195	0.018	0.039	0.105	0.234	0.0020	0.0020	4.26	4.16	
	22	23	1002.17	1001.88	31.48	0.92	9	23	2.70	30	138	307	120	0.75	0.144	0.320	0.029	0.064	0.173	0.384	0.0020	0.0020	4.20	4.07	
	23	24	1001.88	1001.87	6.04	0.17	4	27	2.70	30	162	360	120	0.75	0.169	0.375	0.034	0.075	0.203	0.450	0.0020	0.0020	4.18	4.04	

CALLE 4	DE	A	COTAS TERR.		D.H.	S(%)	NO. DE CASAS		TASA DE CRECIMIENTO	PERÍODO DE DISEÑO	HAB. A SERVIR		DOTACIÓN DE AGUA	FACTOR DE RETORNO	Q medio = Sumatoria de Caudales						f <sub>qm</sub>		FACT. HARMOND		
	PV	PV	INICIO	FINAL	LOCAL (m)	TERRENO	LOCAL	ACUM.	r=2.7%	t=25 años	ACT. ACUM.	FUT. ACUM.	POTABLE= 120L/hab/día	0.75	Q <sub>domiciliar</sub> (L/s)	Q <sub>conex. líct.</sub> (L/s)		Q <sub>medio</sub> (L/s)		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.
	19	25	999.71	1000.80	80.00	-1.82	10	10	2.70	30	80	133	120	0.75	0.063	0.139	0.013	0.028	0.075	0.166	0.0020	0.0020	4.30	4.21	
	25	26	1000.80	1001.49	40.00	-1.73	8	18	2.70	30	108	240	120	0.75	0.113	0.250	0.023	0.050	0.135	0.300	0.0020	0.0020	4.23	4.12	
	26	27	1001.49	1001.71	15.56	-1.41	5	23	2.70	30	138	307	120	0.75	0.144	0.320	0.029	0.064	0.173	0.384	0.0020	0.0020	4.20	4.07	

Caudal de Diseño		q <sup>o</sup> asumido	V <sub>sec. llena</sub>	O <sub>sec. llena</sub>	CHEQUEOS Y RELACIONES										ALTURA DE POZOS		COTAS INVERT		PENDIENTE	EXCAV.
ACT.	FUT.				Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.				Relación d/D		H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA		
ACT.	FUT.	q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.	Rango de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.	Chequeo 0.1<d/D<0.75	H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA					
0.210	0.46	6.00	2.37	43.24	0.00	0.01	0.30	0.30	0.71	0.71	continuar	0.100	0.100	continuar	1.50	1.32	1001.03	999.56	3.55	35.02
0.261	0.57	6.00	1.04	19.06	0.01	0.03	0.40	0.40	0.42	0.42	continuar	0.100	0.100	continuar	1.35	1.87	999.09	999.01	0.69	11.21
0.568	1.23	6.00	2.33	42.59	0.01	0.03	0.30	0.40	0.70	0.93	continuar	0.100	0.100	continuar	1.90	1.87	997.81	997.50	3.44	10.18

Caudal de Diseño		q <sup>o</sup> asumido	V <sub>sec. llena</sub>	O <sub>sec. llena</sub>	CHEQUEOS Y RELACIONES										ALTURA DE POZOS		COTAS INVERT		PENDIENTE	EXCAV.
ACT.	FUT.				Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.				Relación d/D		H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA		
ACT.	FUT.	q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.	Rango de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.	Chequeo 0.1<d/D<0.75	H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA					
0.210	0.46	6.00	1.62	29.63	0.01	0.02	0.30	0.40	0.49	0.65	continuar	0.100	0.100	continuar	1.35	1.52	999.53	999.43	1.67	5.17
0.716	1.56	6.00	0.92	16.70	0.04	0.09	0.50	0.60	0.46	0.55	continuar	0.100	0.200	continuar	1.55	3.12	999.40	999.05	0.53	92.55
1.160	2.50	6.00	1.14	20.86	0.06	0.12	0.50	0.70	0.57	0.80	continuar	0.200	0.200	continuar	3.15	3.12	999.02	998.76	0.83	59.21
1.354	2.91	6.00	0.89	16.17	0.08	0.18	0.60	0.80	0.53	0.71	continuar	0.200	0.300	continuar	3.15	3.17	998.73	998.70	0.50	11.45

Caudal de Diseño		q <sup>o</sup> asumido	V <sub>sec. llena</sub>	O <sub>sec. llena</sub>	CHEQUEOS Y RELACIONES										ALTURA DE POZOS		COTAS INVERT		PENDIENTE	EXCAV.
ACT.	FUT.				Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.				Relación d/D		H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA		
ACT.	FUT.	q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.	Rango de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.	Chequeo 0.1<d/D<0.75	H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA					
0.516	1.12	6.00	0.86	15.68	0.03	0.07	0.50	0.60	0.43	0.52	continuar	0.100	0.200	continuar	1.90	3.27	997.81	997.53	0.47	93.06
0.915	1.98	6.00	0.72	13.08	0.07	0.15	0.60	0.70	0.43	0.50	continuar	0.200	0.300	continuar	3.30	4.12	997.50	997.37	0.32	89.04
1.160	2.50	6.00	0.71	13.01	0.09	0.19	0.60	0.80	0.43	0.57	continuar	0.200	0.300	continuar	4.15	4.42	997.34	997.29	0.32	40.00

Continuación del apéndice 1.

Caudal de Diseño		φ <sup>o</sup> asumido	V sec. llena	Q sec. llena	CHEQUEOS Y RELACIONES											ALTURA DE POZOS		COTAS INVERT		PENDIENTE	EXCAV.
ACT.	FUT.				Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.			Relación d/D			H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA		
ACT.	FUT.				q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.	Rango de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.	Chequeo 0.1<d/D<0.75	H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA	(m3)	
0.516	1.12	6.00	0.83	15.11	0.03	0.07	0.50	0.60	0.41	0.50	continuar	0.100	0.200	continuar	1.90	2.97	997.47	997.21	0.43	87.66	
0.865	1.87	6.00	0.84	15.39	0.06	0.12	0.50	0.70	0.42	0.59	continuar	0.200	0.200	continuar	3.00	4.17	997.18	997.00	0.45	86.04	
1.111	2.40	6.00	0.85	15.59	0.07	0.15	0.60	0.70	0.51	0.60	continuar	0.200	0.300	continuar	4.20	4.67	996.97	996.91	0.46	34.59	

Caudal de Diseño		φ <sup>o</sup> asumido	V sec. llena	Q sec. llena	CHEQUEOS Y RELACIONES											ALTURA DE POZOS		COTAS INVERT		PENDIENTE	EXCAV.
ACT.	FUT.				Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.			Relación d/D			H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA		
ACT.	FUT.				q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.	Rango de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.	Chequeo 0.1<d/D<0.75	H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA	(m3)	
0.364	0.79	6.00	1.02	18.56	0.02	0.04	0.40	0.50	0.41	0.51	continuar	0.100	0.100	continuar	1.00	2.67	998.65	998.37	0.65	47.11	
0.465	1.01	6.00	1.07	19.61	0.02	0.05	0.40	0.50	0.43	0.54	continuar	0.100	0.200	continuar	2.70	2.87	998.34	998.30	0.73	9.16	

Caudal de Diseño		φ <sup>o</sup> asumido	V sec. llena	Q sec. llena	CHEQUEOS Y RELACIONES											ALTURA DE POZOS		COTAS INVERT		PENDIENTE	EXCAV.
ACT.	FUT.				Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.			Relación d/D			H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA		
ACT.	FUT.				q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.	Rango de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.	Chequeo 0.1<d/D<0.75	H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA	(m3)	
0.261	0.57	6.00	2.14	39.01	0.01	0.01	0.30	0.40	0.64	0.86	continuar	0.100	0.100	continuar	3.20	3.72	997.41	997.15	2.89	18.68	
0.364	0.79	8.00	2.33	75.50	0.00	0.01	0.30	0.30	0.70	0.70	continuar	0.100	0.100	continuar	3.75	4.05	997.12	996.98	2.33	14.04	
0.465	1.01	8.00	2.16	69.90	0.01	0.01	0.30	0.40	0.65	0.86	continuar	0.100	0.100	continuar	4.22	4.42	996.81	996.71	2.00	12.96	
0.566	1.23	8.00	1.04	33.68	0.02	0.04	0.40	0.50	0.42	0.52	continuar	0.100	0.100	continuar	4.45	4.87	996.68	996.55	0.46	78.29	
0.768	1.66	8.00	1.08	35.11	0.02	0.05	0.40	0.50	0.43	0.54	continuar	0.100	0.100	continuar	4.90	5.12	996.52	996.45	0.50	41.69	
0.964	2.09	8.00	1.01	32.83	0.03	0.06	0.40	0.60	0.40	0.61	continuar	0.100	0.200	continuar	5.15	5.32	996.42	996.34	0.44	56.95	
1.013	2.19	8.00	1.14	36.93	0.03	0.06	0.40	0.50	0.46	0.57	continuar	0.100	0.200	continuar	5.35	5.52	996.31	996.20	0.56	64.24	
1.257	2.71	8.00	0.83	26.98	0.05	0.10	0.50	0.60	0.42	0.50	continuar	0.100	0.200	continuar	5.55	5.82	996.17	996.06	0.30	125.87	

Caudal de Diseño		φ <sup>o</sup> asumido	V sec. llena	Q sec. llena	CHEQUEOS Y RELACIONES											ALTURA DE POZOS		COTAS INVERT		PENDIENTE	EXCAV.
ACT.	FUT.				Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.			Relación d/D			H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA		
ACT.	FUT.				q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.	Rango de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.	Chequeo 0.1<d/D<0.75	H. POZO INICIAL	H. POZO ENTRADA	COTA INV. SALIDA	COTA INV. ENTRADA	DE TUBERÍA	(m3)	
0.415	0.91	6.00	1.97	35.97	0.01	0.03	0.30	0.40	0.59	0.79	continuar	0.100	0.100	continuar	1.00	0.97	999.47	999.40	2.46	1.68	
0.666	1.44	6.00	0.81	14.69	0.05	0.10	0.50	0.60	0.40	0.48	continuar	0.100	0.200	continuar	1.00	1.32	999.37	999.12	0.41	42.45	

CALLE 5	DE	A	COTAS TERR.		D.H.	S(%)	NO. DE CASAS		TASA DE CRECIMIENTO	PERIODO DE DISEÑO	HAB. A SERVIR		DOTACIÓN DE AGUA POTABLE	FACTOR DE RETORNO	Q medio = Sumatoria de Caudales						f <sub>qm</sub>		FACT. HARMOND.	
	PV	PV	INICIO	FINAL	LOCAL (m)	TERRENO	LOCAL	ACUM.	r=2.7%	t=25 años	ACT. ACUM.	FUT. ACUM.	=120L/hab/día	0.75	Q <sub>domiciliar</sub> (L/s)	Q <sub>conex. Ilct.</sub> (L/s)	Q <sub>medio</sub> (L/s)		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.		
	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	20	28	999.37	1000.18	60.00	-1.35	10	10	2.70	30	60	133	120	0.75	0.063	0.139	0.013	0.028	0.075	0.166	0.0020	0.0020	4.30	4.21
	28	29	1000.18	1001.17	40.00	-2.48	7	17	2.70	30	102	227	120	0.75	0.106	0.236	0.021	0.047	0.128	0.284	0.0020	0.0020	4.24	4.13
	29	30	1001.17	1001.58	13.00	-3.15	5	22	2.70	30	132	294	120	0.75	0.138	0.306	0.028	0.061	0.165	0.368	0.0020	0.0020	4.21	4.08

CALLE 6	DE	A	COTAS TERR.		D.H.	S(%)	NO. DE CASAS		TASA DE CRECIMIENTO	PERIODO DE DISEÑO	HAB. A SERVIR		DOTACIÓN DE AGUA POTABLE	FACTOR DE RETORNO	Q medio = Sumatoria de Caudales						f <sub>qm</sub>		FACT. HARMOND.	
	PV	PV	INICIO	FINAL	LOCAL (m)	TERRENO	LOCAL	ACUM.	r=2.7%	t=25 años	ACT. ACUM.	FUT. ACUM.	=120L/hab/día	0.75	Q <sub>domiciliar</sub> (L/s)	Q <sub>conex. Ilct.</sub> (L/s)	Q <sub>medio</sub> (L/s)		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	31	32	999.65	1001.04	42.79	-3.25	7	7	2.70	30	42	93	120	0.75	0.044	0.097	0.008	0.019	0.053	0.116	0.0020	0.0020	4.33	4.25
	32	33	1001.04	1001.17	5.48	-2.37	2	9	2.70	30	54	120	120	0.75	0.056	0.125	0.011	0.025	0.068	0.150	0.0020	0.0020	4.31	4.22

CALLE 7	DE	A	COTAS TERR.		D.H.	S(%)	NO. DE CASAS		TASA DE CRECIMIENTO	PERIODO DE DISEÑO	HAB. A SERVIR		DOTACIÓN DE AGUA POTABLE	FACTOR DE RETORNO	Q medio = Sumatoria de Caudales						f <sub>qm</sub>		FACT. HARMOND.	
	PV	PV	INICIO	FINAL	LOCAL (m)	TERRENO	LOCAL	ACUM.	r=2.7%	t=25 años	ACT. ACUM.	FUT. ACUM.	=120L/hab/día	0.75	Q <sub>domiciliar</sub> (L/s)	Q <sub>conex. Ilct.</sub> (L/s)	Q <sub>medio</sub> (L/s)		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	24	41	1000.61	1000.87	9.00	-2.89	5	5	2.70	30	30	67	120	0.75	0.031	0.070	0.006	0.014	0.038	0.084	0.0020	0.0020	4.35	4.29
	41	42	1000.87	1001.03	6.00	-2.67	2	7	2.70	30	42	93	120	0.75	0.044	0.097	0.009	0.019	0.053	0.116	0.0020	0.0020	4.33	4.25
	42	27	1001.03	1001.13	5.00	-2.00	2	9	2.70	30	54	120	120	0.75	0.056	0.125	0.011	0.025	0.068	0.150	0.0020	0.0020	4.31	4.22
	27	36	1001.13	1001.42	28.00	-1.04	3	11	2.70	30	66	147	120	0.75	0.069	0.153	0.014	0.031	0.083	0.184	0.0020	0.0020	4.29	4.19
	36	30	1001.42	1001.57	13.87	-1.08	4	15	2.70	30	90	200	120	0.75	0.094	0.208	0.019	0.042	0.113	0.250	0.0020	0.0020	4.26	4.15
	30	33	1001.57	1001.66	18.13	-0.50	4	19	2.70	30	114	254	120	0.75	0.119	0.265	0.024	0.053	0.143	0.318	0.0020	0.0020	4.23	4.11
	33	35	1001.66	1001.72	19.70	-0.30	1	20	2.70	30	120	267	120	0.75	0.125	0.278	0.025	0.056	0.150	0.334	0.0020	0.0020	4.22	4.10
	35	34	1001.72	1001.88	36.90	-0.43	5	25	2.70	30	150	334	120	0.75	0.156	0.348	0.031	0.070	0.188	0.418	0.0020	0.0020	4.19	4.06

CALLE ANEXO	DE	A	COTAS TERR.		D.H.	S(%)	NO. DE CASAS		TASA DE CRECIMIENTO	PERIODO DE DISEÑO	HAB. A SERVIR		DOTACIÓN DE AGUA POTABLE	FACTOR DE RETORNO	Q medio = Sumatoria de Caudales						f <sub>qm</sub>		FACT. HARMOND.	
	PV	PV	INICIO	FINAL	LOCAL (m)	TERRENO	LOCAL	ACUM.	r=2.7%	t=25 años	ACT. ACUM.	FUT. ACUM.	=120L/hab/día	0.75	Q <sub>domiciliar</sub> (L/s)	Q <sub>conex. Ilct.</sub> (L/s)	Q <sub>medio</sub> (L/s)		ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.
	38	37	1000.47	1000.37	2.85	3.51	8	8	2.70	30	48	107	120	0.75	0.050	0.111	0.010	0.022	0.060	0.134	0.0020	0.0020	4.32	4.24
	37	18	1000.37	1000.44	60.99	-0.11	5	13	2.70	30	78	173	120	0.75	0.081	0.180	0.016	0.036	0.098	0.216	0.0020	0.0020	4.27	4.17

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 2.

**Planos constructivos del alcantarillado sanitario para las colonias Santa Inés y Portal de Santa Inés, y del edificio municipal para el Centro de Atención Integral (CAI) para el sector 8 de Villa Hermosa 1**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

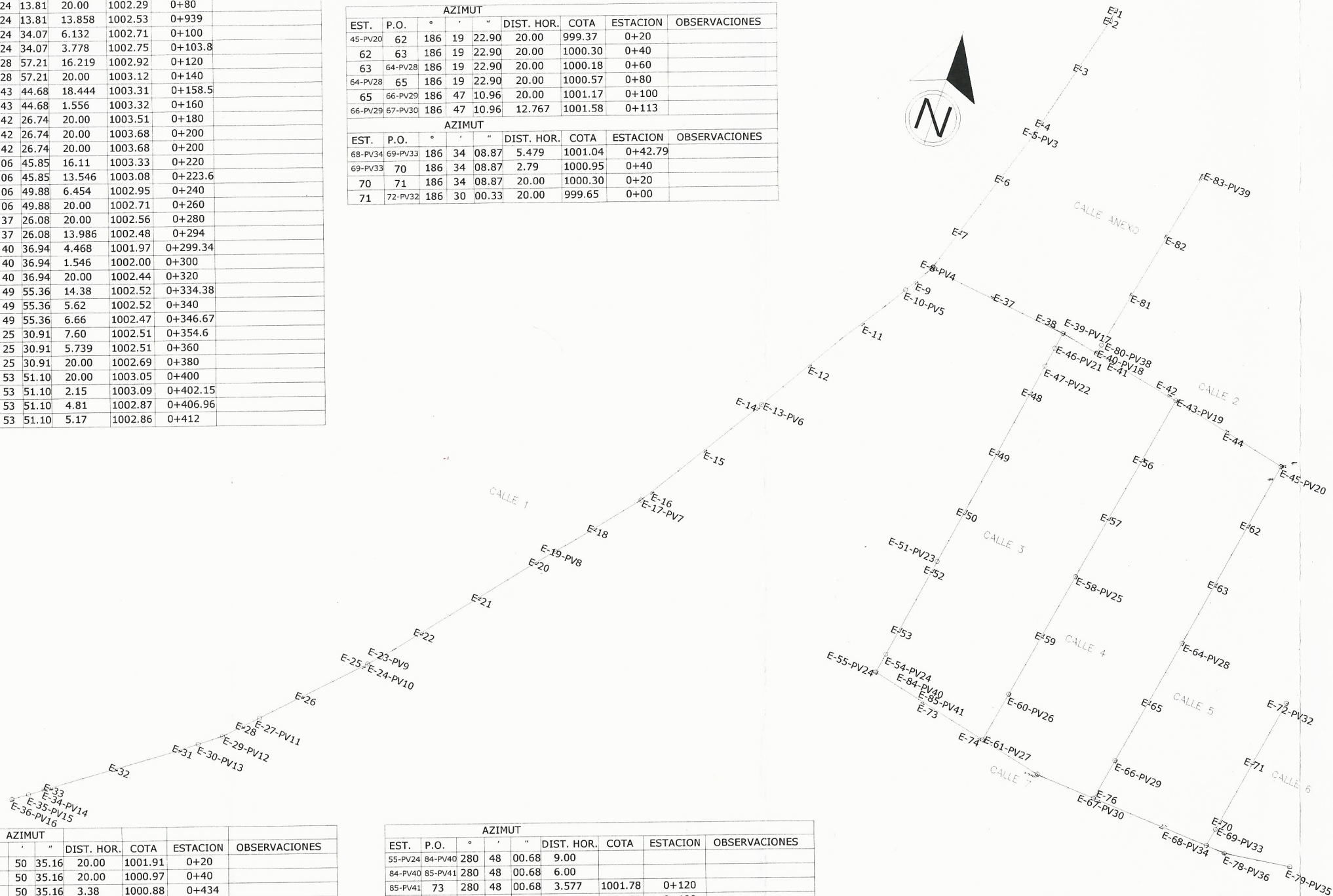


EST.	P.O.	AZIMUT		DIST. HOR.	COTA	ESTACION	OBSERVACIONES
1	2-PV2	183	03	50.73	3.38	1001.41	0+3.38
2	3	191	09	10.33	16.619	1001.48	0+20
3	4	191	09	10.33	20.00	1001.62	0+40
4	5-PV3	191	09	10.33	4.173	1001.63	0+44
5	6	194	24	13.81	15.822	1001.92	0+60
6	7	194	24	13.81	20.00	1002.29	0+80
7	8-PV4	194	24	13.81	13.858	1002.53	0+939
8	9	208	24	34.07	6.132	1002.71	0+100
9	10-PV5	208	24	34.07	3.778	1002.75	0+103.8
10	11	210	28	57.21	16.219	1002.92	0+120
11	12	210	28	57.21	20.00	1003.12	0+140
12	13-PV6	207	43	44.68	18.444	1003.31	0+158.5
13	14	207	43	44.68	1.556	1003.32	0+160
14	15	208	42	26.74	20.00	1003.51	0+180
15	16	208	42	26.74	20.00	1003.68	0+200
16	17-PV7	208	42	26.74	20.00	1003.68	0+200
17	18	216	06	45.85	16.11	1003.33	0+220
18	19-PV8	216	06	45.85	13.546	1003.08	0+223.6
19	20	217	06	49.88	6.454	1002.95	0+240
20	21	217	06	49.88	20.00	1002.71	0+260
21	22	215	37	26.08	20.00	1002.56	0+280
22	23-PV9	215	37	26.08	13.986	1002.48	0+294
23	24-PV10	218	40	36.94	4.468	1001.97	0+299.34
24	25	218	40	36.94	1.546	1002.00	0+300
25	26	218	40	36.94	20.00	1002.44	0+320
26	27-PV11	220	49	55.36	14.38	1002.52	0+334.38
27	28	220	49	55.36	5.62	1002.52	0+340
28	29-PV12	220	49	55.36	6.66	1002.47	0+346.67
29	30-PV13	229	25	30.91	7.60	1002.51	0+354.6
30	31	229	25	30.91	5.739	1002.51	0+360
31	32	229	25	30.91	20.00	1002.69	0+380
32	33	230	53	51.10	20.00	1003.05	0+400
33	34-PV14	230	53	51.10	2.15	1003.09	0+402.15
34	35-PV15	230	53	51.10	4.81	1002.87	0+406.96
35	36-PV16	230	53	51.10	5.17	1002.86	0+412

EST.	P.O.	AZIMUT		DIST. HOR.	COTA	ESTACION	OBSERVACIONES
43-PV19	56	186	44	58.57	20.00	999.90	0+20
56	57	186	44	58.57	20.00	1000.30	0+40
57	58-PV25	186	44	58.57	20.00	1000.80	0+60
58-PV25	59	186	44	58.57	20.00	1001.10	0+80
59	60-PV26	186	47	59.10	20.00	1001.49	0+100
60-PV26	61-PV27	186	47	59.10	15.56	1001.71	0+115.56

EST.	P.O.	AZIMUT		DIST. HOR.	COTA	ESTACION	OBSERVACIONES
45-PV20	62	186	19	22.90	20.00	999.37	0+20
62	63	186	19	22.90	20.00	1000.30	0+40
63	64-PV28	186	19	22.90	20.00	1000.18	0+60
64-PV28	65	186	19	22.90	20.00	1000.57	0+80
65	66-PV29	186	47	10.96	20.00	1001.17	0+100
66-PV29	67-PV30	186	47	10.96	12.767	1001.58	0+113

EST.	P.O.	AZIMUT		DIST. HOR.	COTA	ESTACION	OBSERVACIONES
68-PV34	69-PV33	186	34	08.87	5.479	1001.04	0+42.79
69-PV33	70	186	34	08.87	2.79	1000.95	0+40
70	71	186	34	08.87	20.00	1000.30	0+20
71	72-PV32	186	30	00.33	20.00	999.65	0+00



EST.	P.O.	AZIMUT		DIST. HOR.	COTA	ESTACION	OBSERVACIONES
8-PV4	37	94	50	35.16	20.00	1001.91	0+20
37	38	94	50	35.16	20.00	1000.97	0+40
38	39-PV17	94	50	35.16	3.38	1000.88	0+434
39-PV17	40-PV18	98	33	17.93	11.61	1000.44	0+55
40-PV18	41	98	33	17.93	5.00	1000.19	0+60
41	42	98	06	34.71	20.00	999.74	0+80
42	43-PV19	98	15	59.10	2.372	999.71	0+82
43-PV19	44	98	15	59.10	17.628	999.45	0+100
44	45-PV20	100	49	24.00	17.628	999.37	0+119

EST.	P.O.	AZIMUT		DIST. HOR.	COTA	ESTACION	OBSERVACIONES
55-PV24	84-PV40	280	48	00.68	9.00		
84-PV40	85-PV41	280	48	00.68	6.00		
85-PV41	73	280	48	00.68	3.577	1001.78	0+120
73	74	280	48	00.68	20.00	1001.72	0+100
74	61-PV28	280	48	00.68	0.836	1001.71	0+99.7
61-PV28	75-PV37	280	50	26.78	19.16	1001.66	0+80
75-PV37	67-PV31	180	89.4	34.36	18.128	1001.58	0+61.87
67-PV31	76	180	89.4	34.36	1.871	1001.56	0+60
76	77	180	89.4	34.36	20.00	1001.32	0+40
77	68-PV34	180	89.4	34.36	14.30	1001.43	0+48
68-PV34	78-PV36	271	39	00.23	5.813	1001.13	0+20
78-PV36	79-PV35	258	30	38.72	20.00	1000.61	0+00

EST.	P.O.	AZIMUT		DIST. HOR.	COTA	ESTACION	OBSERVACIONES
40-PV18	80-PV38	08	02	55.88	2.851	1000.37	0+2.85
80-PV38	81	08	02	55.88	17.15	1000.54	0+20
81	82	08	02	55.88	20.00	1000.74	0+40
82	83-PV39	08	02	55.88	20.99	1000.97	0+60.99

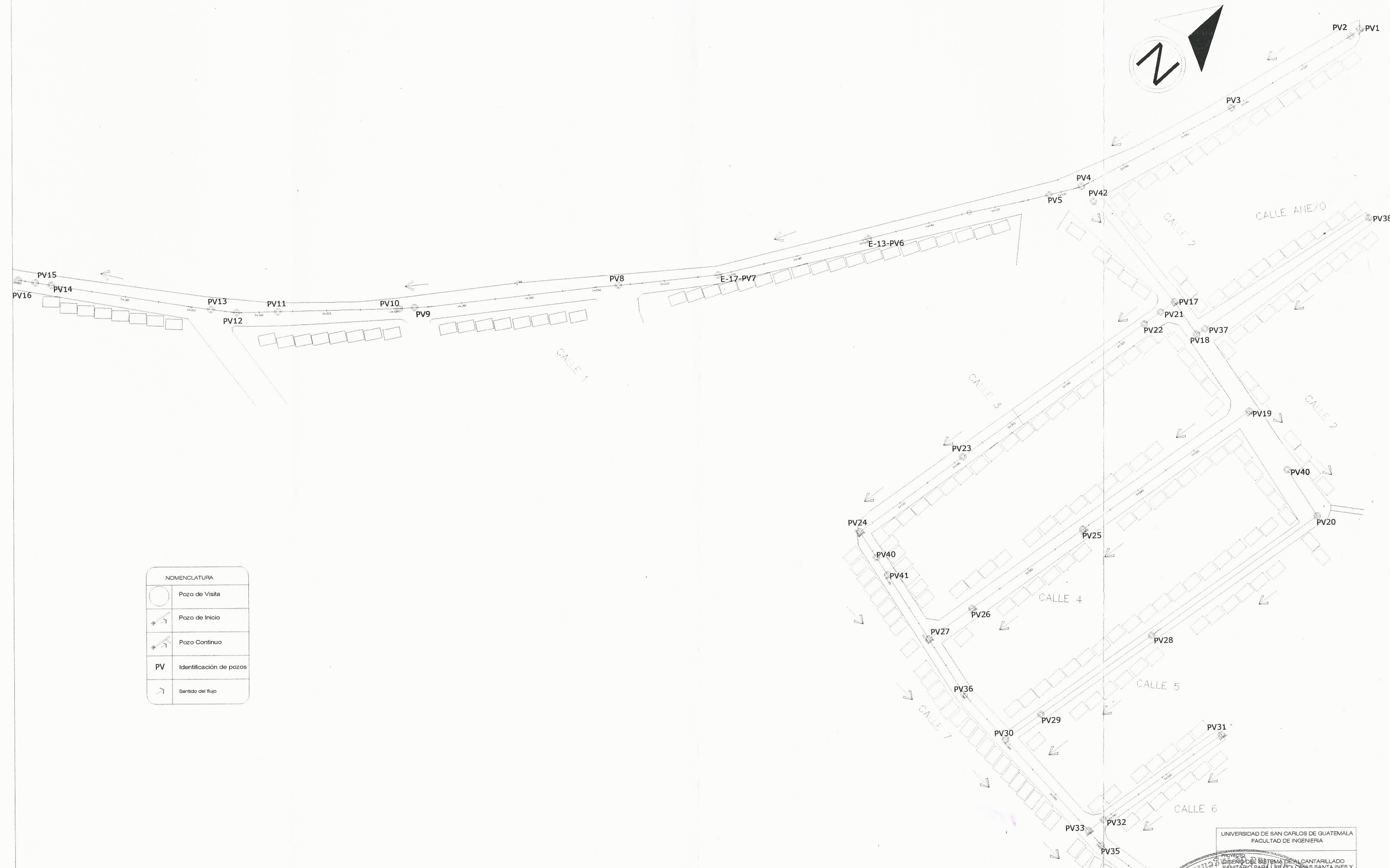
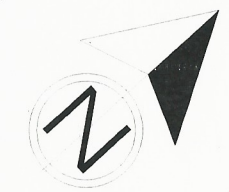
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTRILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INES Y PORTAL DE SANTA INES, SAN MIGUEL PETAPA.

CONTENIDO: PLANTA TOPOGRAFICA

DISEÑO: JOSE CASTRO  
CALCULO: JOSE CASTRO  
DIBUJO: JOSE CASTRO  
ESCALA: 1:1000  
INDICADO: 1  
FECHA: ENERO 2016

1  
7



NOMENCLATURA	
	Pozo de Visita
	Pozo de Inicio
	Pozo Continuo
<b>PV</b>	Identificación de pozos
	Sentido del flujo

PLANTA GENERAL CON UBICACIÓN DE POZOS DE VISITA

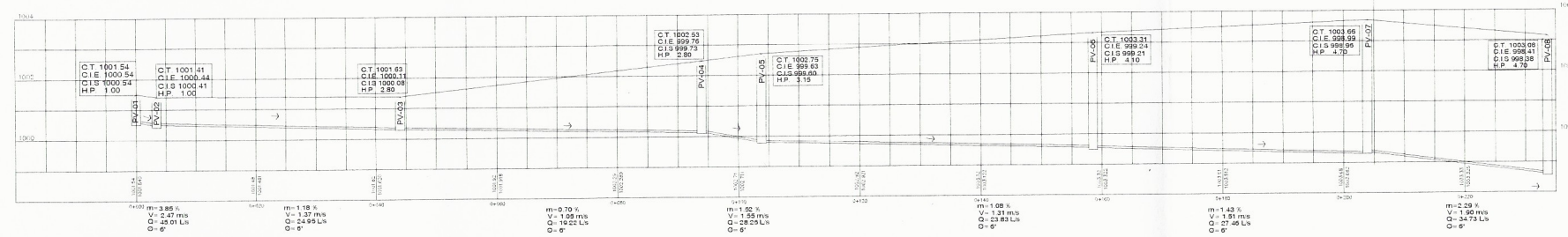
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO PARA LAS ZONAS SANTA INES Y  
PORTAL DE SANTA INES, SAN MIGUEL PETAPA.

CONTENIDO: PLANTA GENERAL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

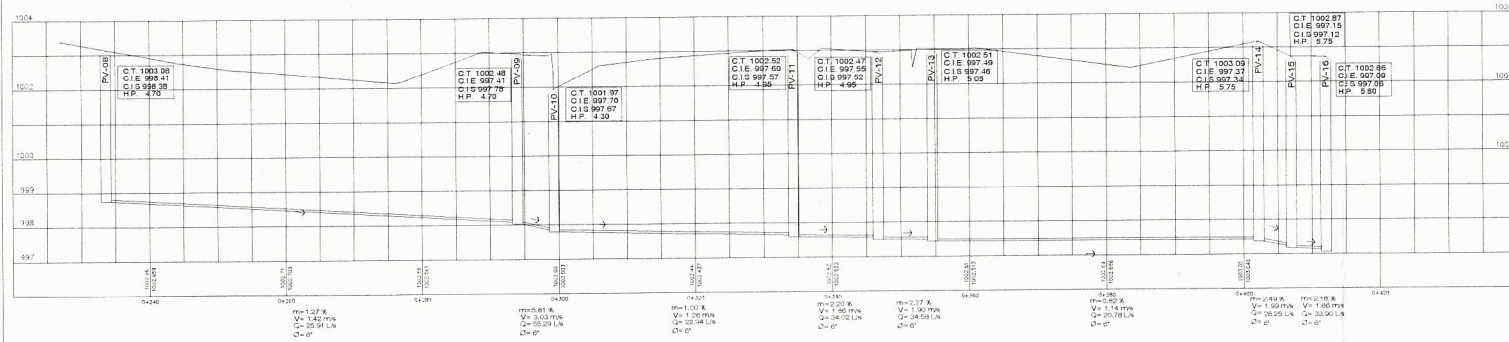
ASISTENTE: JOSE CASTRO	PROYECTISTA: JOSE ALVARO CASTRO A.	CALCULO: JOSE CASTRO	FECHA: 2011-22048	2
INDICADA	FECHA: ENERO 2018			7

PERFIL CALLE 1



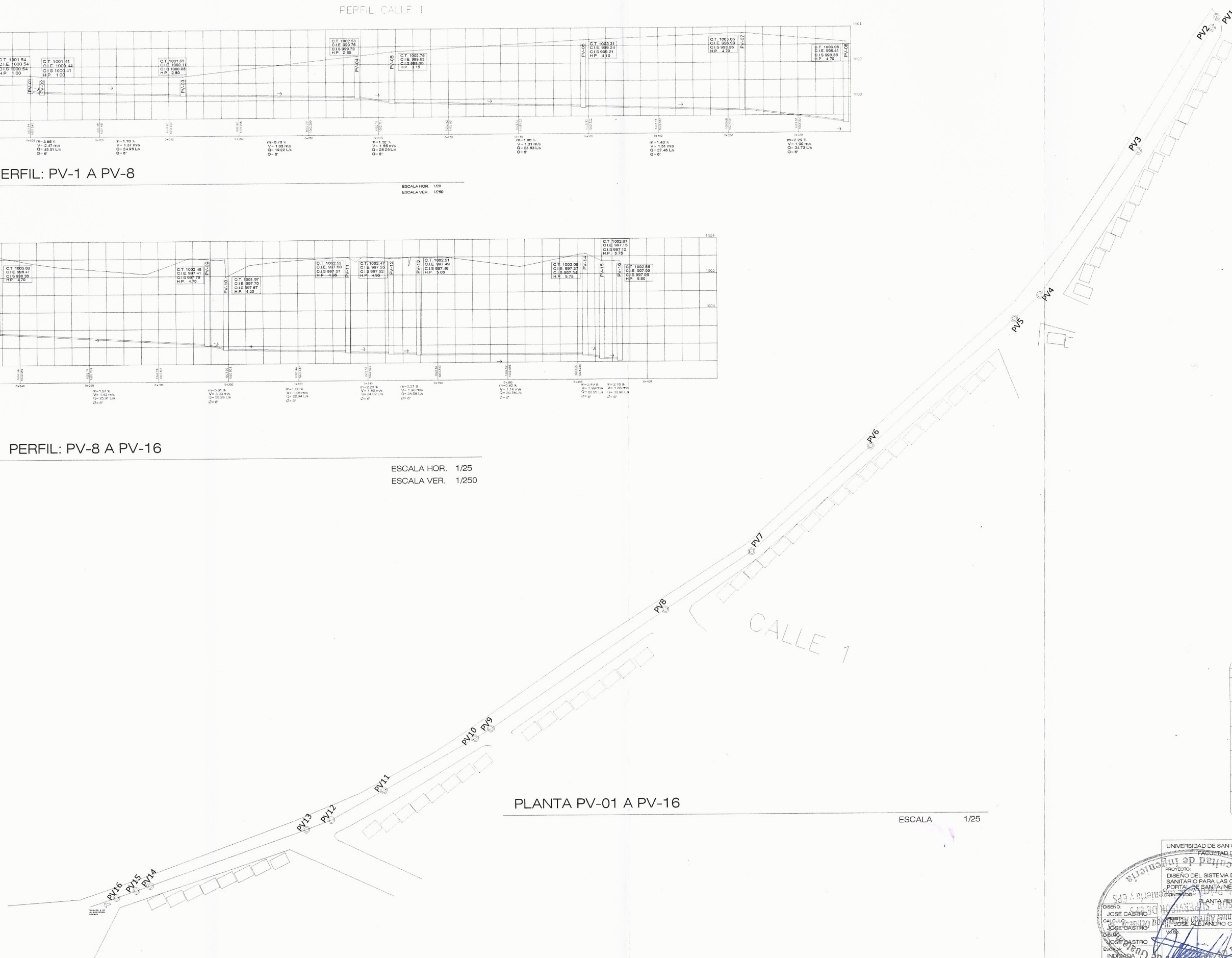
PERFIL: PV-1 A PV-8

ESCALA HOR. 1:20  
ESCALA VER. 1:250



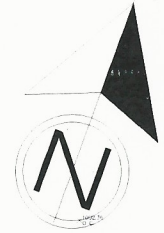
PERFIL: PV-8 A PV-16

ESCALA HOR. 1/25  
ESCALA VER. 1/250



PLANTA PV-01 A PV-16

ESCALA 1/25



NOMENCLATURA	
P.V.	Pozo de Vista
(P.V.)	Pozo de Vista
+	Pozo de Inicio
+	Pozo Continuo
C.T.	COTA DE TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
H.P.	ALTURA DE POZO DE VISTA
→	SENTIDO DE FLUJO
m	PENDIENTE DE LA TUBERIA (%)
V	VELOCIDAD DE FLUIDO (m/s)
Q	CAUDAL EN TUBERIA (L/s)
D	DIAMETRO DE TUBERIA (C)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INES Y PORTAL DE SANTA INES, SAN JACOB PETAPA.

PLANTA RESERVA CALLE 1

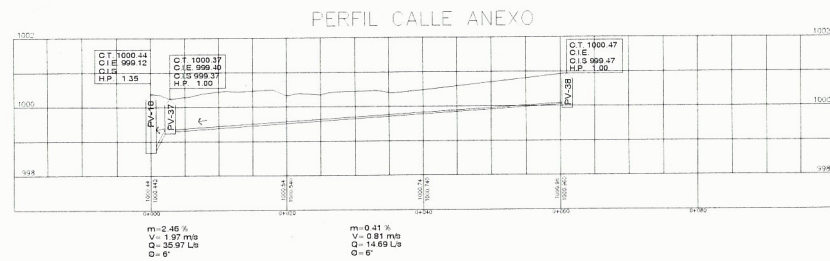
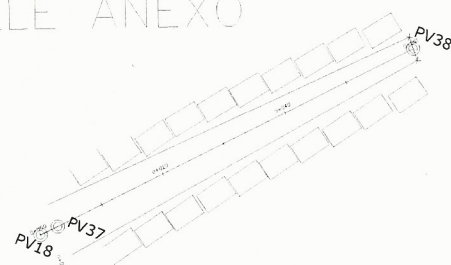
DISEÑO: JOSE CASTRO  
CALCULO: JOSE CASTRO  
REVISOR: JOSE CASTRO

FECHA: ENERO 2016

3  
7



# CALLE ANEXO

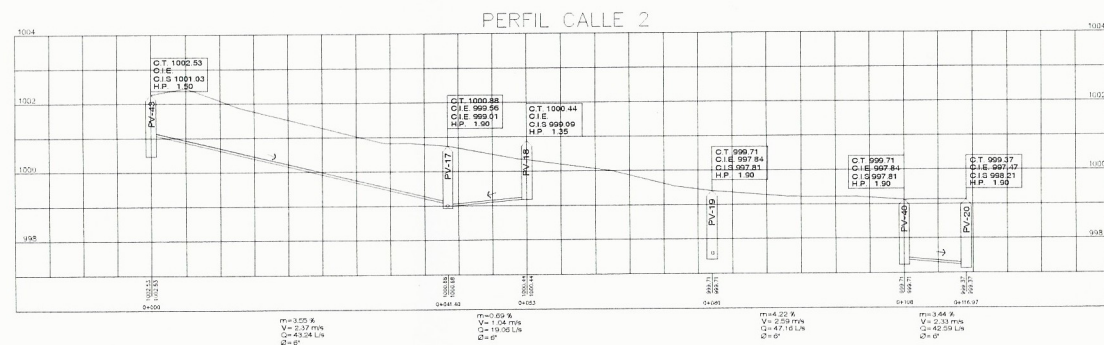
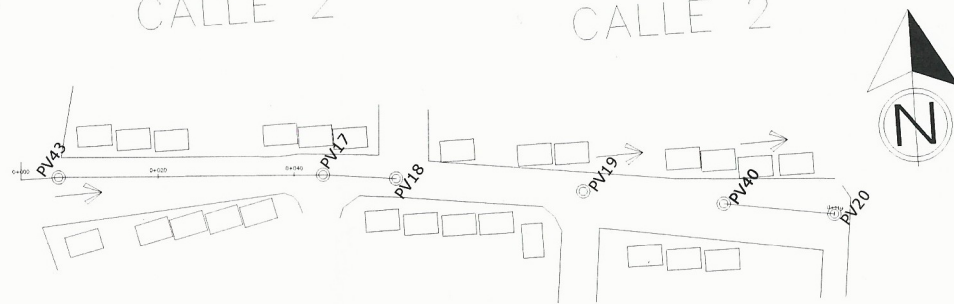


PERFIL: PV-38 A PV-18

ESCALA HOR. 1/25  
ESCALA VER. 1/250

# CALLE 2

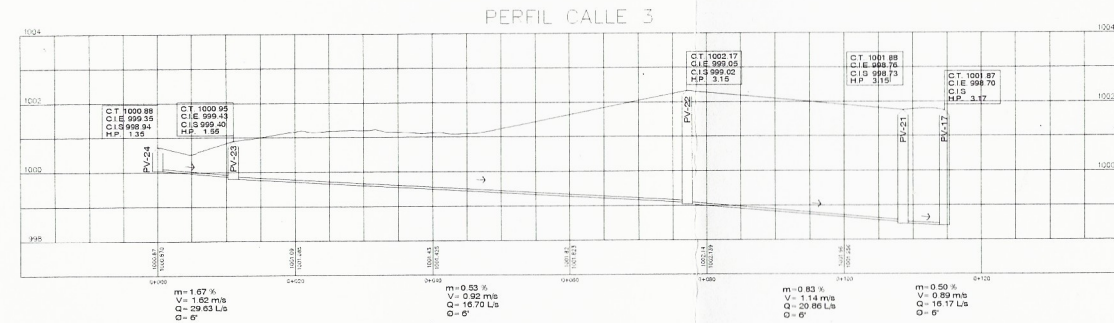
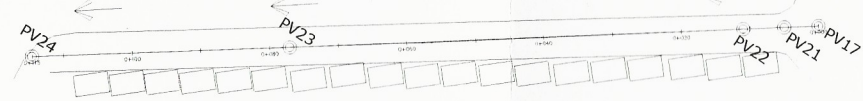
# CALLE 2



PERFIL: PV-43 Y PV-18 A PV-17; PV-19; PV-40 A PV-20

ESCALA HOR. 1/25  
ESCALA VER. 1/250

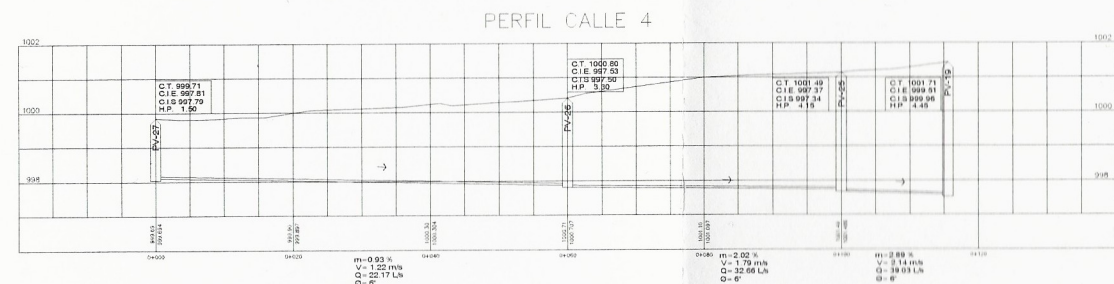
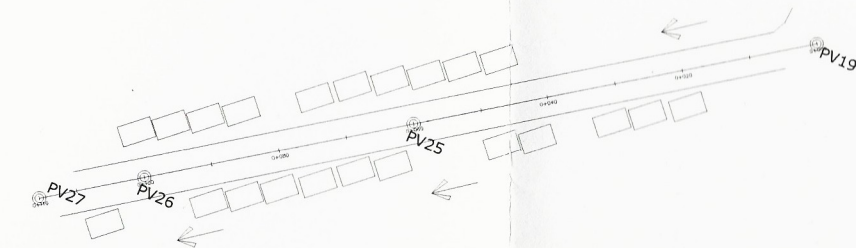
# CALLE 3



PERFIL: PV 17, PV-21 A PV-24

ESCALA HOR. 1/25  
ESCALA VER. 1/250

# CALLE 4



PERFIL: PV-19, PV-25 A PV-27

ESCALA HOR. 1/25  
ESCALA VER. 1/250

NOMENCLATURA	
P.V.	Pozo de Visita
	Pozo de Visita
	Pozo de Inicio
	Pozo Continuo
C.T.	COTA DE TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
H.P.	ALTURA DE POZO DE VISITA
	SENTIDO DE FLUJO
m	PENDIENTE DE LA TUBERIA (%)
V	VELOCIDAD DE FLUIDO (m/s)
Q	CAUDAL EN TUBERIA(L/s)
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA (Ø)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: PLANTA PERFILES CALLES ANEXO Y ANEXO

ALUMNO: JOSÉ CASTRO

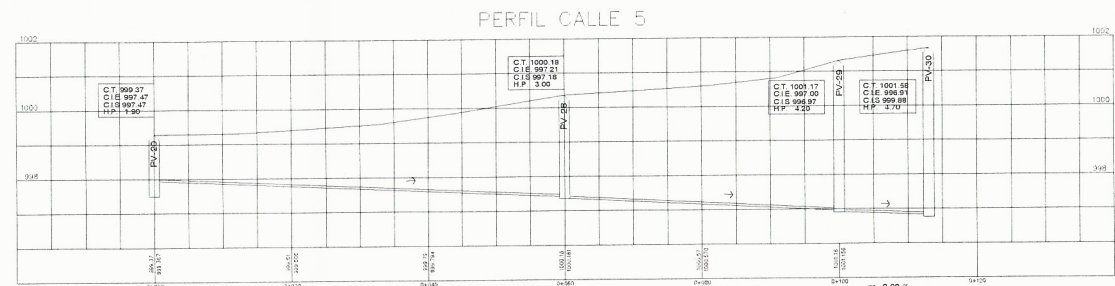
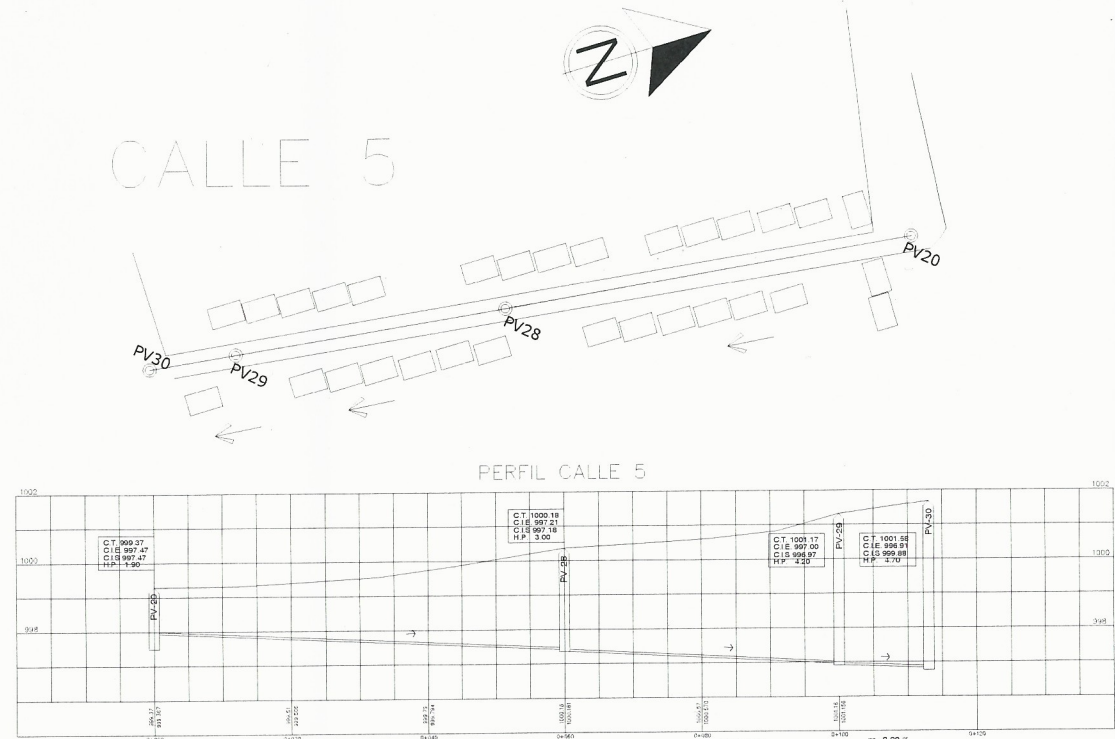
FECHA: ENERO 2018

2011-22040

4

7

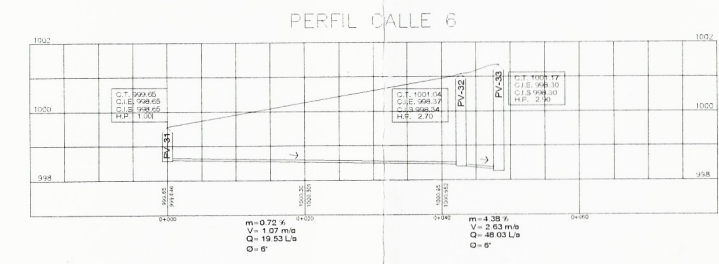
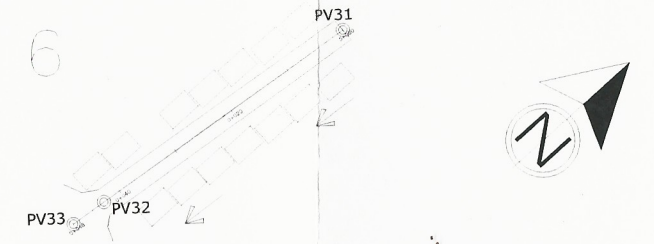
CALLE 5



PERFIL: PV-20, PV-29 A PV-31

ESCALA HOR. 1/25  
ESCALA VER. 1/250

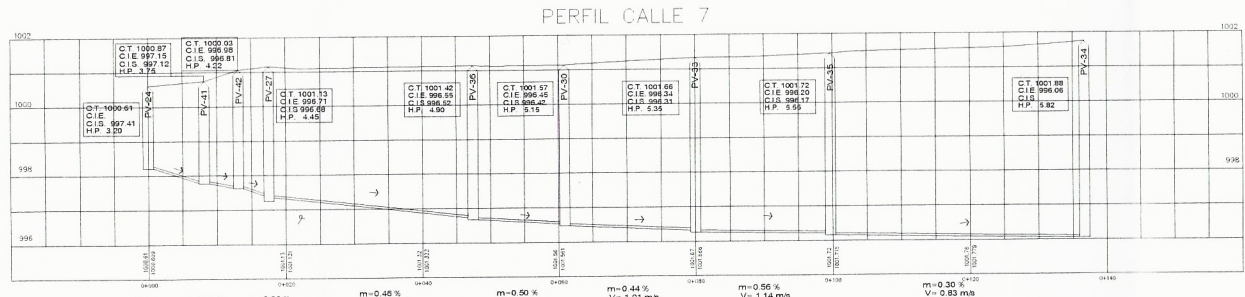
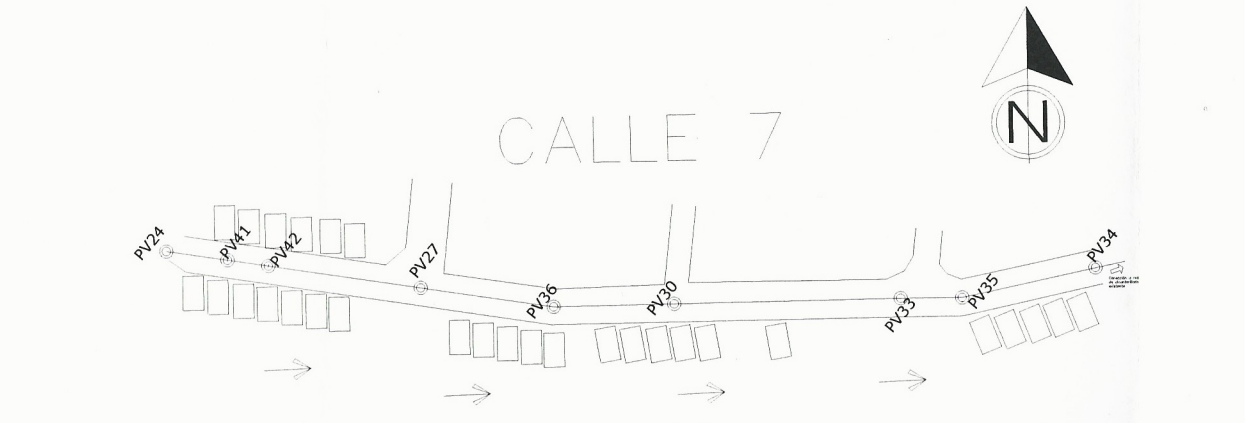
CALLE 6



PERFIL: PV-32 A PV-34

ESCALA HOR. 1/25  
ESCALA VER. 1/250

CALLE 7



PERFIL: PV-24 A PV-34

ESCALA HOR. 1/25  
ESCALA VER. 1/250

NOMENCLATURA	
P.V	Pozo de Visita
	Pozo de Visita
	Pozo de Inicio
	Pozo Continuo
CT	COTA DE TERRENO
C.I.E	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S	COTA INVERT DE SALIDA
H.P.	ALTURA DE POZO DE VISITA
	SENTIDO DE FLUJO
m	PENDIENTE DE LA TUBERIA (%)
V	VELOCIDAD DE FLUIDO (m/s)
Q	CAUDAL EN TUBERIA (L/s)
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA (Ø)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DEL SISTEMA ALCANTARILLADO  
SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INES Y  
PORTAL DE SANTA INES, SAN MARCEL PETAPA.

PROYECTO DE ALICATAMIENTO DE CALLES 5, 6 Y 7

ASesor: SUSANA ROSARIO DIAZ

JOSE CASTRO

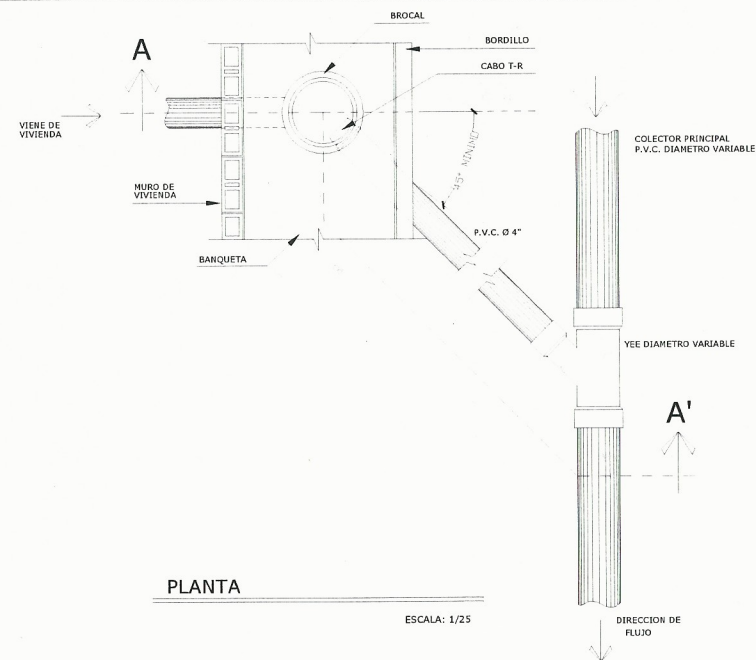
FECHA: ENERO 2016

2016-1-22046

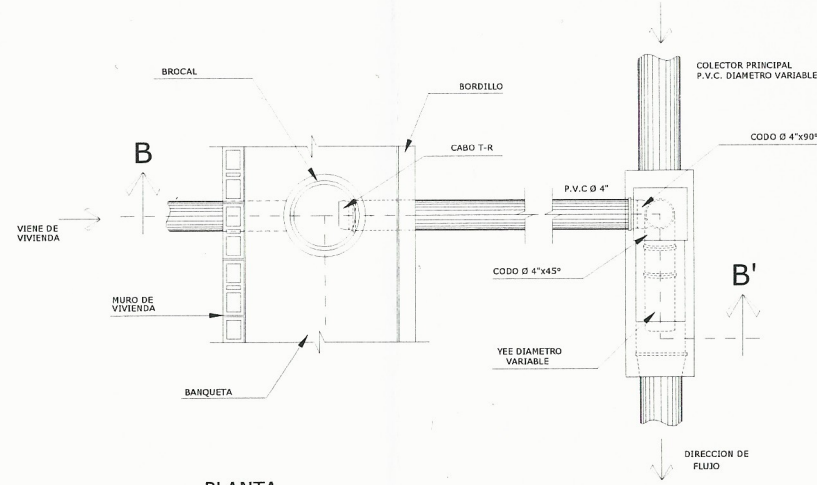
5

7

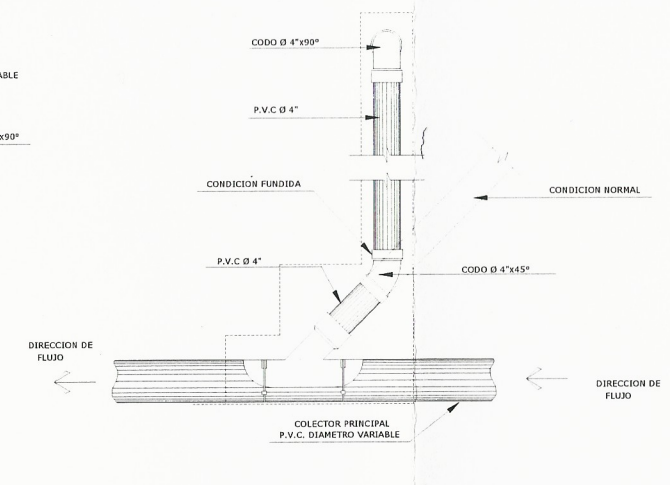




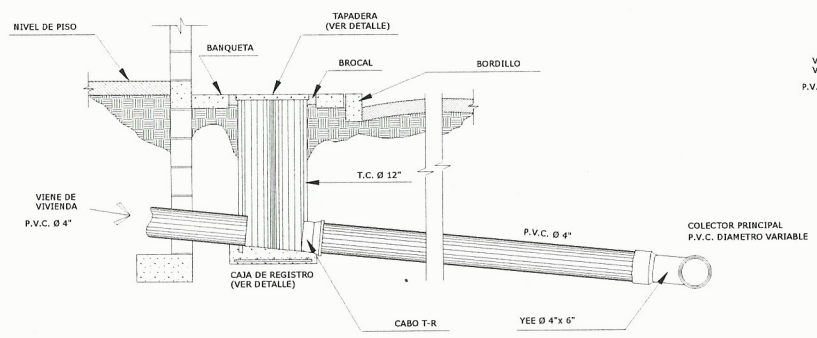
PLANTA  
ESCALA: 1/25



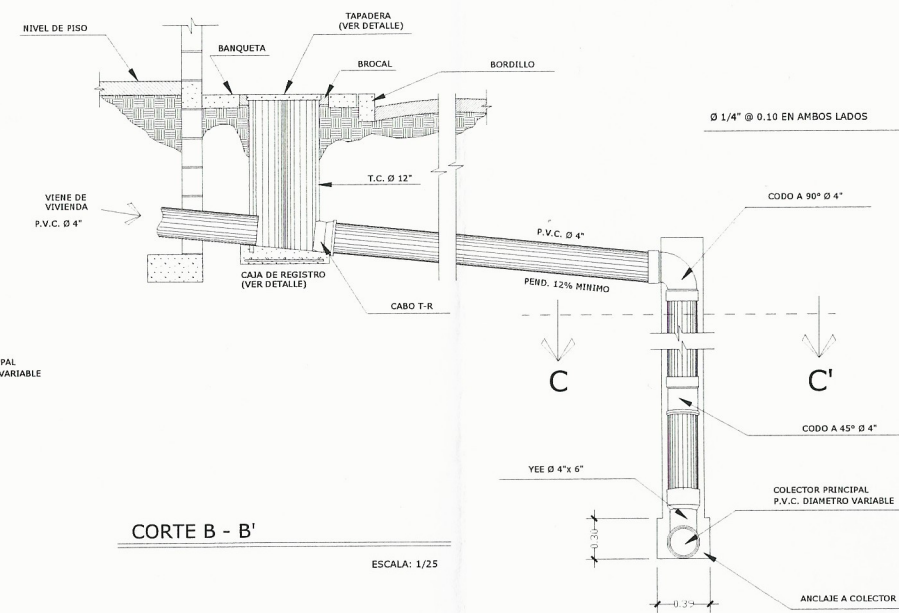
PLANTA  
ESCALA: 1/25



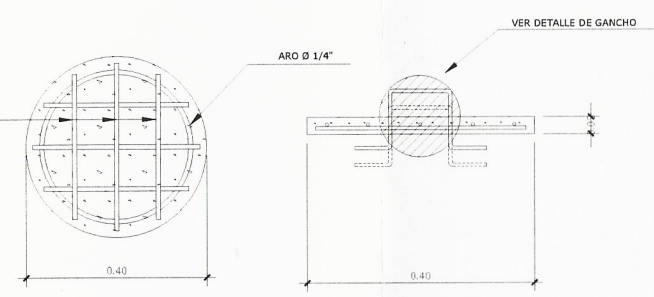
CORTE LONGITUDINAL  
ESCALA: 1/25



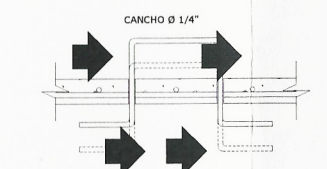
CORTE A - A'  
ESCALA: 1/25



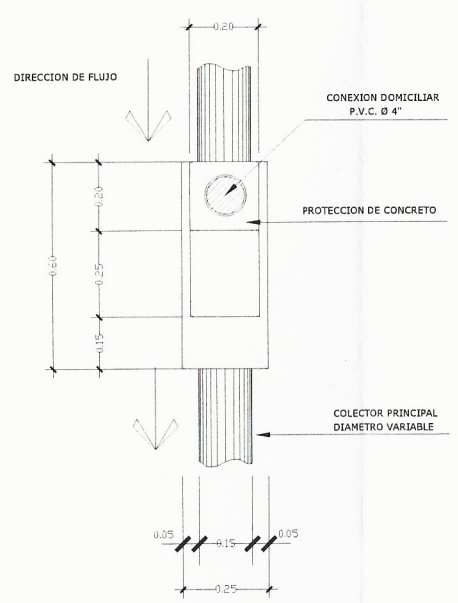
CORTE B - B'  
ESCALA: 1/25



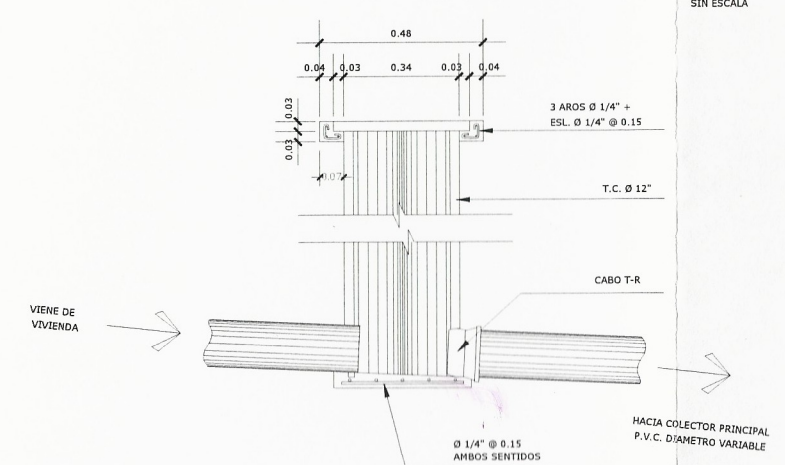
DETALLE DE TAPADERA  
SIN ESCALA



DETALLE DE GANCHO  
SIN ESCALA



CORTE C - C'  
ESCALA: 1/10



DETALLE DE CAJA DE REGISTRO  
ESCALA: 1/10

REFERENCIAS

A. CONDICIONES NORMALES

- A. CABO TRANSFORMADOR/REDUCTOR 3" A 4"
- B. TUBERIA P.V. C. Ø 4"

ACCESORIOS

- C. YEE SxGxG (Ø 6" x Ø 4")

B. PARA COLECTOR CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 2.50 mts. A LA COTA DE CORONAMIENTO

- A. CABO TRANSFORMADOR/REDUCTOR 3" A 4"
- B. TUBERIA P.V. C. Ø 4"
- C. CODO DE 90° GxG 4"
- D. CODO DE 45° GxG 4"

ACCESORIOS

- E. YEE SxGxG (Ø 6" x Ø 4")

C. PARA COLECTOR EXISTENTE

COLOCACION DE SILLETA "Y" (Ø 6" x Ø 4")

(EN CONDICIONES NORMALES O PROFUNDO)  
(PARA CONECTAR NUEVOS USUARIOS)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO PARA LAS COLONIAS SANTA INES Y  
HOSPITAL DE SAN ANTONIO, SAN MIGUEL PETAPA.

CONTENIDO: DETALLE DE DRENAJES

UNIDAD DE TRAZOS DE INGENIERIA

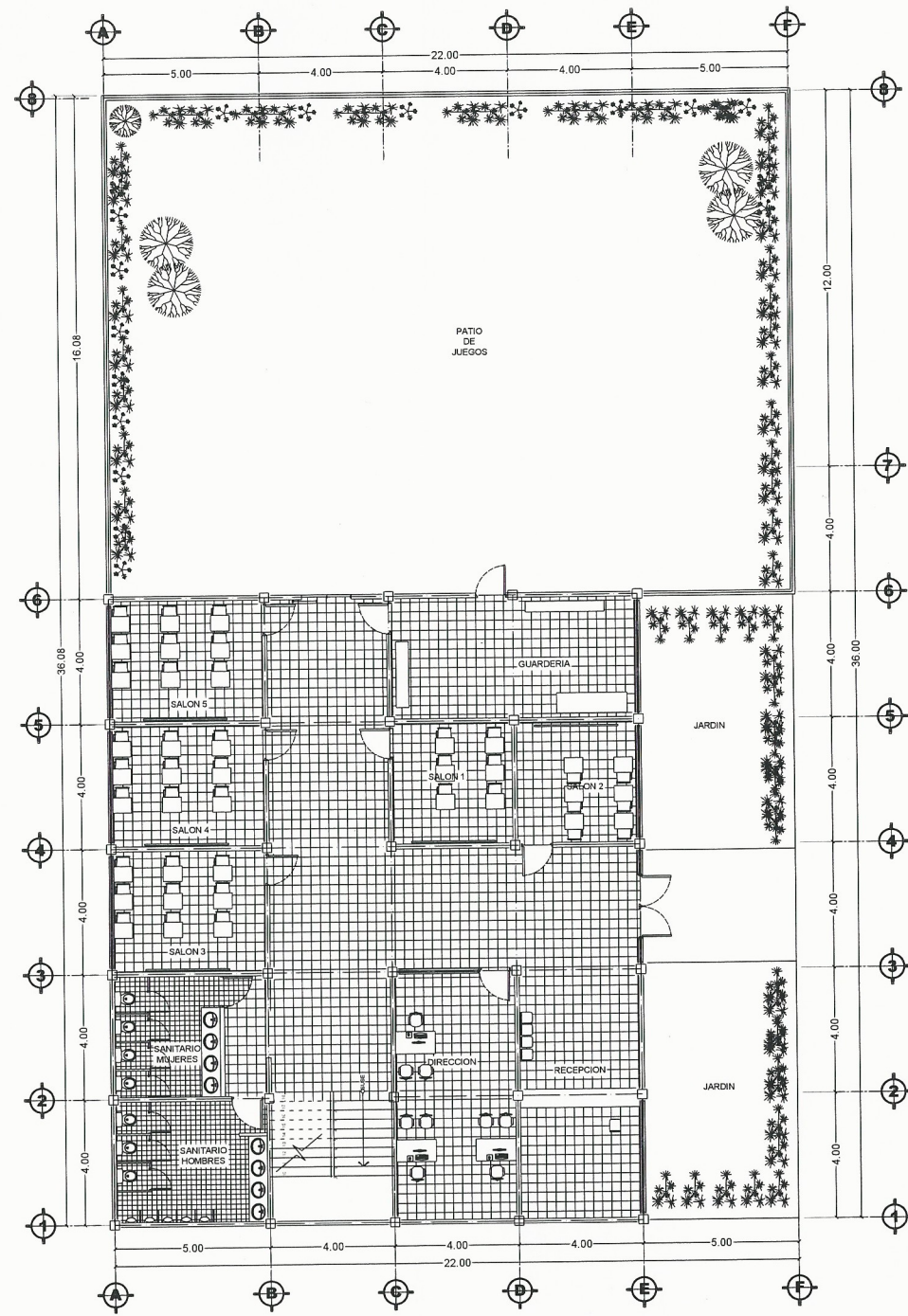
INGENIERO: JOSE CARLOS CASTRO A

BOLETA: 11-22046

FECHA: 2011

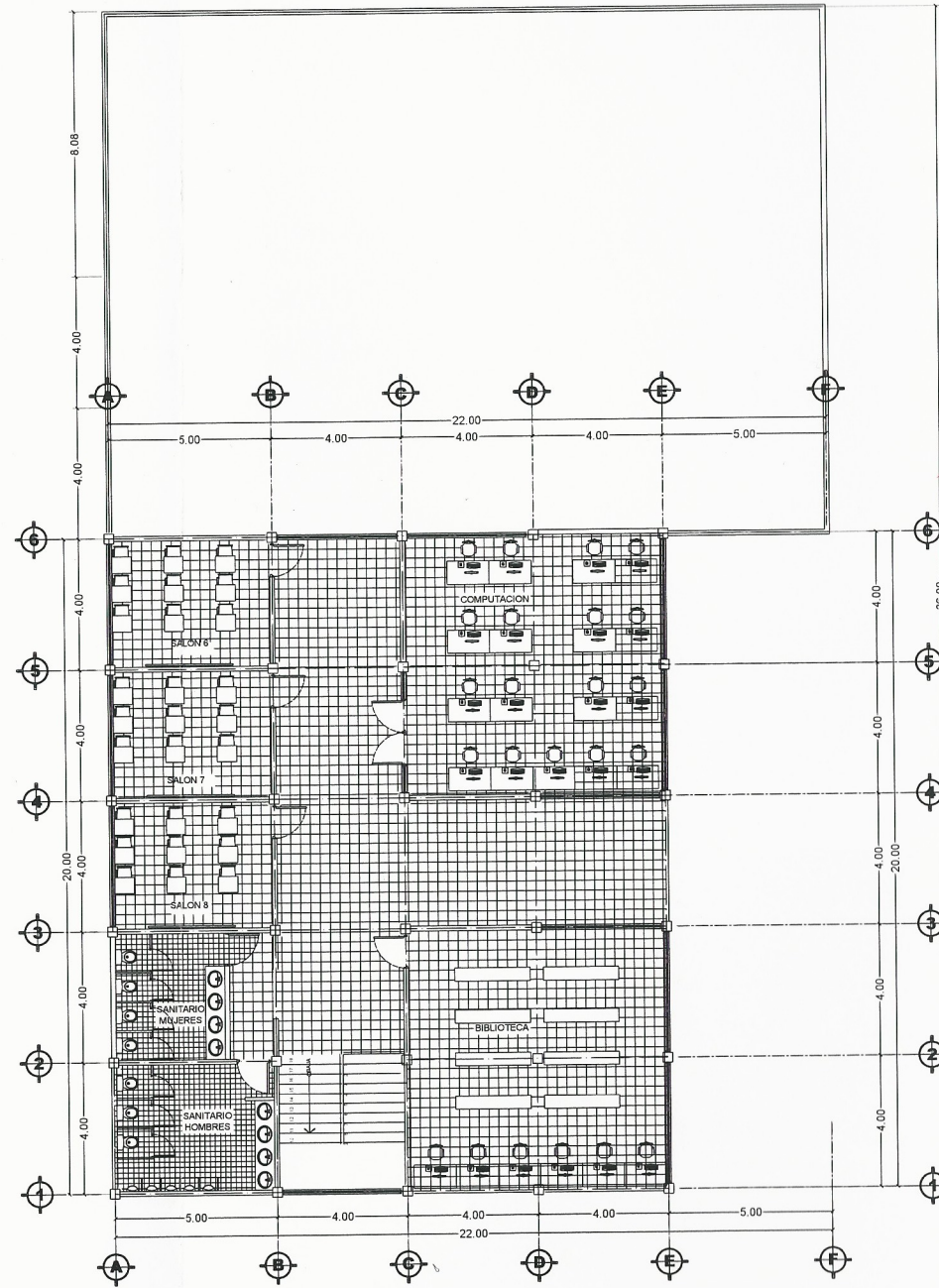
ENCARGADO: [Signature]

7  
7



**PRIMER NIVEL**  
AMUEBLADA

Esc. 1/100



**SEGUNDO NIVEL**  
AMUEBLADA

Esc. 1/100

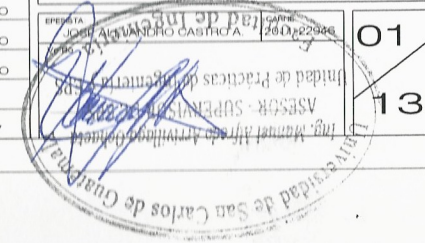
DISEÑO  
JOSE CASTRO  
CALCULO  
JOSE CASTRO  
DIBUJO  
JOSE CASTRO  
ESCALA  
INDICADA  
FECHA  
AGOSTO 2017

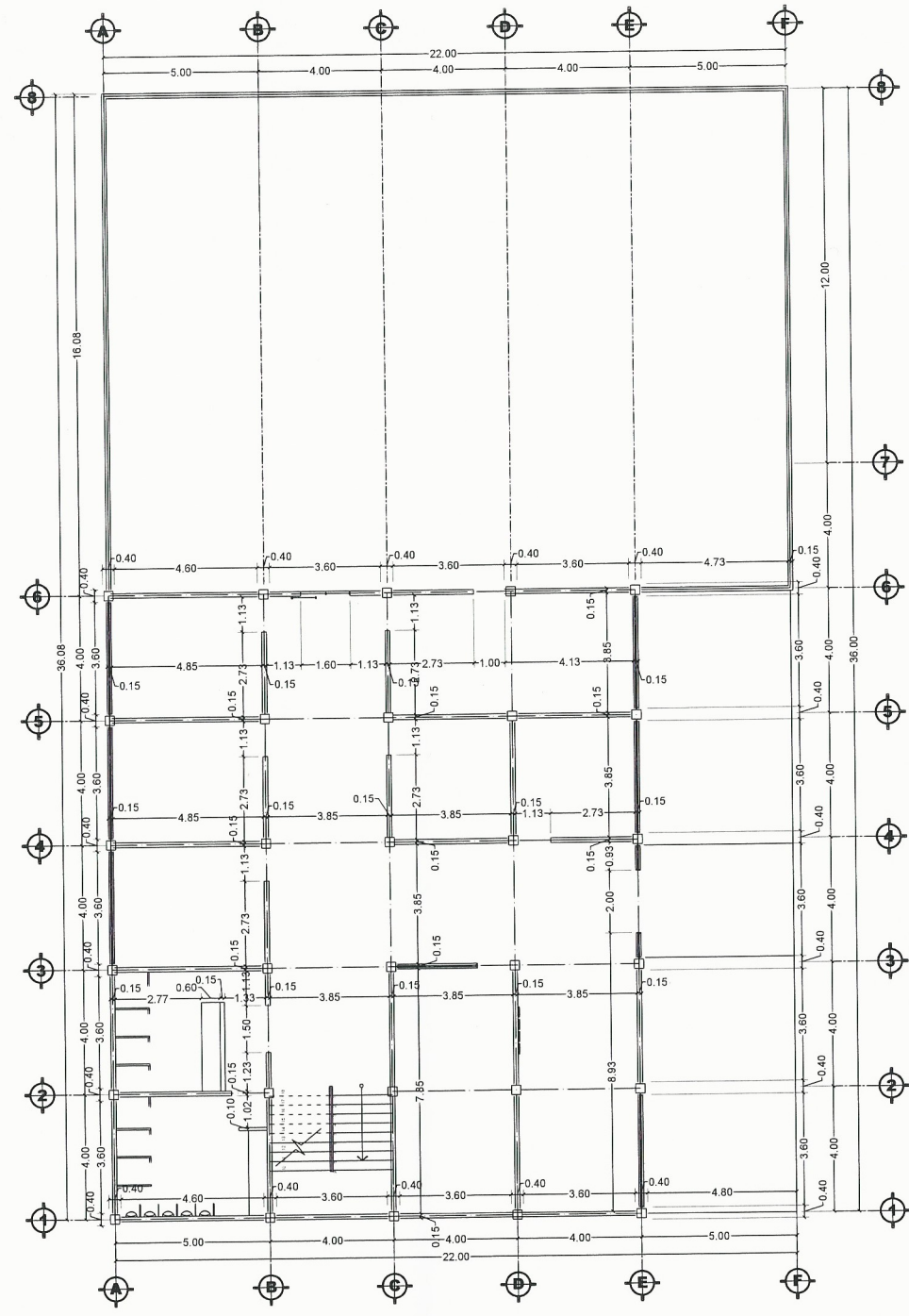
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO  
DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION  
INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA

CONTENIDO  
**PLANTA AMUEBLADA**

01  
13

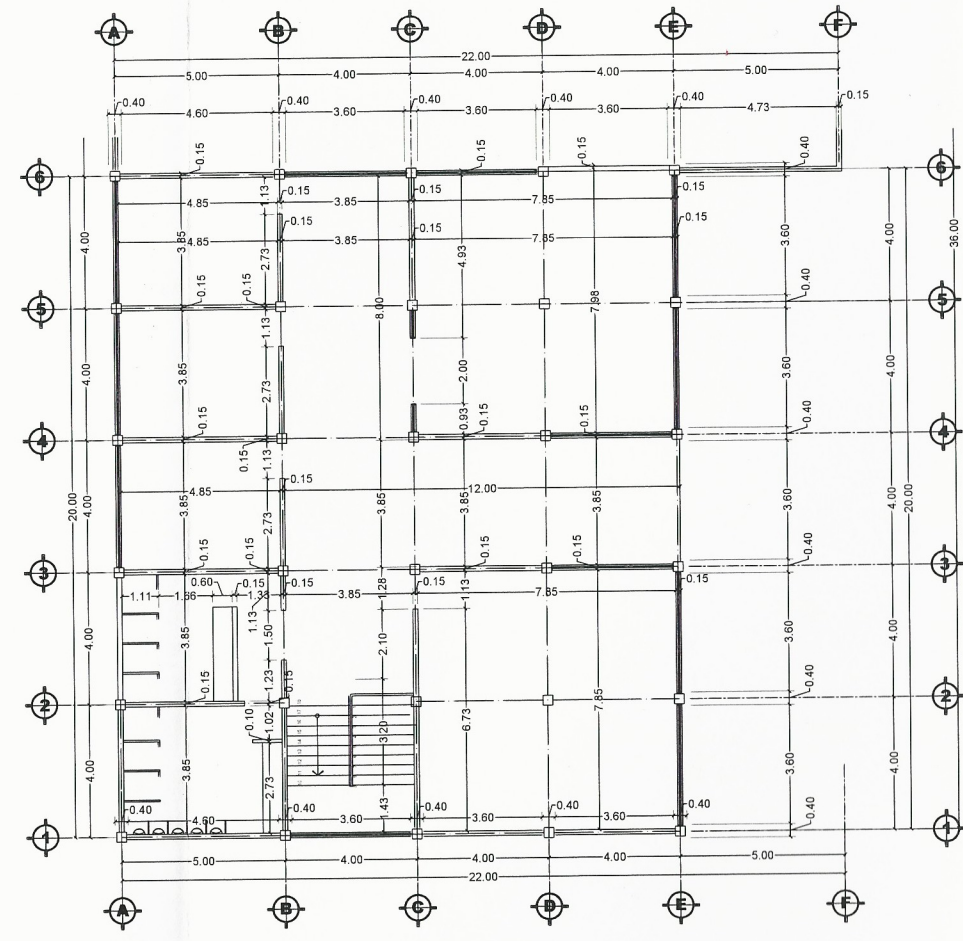




**PRIMER NIVEL**

ACOTADA

Esc. 1/100



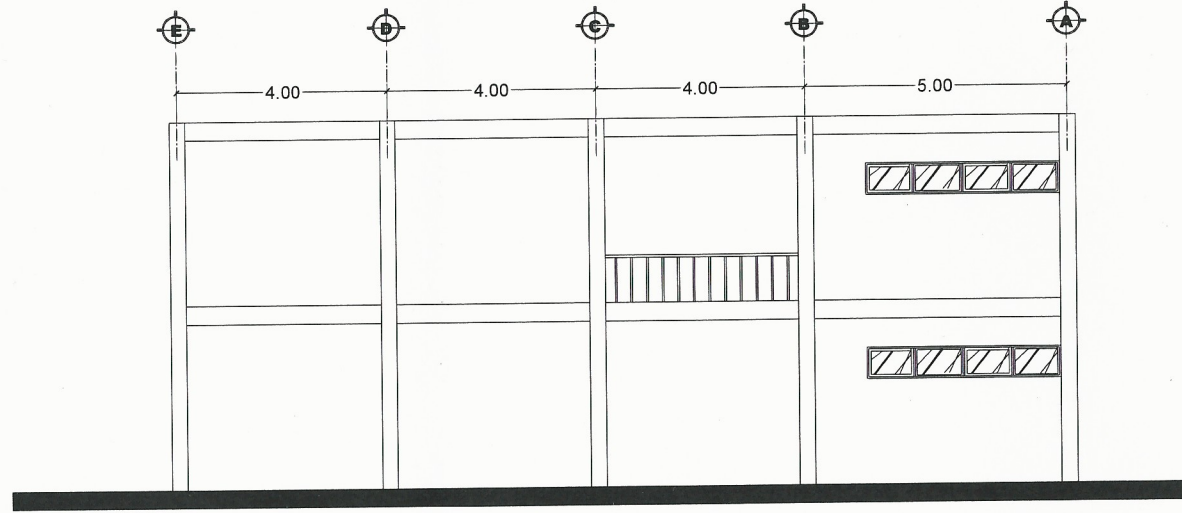
**SEGUNDO NIVEL**

ACOTADA

Esc. 1/100

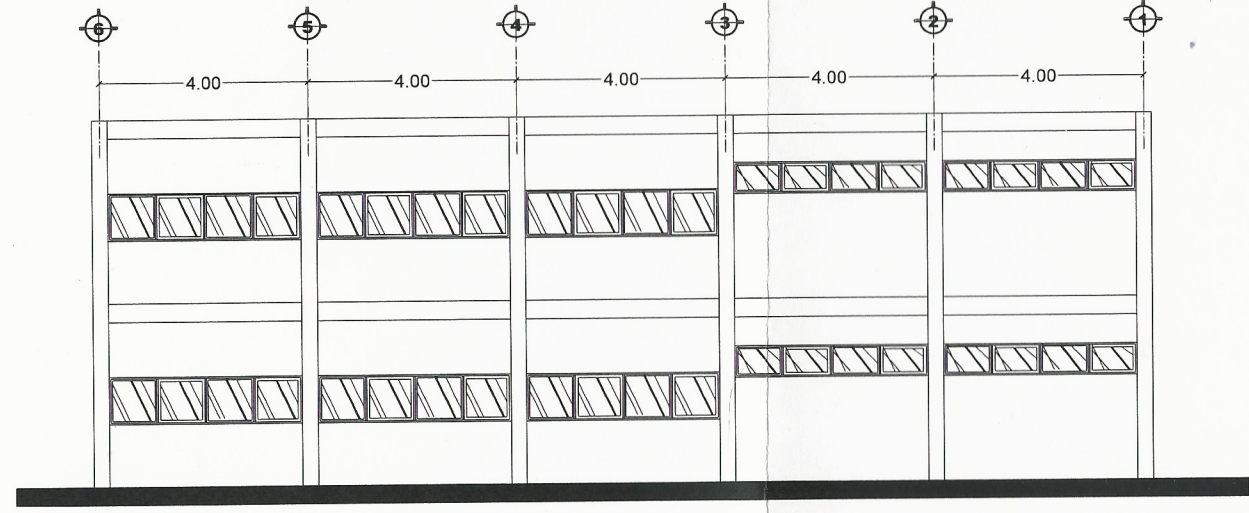
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CETRO DE ATENCION INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA		
CONTENIDO <b>PLANTA ACOTADA</b>		
DISEÑO JOSE CASTRO	VERIFICA JOSE ALEJANDRO CASTRO A	CASE # 2011-22348
CALCULO JOSE CASTRO		02
DIBUJO JOSE CASTRO		13
ESCALA		
INDICADA		
FECHA AGOSTO 2011		





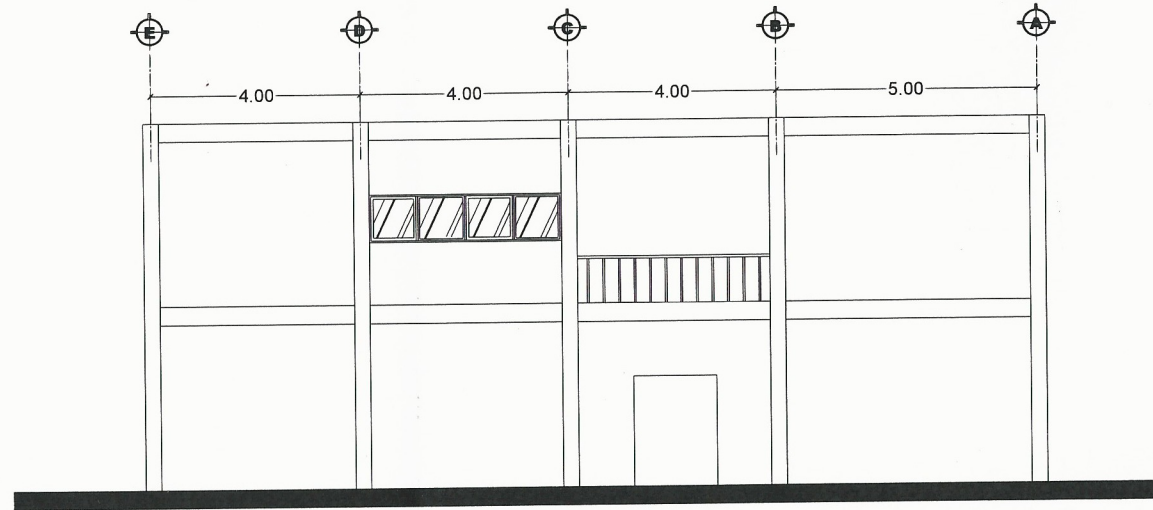
ELEVACION LATERAL IZQUIERDA

Esc. 1/100



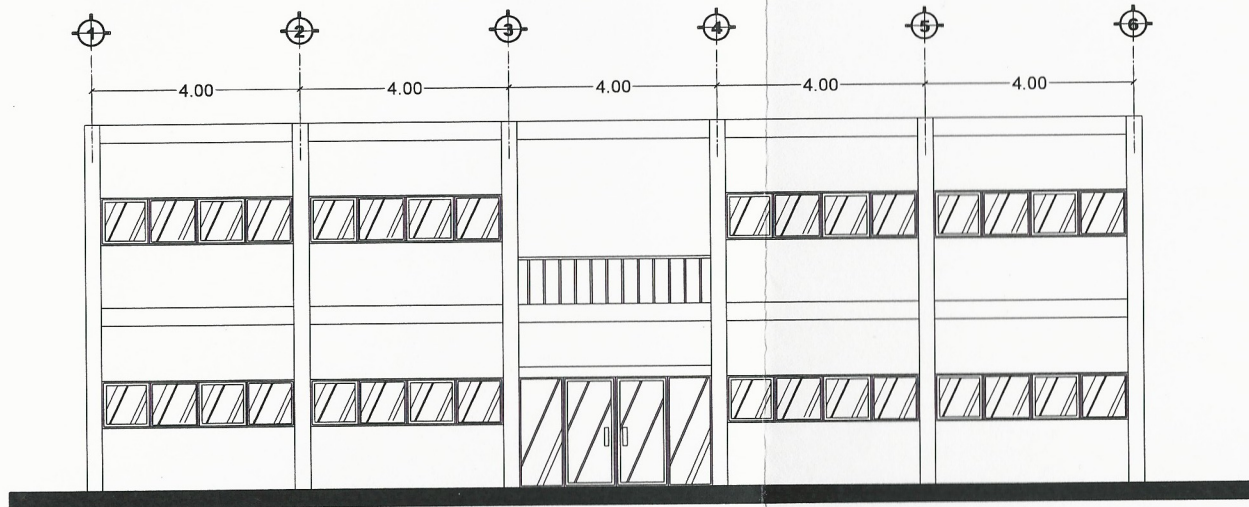
ELEVACION POSTERIOR

Esc. 1/100



ELEVACION LATERAL DERECHA

Esc. 1/100



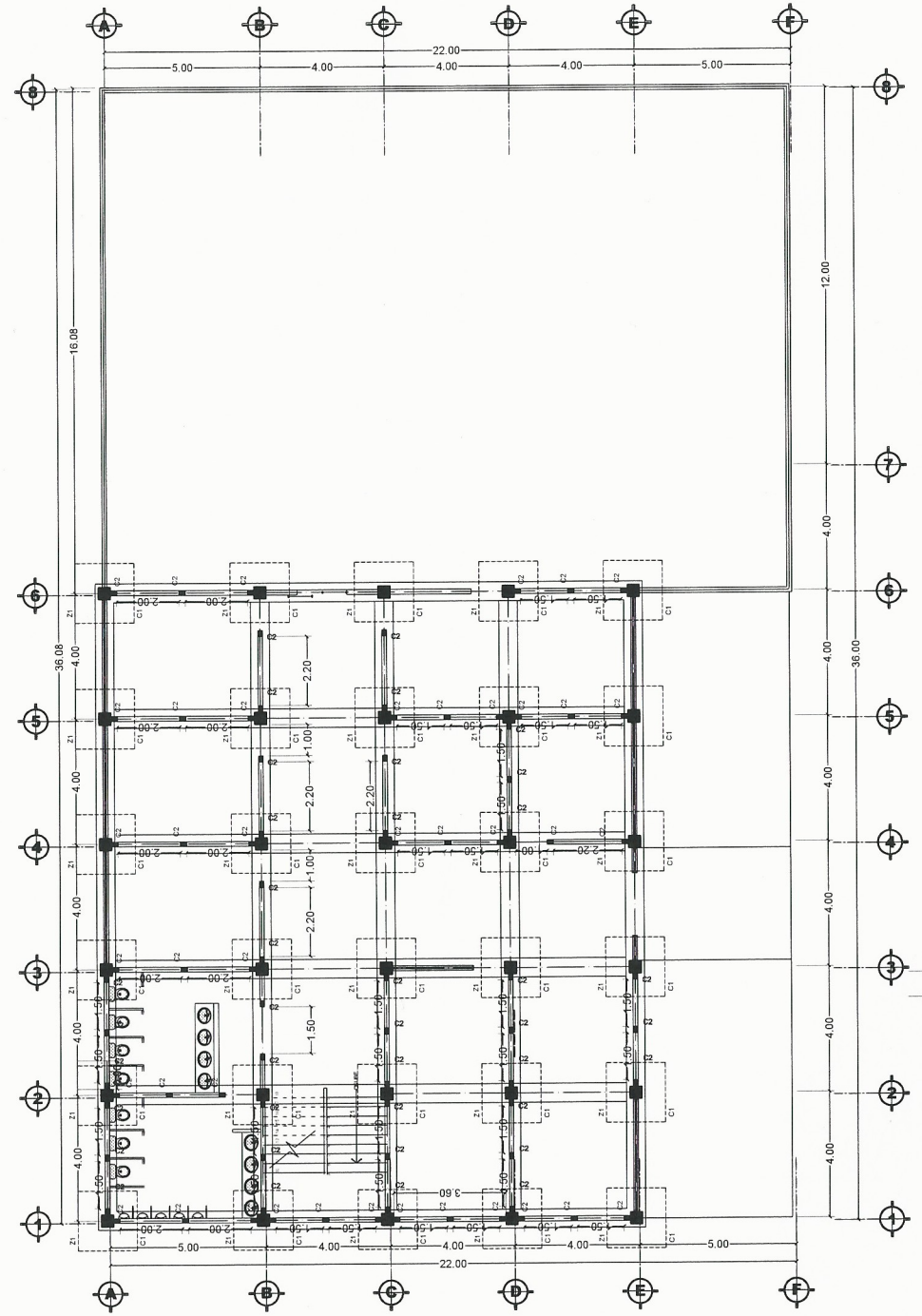
ELEVACION POSTERIOR

Esc. 1/100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA			
CONTENIDO <b>ELEVACIONES</b>			
DISEÑO JOSE CASTRO	REVISOR ALEJANDRO CASTRO A.	CADRE 2011-22946	04
CALCULO JOSE CASTRO			13
DEBUIJO JOSE CASTRO			
ESCALA INDICADA			
FECHA AGOSTO 2017			

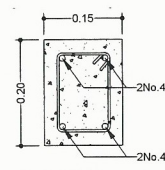




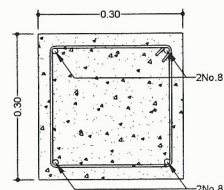


**PRIMER NIVEL**  
CIMENTOS Y COLUMNAS

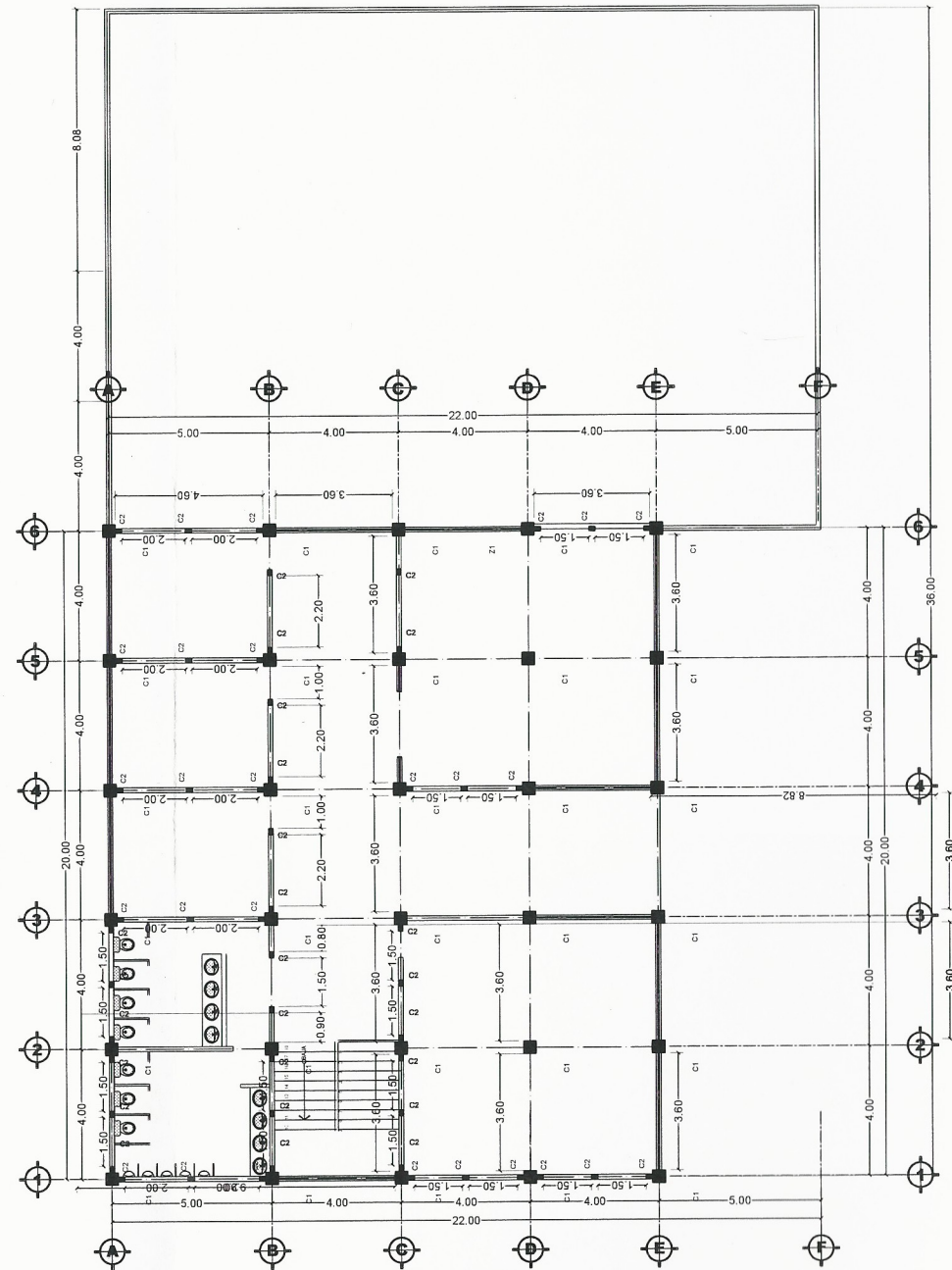
Esc. 1/100



**TIPO "C2"**  
4No. 4  
EST. No. 2 CONFINADOS 1.00m  
EN PARTE INFERIOR Y SUPERIOR  
@ 0.10 cm RESTO @ 0.15 cm

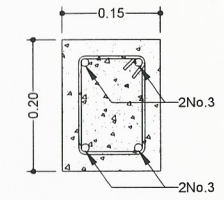


**TIPO "C1"**  
4 HIERROS no. 8  
EST. No. 3 CONFINADOS 50 cm  
EN PARTE INFERIOR Y SUPERIOR  
@ 0.10 m RESTO @ 0.15 m

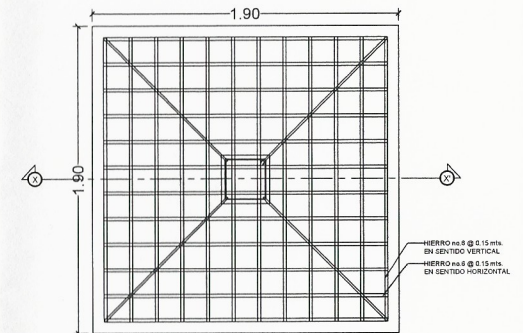


**SEGUNDO NIVEL**  
CIMENTOS Y COLUMNAS

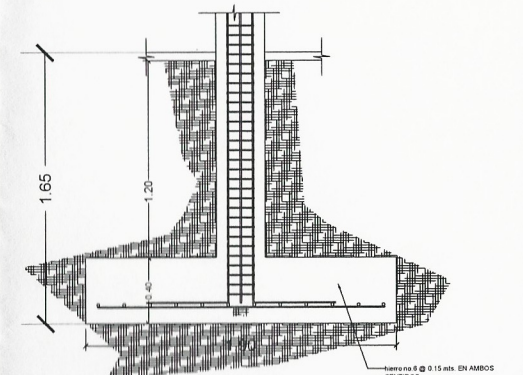
Esc. 1/100



**SOLERA "HUMEDAD"**  
4No. 3 + EST. No. 2 @ 0.15m



PLANTA  
ZAPATA Z1  
ESCALA 1/20



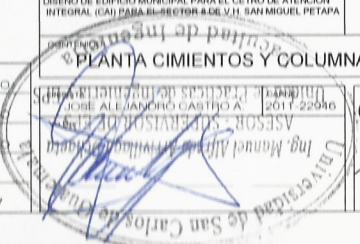
SECCION X-X'  
ZAPATA Z1  
ESCALA 1/20

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO  
DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION  
INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 4 DE V.I. SAN MIGUEL PETAPA

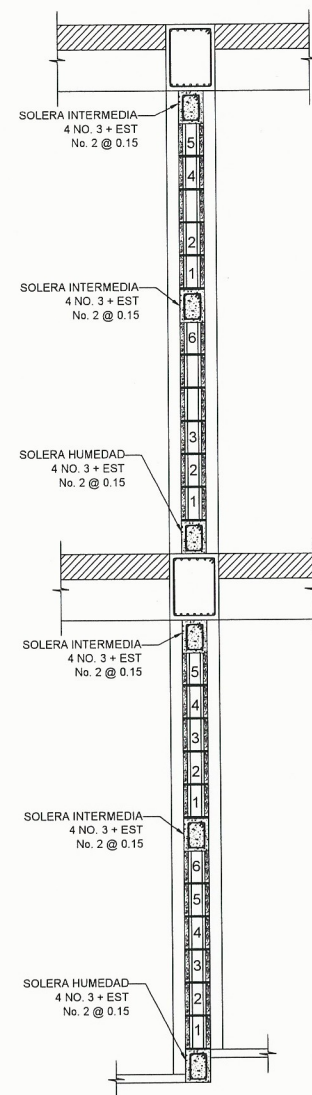
PLANTA CIMENTOS Y COLUMNAS

DISEÑO  
JOSE CASTRO  
CALCULO  
JOSE CASTRO  
DIBUJO  
JOSE CASTRO  
ESCALA  
INDICADA  
FECHA  
AGOSTO 2017



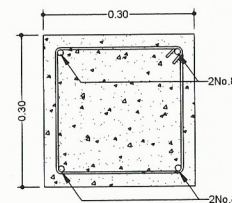
05

13



**CORTE TÍPICO DE MURO**

Esc. 1/20

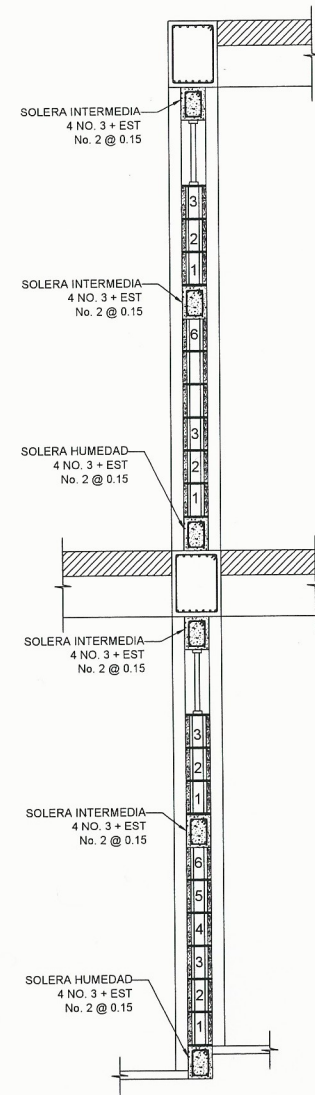


**TIPO "C1"**

4 HIERROS No. 8  
EST. No. 3 CONFINADOS 0.50m  
EN PARTE INFERIOR Y SUPERIOR  
@ 0.05 cm RESTO @ 0.10 cm

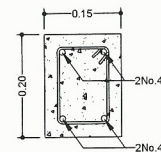
**DETALLE DE COLUMNAS**

Esc. 1/20



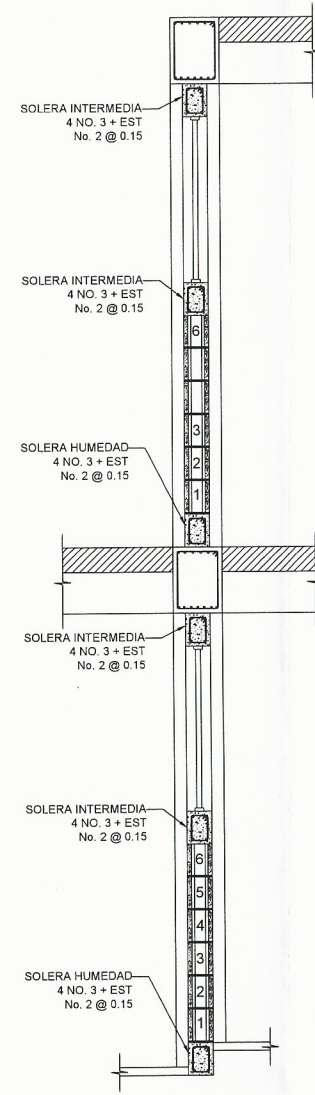
**CORTE DE MURO A-A'**

Esc. 1/20



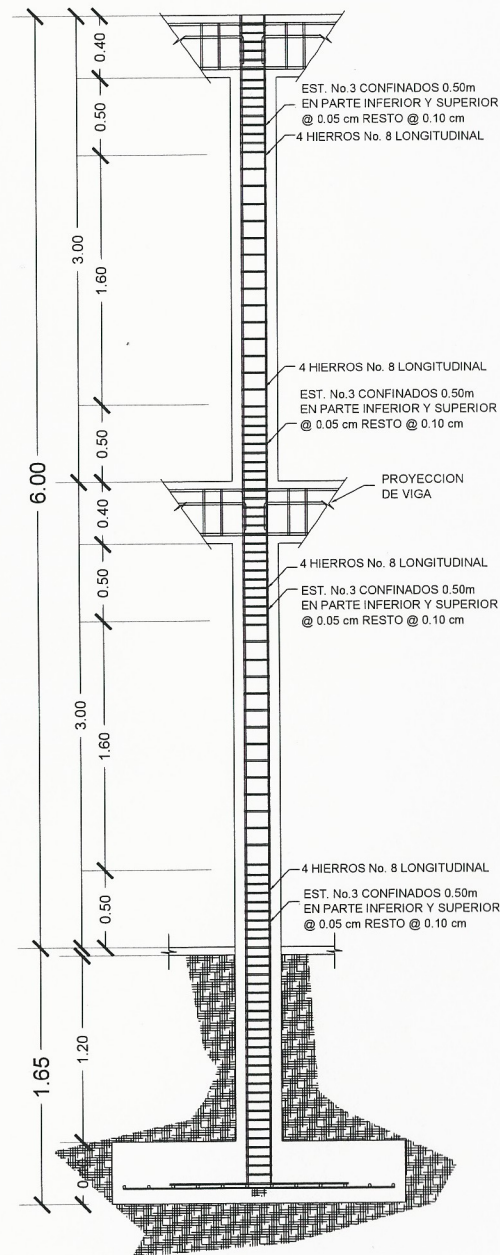
**TIPO "C2"**

4 No. 4  
EST. No. 2 CONFINADOS 1.00m  
EN PARTE INFERIOR Y SUPERIOR  
@ 0.10 cm RESTO @ 0.15 cm



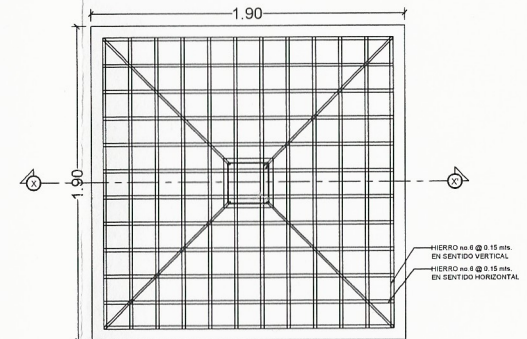
**CORTE DE MURO B-B'**

Esc. 1/20



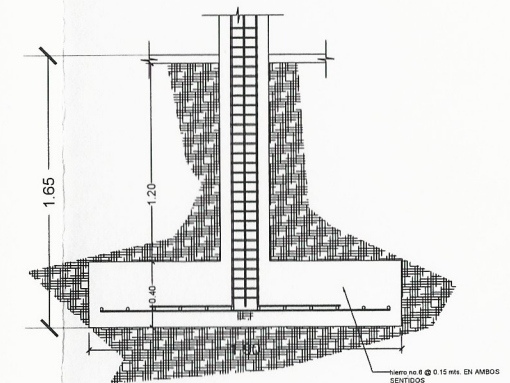
**DETALLE ARMADO DE COLUMNA**

Esc. 1/20



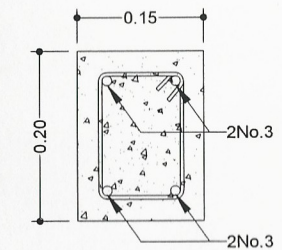
**PLANTA  
ZAPATA Z1**

ESCALA 1/20



**SECCION X-X'  
ZAPATA Z1**

ESCALA 1/20



**SOLERA "HUMEDAD"**

4 No. 3 + EST. No. 2 @ 0.15m

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO  
DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION  
INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA

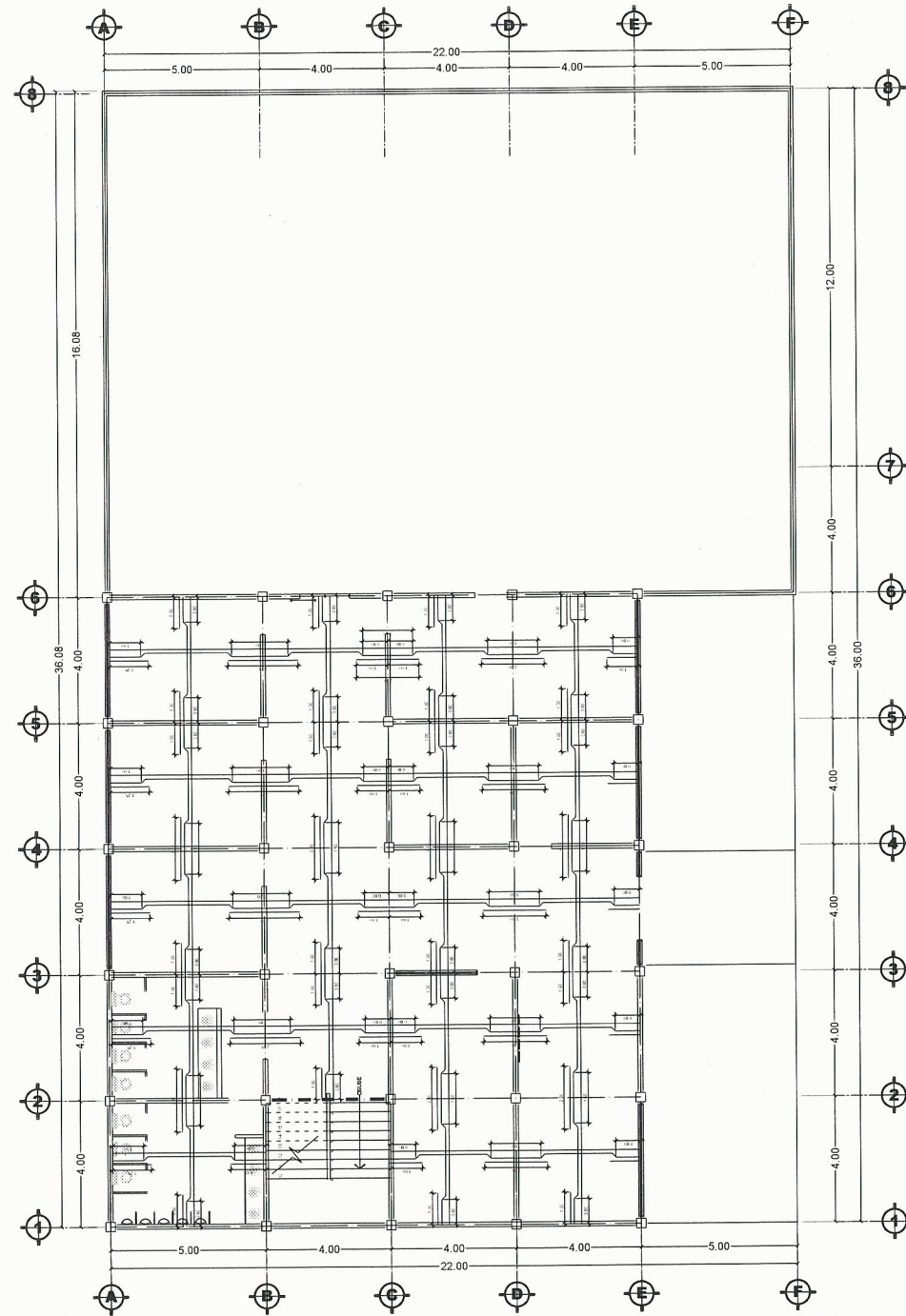
DETALLES DE COLUMNAS, MUROS Y ZAPATAS

DISEÑO  
JOSE CASTRO  
CALCULO  
JOSE CASTRO  
DIBUJO  
JOSE CASTRO  
ESCALA  
INDICADA  
FECHA  
AGOSTO 2017

CARRERA  
INGENIERIA CIVIL  
No. 122046  
Ing. Manuel Antonio Castro  
Asesor Supervisor de Obra

06

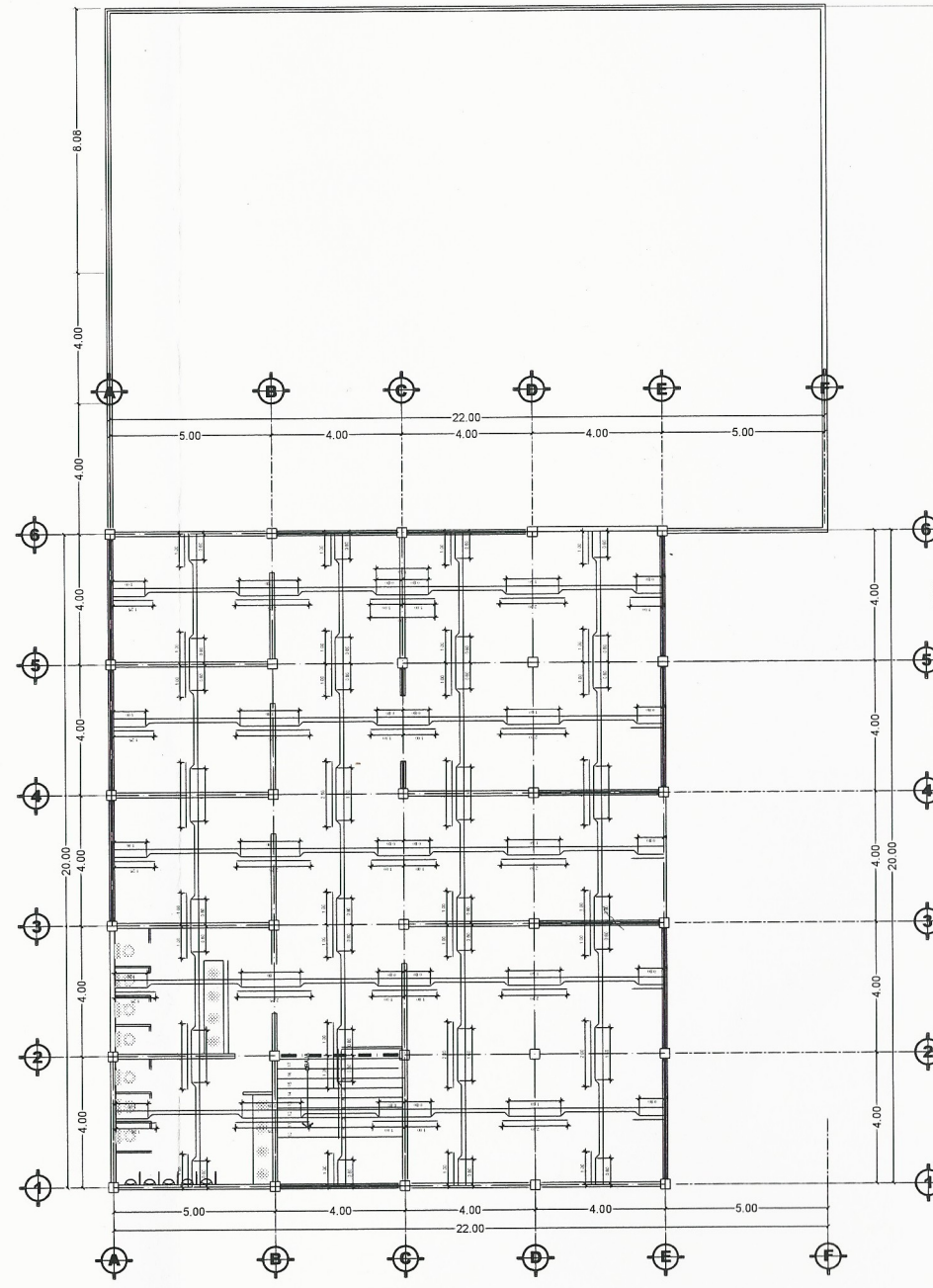
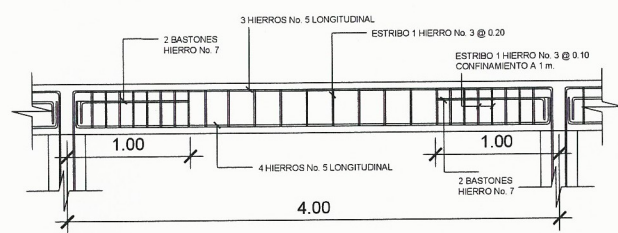
13



**PRIMER NIVEL**

LOSAS

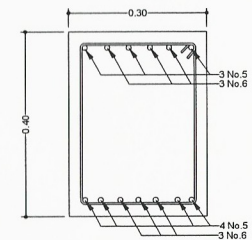
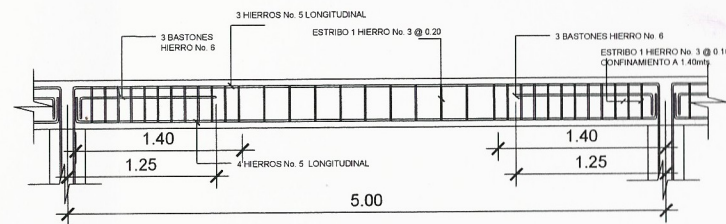
Esc. 1/100



**SEGUNDO NIVEL**

LOSAS

Esc. 1/100



**VIGA**  
7 HIERROS no. 5 + 6 BASTONES no. 6  
EST. No. 3 CONFINADOS 1.40m  
@ 0.10 cm RESTO @ 0.20 cm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

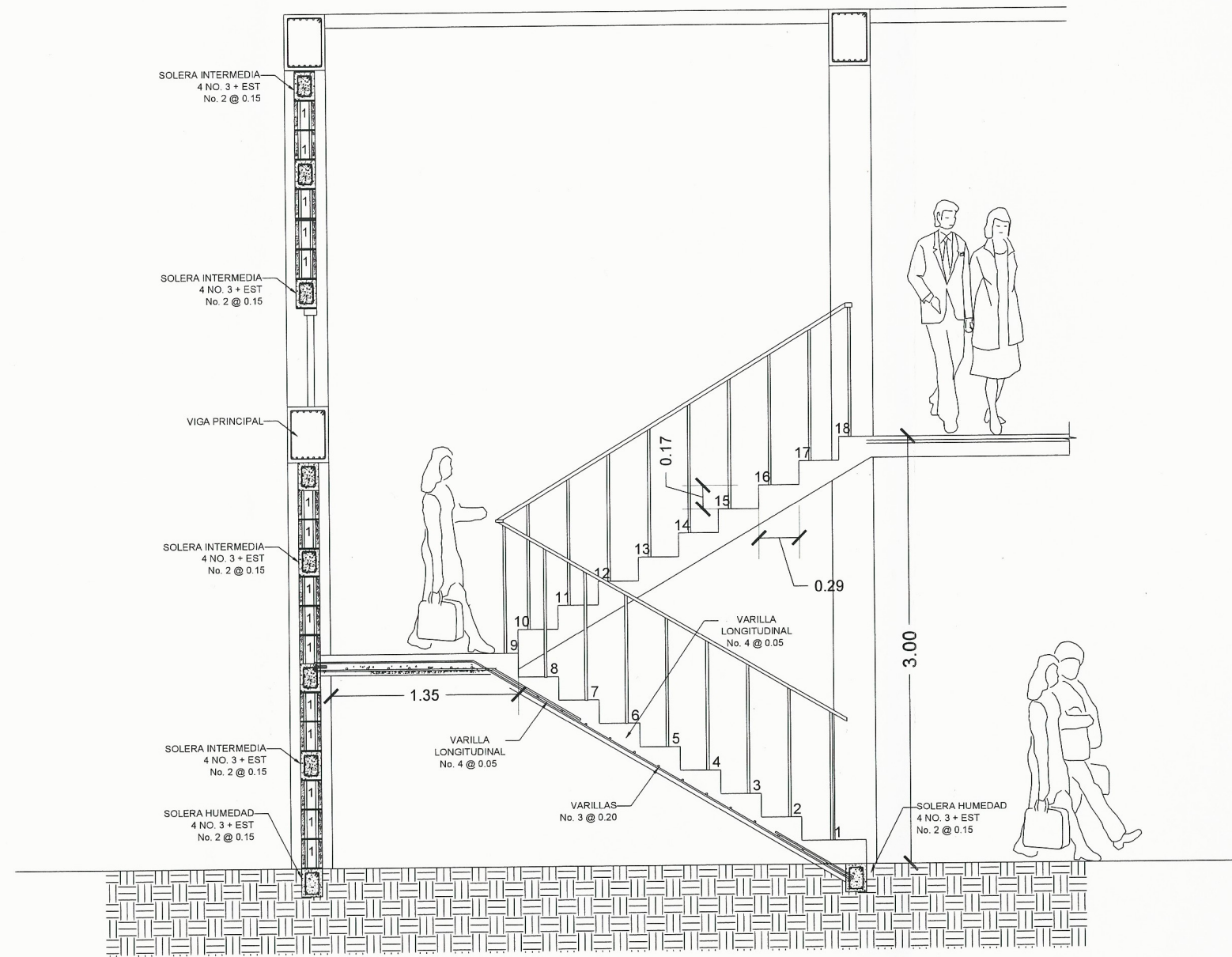
PROYECTO  
DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CETRO DE ATENCION INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA

CONTENIDO  
**PLANTA DE LOSAS Y DETALLE DE VIGAS**

DISEÑO: JOSE CASTRO  
CALCULO: JOSE CASTRO  
DIBUJO: JOSE CASTRO  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: AGOSTO 2017

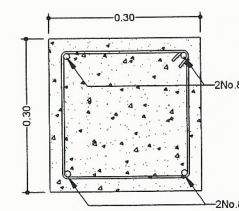
PROFESOR: ALVARO CASTRO A.  
CARRERA: INGENIERIA CIVIL  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Ing. Manuel Alvarado Castro  
2011-22046

07  
13

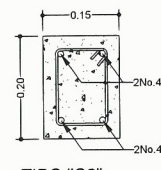


**DETALLE DE GRADAS**

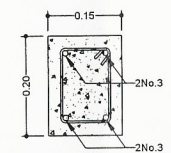
Esc. 1/20



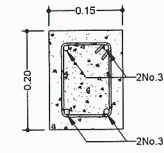
**TIPO "C1"**  
 4 HIERROS no. 8  
 EST. No. 3 CONFINADOS 0.50m  
 EN PARTE INFERIOR Y SUPERIOR  
 @ 0.05 cm RESTO @ 0.10 cm



**TIPO "C2"**  
 4 No. 4  
 EST. No. 2 CONFINADOS 1.00m  
 EN PARTE INFERIOR Y SUPERIOR  
 @ 0.10 cm RESTO @ 0.15 cm



**SOLERA "HUMEDAD"**  
 4 No. 3 + EST. No. 2 @ 0.15m



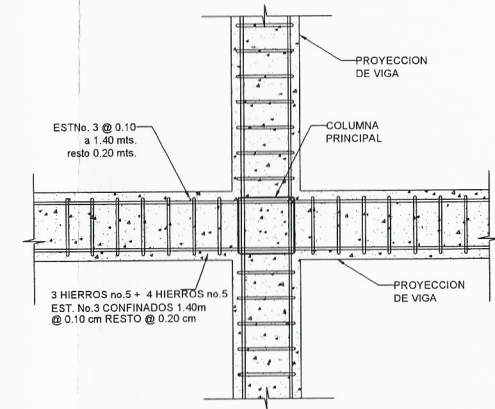
**SOLERA "INTERMEDIA"**  
 4 No. 3 + EST. No. 2 @ 0.15m

**DETALLE DE COLUMNAS**

Esc. 1/20

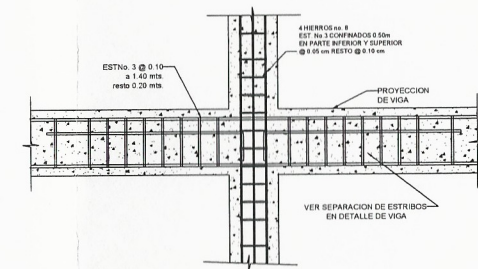
**DETALLE DE SOLERAS**

Esc. 1/20



**DETALLE ELEVACION NUDO-VIGA, COLUMNA**

Esc. 1/20



**DETALLE PLANTA NUDO-VIGA, COLUMNA**

Esc. 1/20

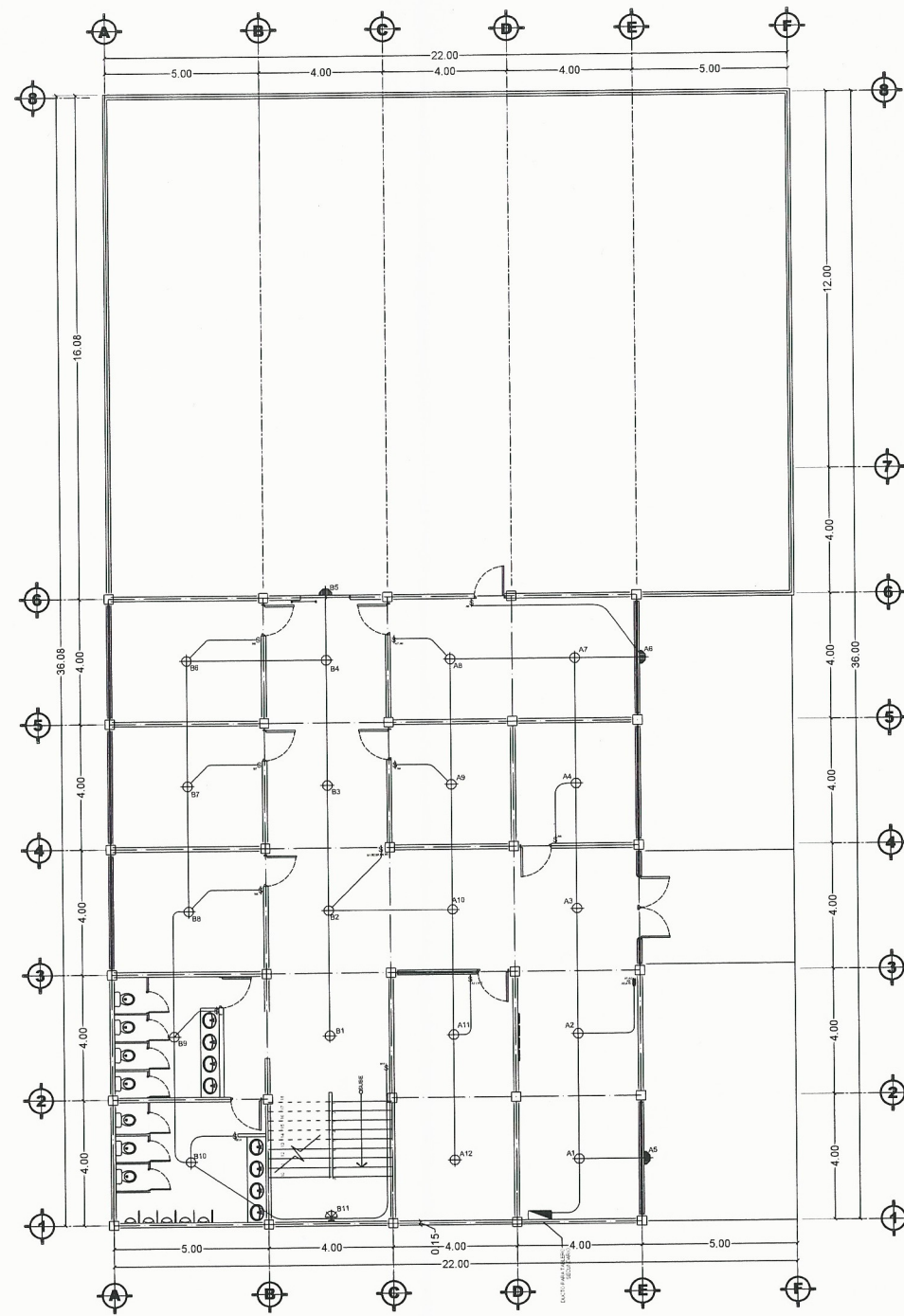
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO  
 DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION  
 INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA

CONTENIDO  
**DETALLES DE ESCALERAS**

DISEÑO	JOSE CASTRO	FECHA	2014-22946
CALCULO	JOSE CASTRO	NO. DE	08
DIBUJO	JOSE CASTRO	INDICADA	13
ESCALA	ASesor - SUPLENTE DE EPS	FECHA	AGOSTO 2014

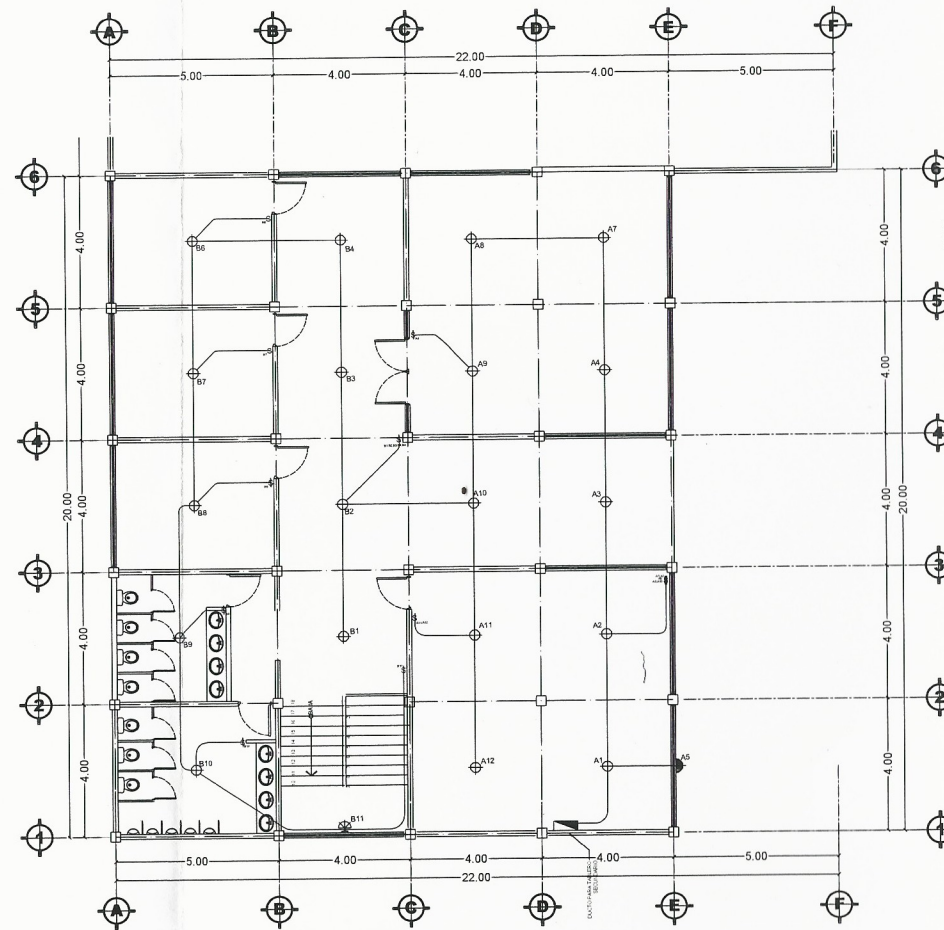




**PRIMER NIVEL**

ELECTRICIDAD ILUMINACION

Esc. 1/100



**SEGUNDO NIVEL**

ELECTRICIDAD ILUMINACION

Esc. 1/100

**SIMBOLOGIA**

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO FLIPONES EMPOTRADO EN MURO, ALTURA +1.80 MTS. AL ROSTRO INFERIOR.
	LAMPARA EN CIELO
	REFLECTOR
	LAMPARA PARA JARDIN
	LAMPARA EN PARED INTERIOR ALTURA + 1.80
	FAROL, ALTURA + 2.00
	CONTADOR
	FAROL
	OJO DE BUEY
	INTERRUPTOR SIMPLE ALTURA +1.20 DEL NIVEL DE PISO
	INTERRUPTOR DOBLE ALTURA +1.20 DEL NIVEL DE PISO
	INTERRUPTOR TRIPLE ALTURA +1.20 DEL NIVEL DE PISO
	INTERRUPTOR DOBLE THREE WAY, ALTURA +1.20 DEL NIVEL DE PISO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

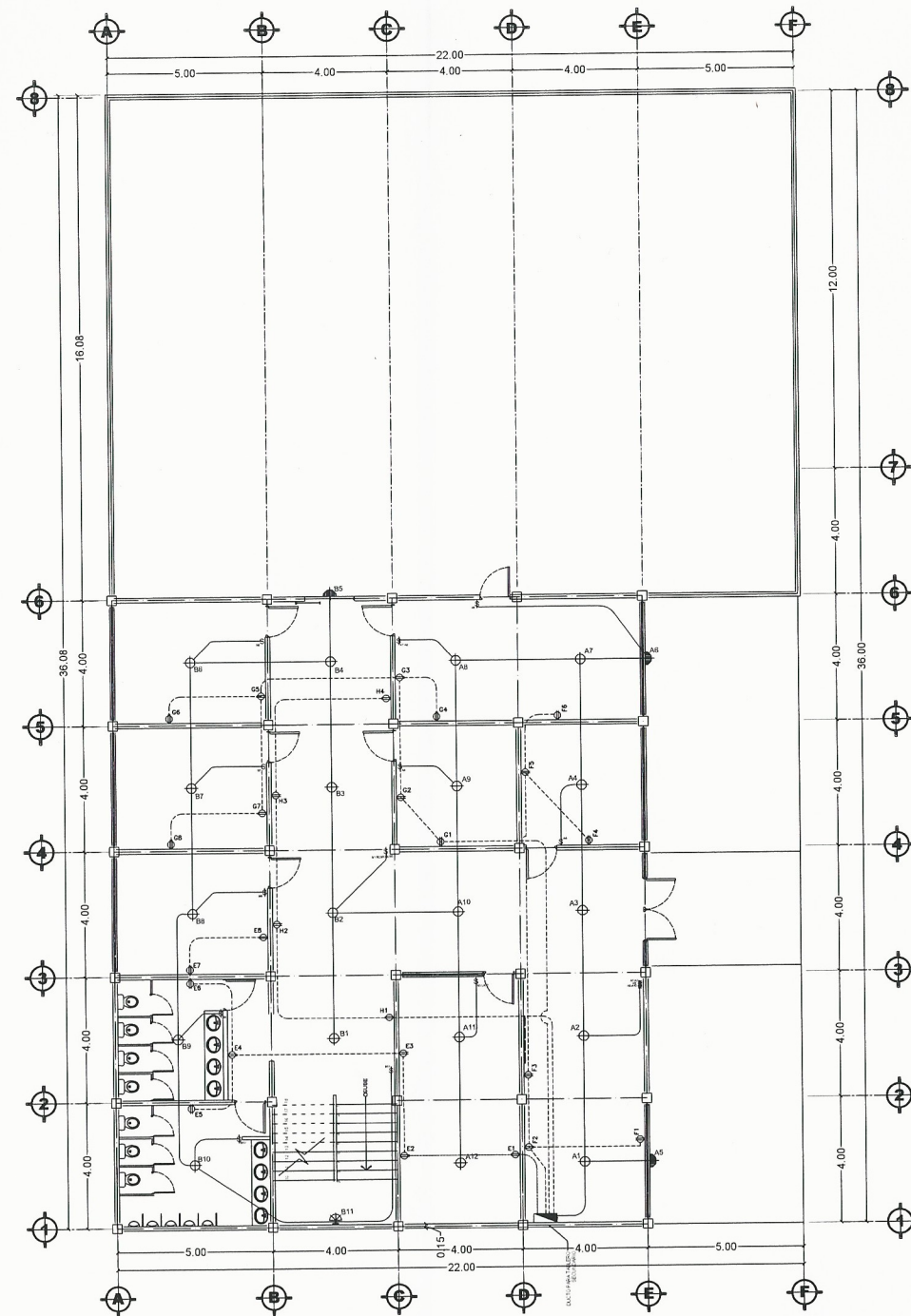
PROYECTO  
DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION INTEGRAL PARA EL BISTOR DE SAN MIGUEL PETAPA

PLANTA ELECTRICA ILUMINACION

DISEÑO  
JOSE CASTRO  
CALCULO  
JOSE CASTRO  
DEBIDO  
JOSE CASTRO  
ESCALA  
INDICADA  
FECHA  
AGOSTO 2017

09

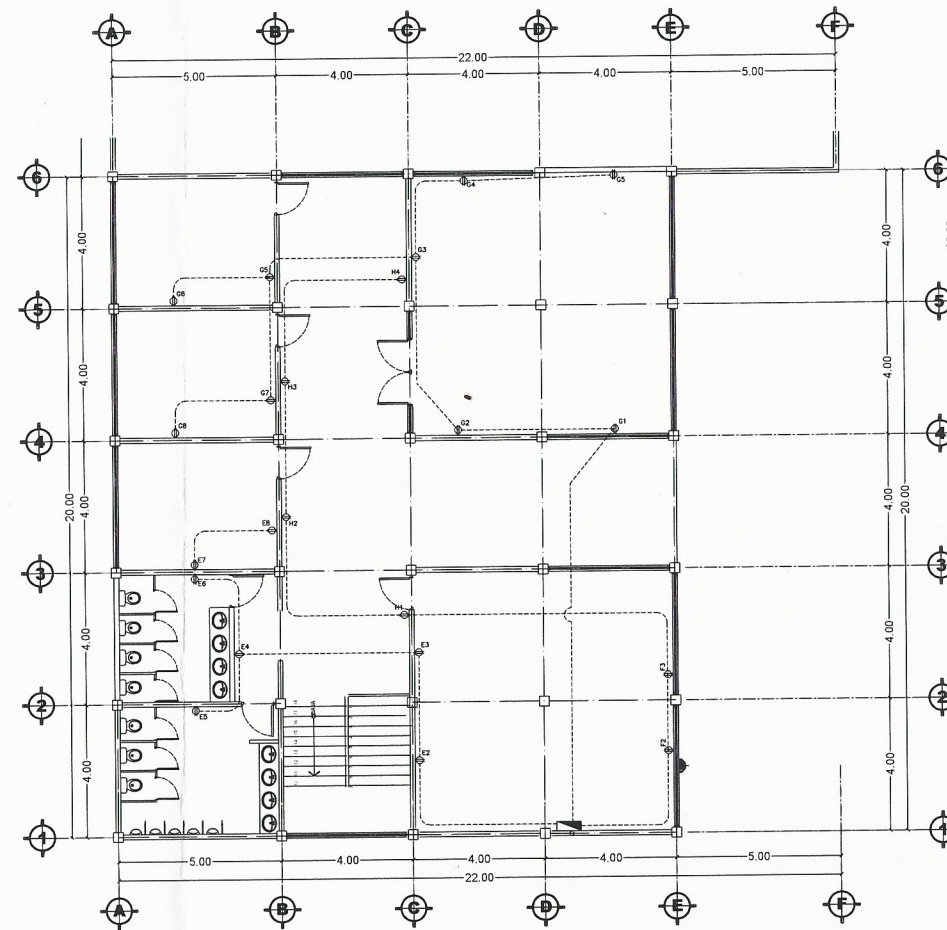
13



**PRIMER NIVEL**

ELECTRICIDAD FUERZA

Esc. 1/100



**SEGUNDO NIVEL**

ELECTRICIDAD FUERZA

Esc. 1/100

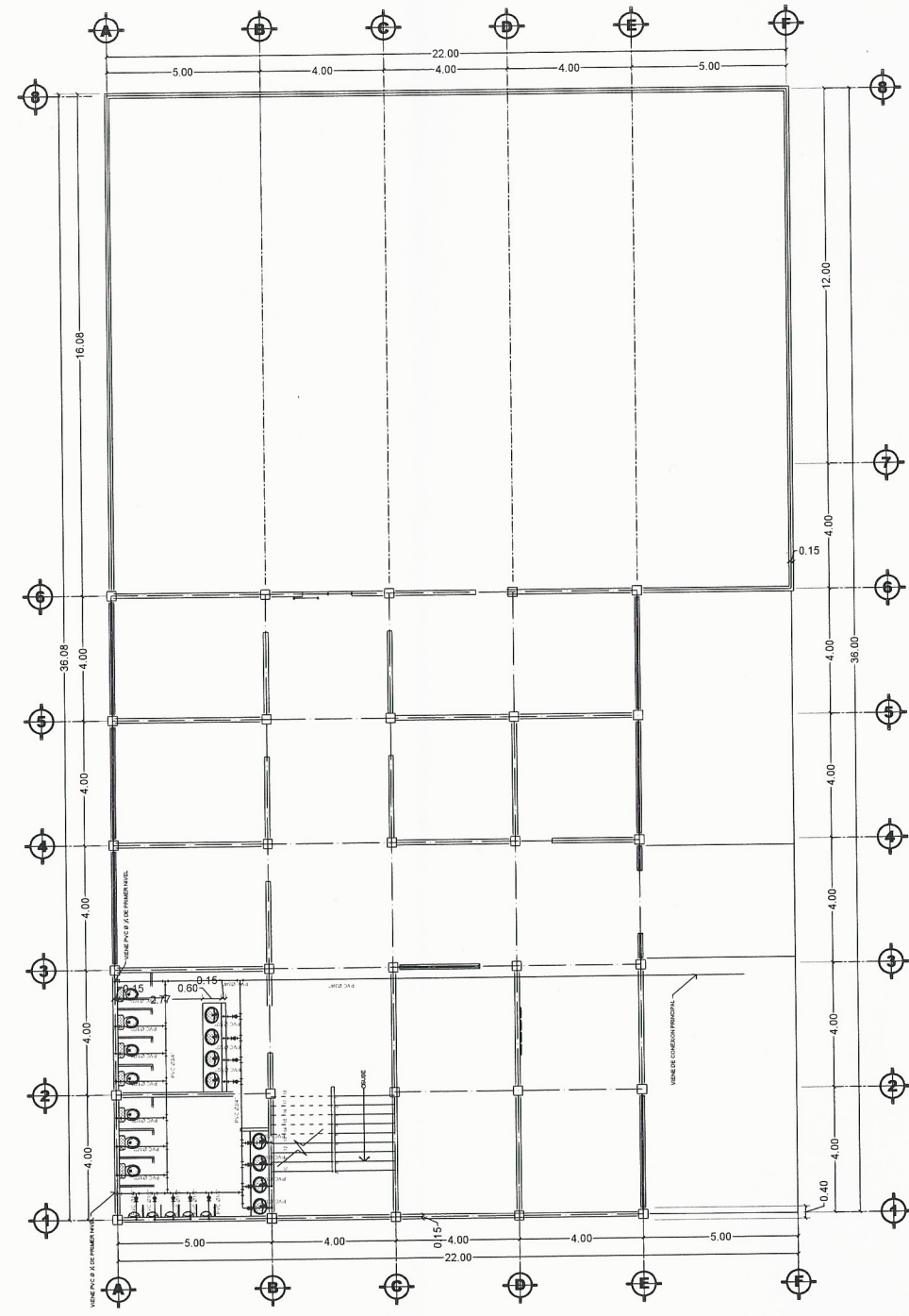
SIMBOLOGIA FUERZA NORMAL	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA EMPOTRADO 1.20 MTS. A LA PARTE BAJA ATERRIZADO CON VARILLA DE COBRE DE 5/8" MORDAZA
	TUBERIA PVC ELECTRICO, CONDUCCION EN PISO O DENTRO DE MURO.
	TOMACORRIENTE DOBLE 110V, CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA, № 0.30 SNP/T O INDICADO EN PLANO
	TOMACORRIENTE DOBLE 110V, CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA, № 1.20 SNP/T
	TOMACORRIENTE DOBLE 110V, CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA, № 1.50 SNP/T
	TOMACORRIENTE 220V, № 0.30 SNP/T
	TOMACORRIENTE DOBLE 110V, CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA, № 0.30 SNP/T INTERPERIE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

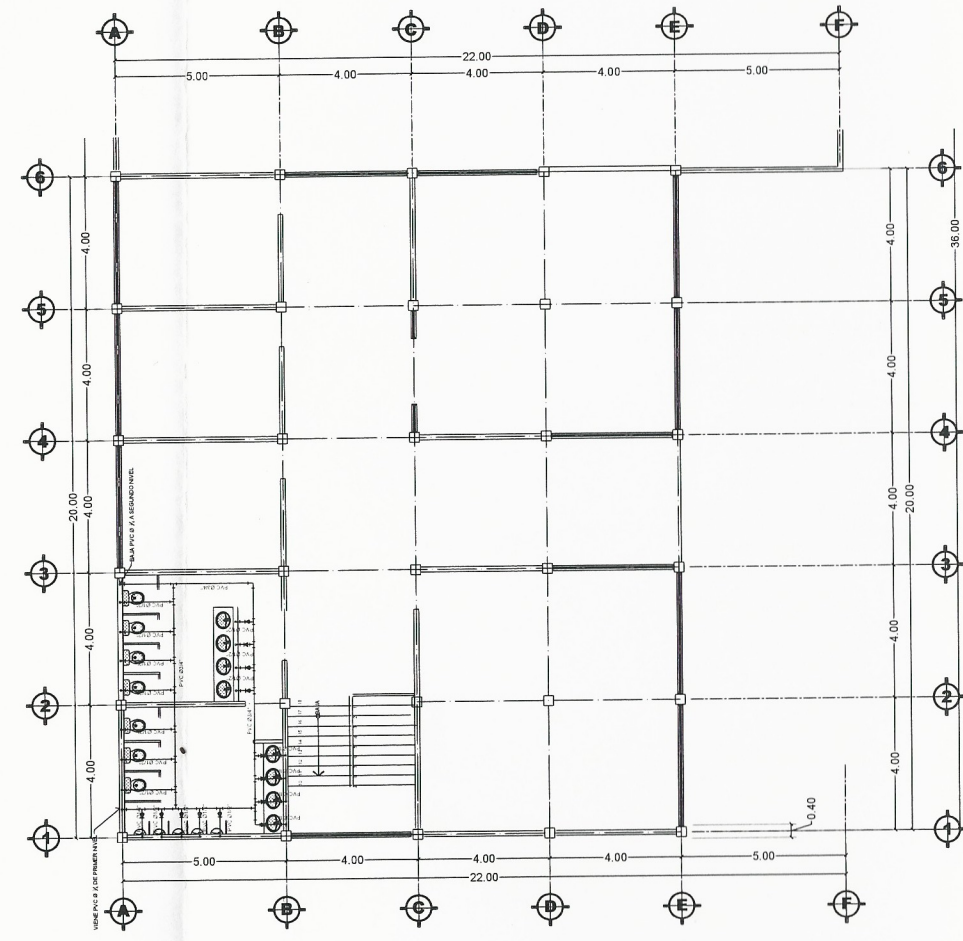
PROYECTO  
DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA

PLANTA INST. ELECTRICA FUERZA

DISEÑO JOSE CASTRO	EFECTIVO JOSE CASTRO	CARTE JOSE CASTRO	 <b>10</b>  <b>13</b>
CALCULO JOSE CASTRO			
DEBILJO JOSE CASTRO			
ESCALA INDICADA			
FECHA AGOSTO 2017			



**PRIMER NIVEL**  
 INSTALACION HIDRAULICA Esc. 1/100



**SEGUNDO NIVEL**  
 INSTALACION HIDRAULICA Esc. 1/100

**SIMBOLOGIA**

SIMBOLO	DESCRIPCION
—	TUBERIA PVC DIAMETRO INDICADO PARA CIRCUITO DE AGUA FRIA
—	TUBERIA CPVC DIAMETRO INDICADO PARA CIRCUITO DE AGUA CALIENTE
⊕	TEE (HORIZONTAL)
⊙	CODO A 90 GRADOS (VERTICAL)
⊔	CODO A 90 GRADOS (HORIZONTAL)
↗	GRIFO HG CON ROSCA PARA MANGUERA PARA CIRCUITO DE AGUA FRIA
▲	REDUCIDOR DE 3/4" A 1/2"
V.G.	VALVULA DE GLOBO DE BRONCE DIAMETRO Ø 3/4"
V.R.	VALVULA DE CHEQUE DIAMETRO Ø 3/4"
C	CONTADOR DE VOLUMEN DE AGUA DIAMETRO Ø 3/4"
⊗ P.M.	VALVULA DE PASO CIRCUITO DE AGUA FRIA
☀	CALENTADOR ELECTRICO DE AGUA
⊗	VALVULA DE PASO EN JARDIN - CAJA DE 0.20 X 0.20

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA

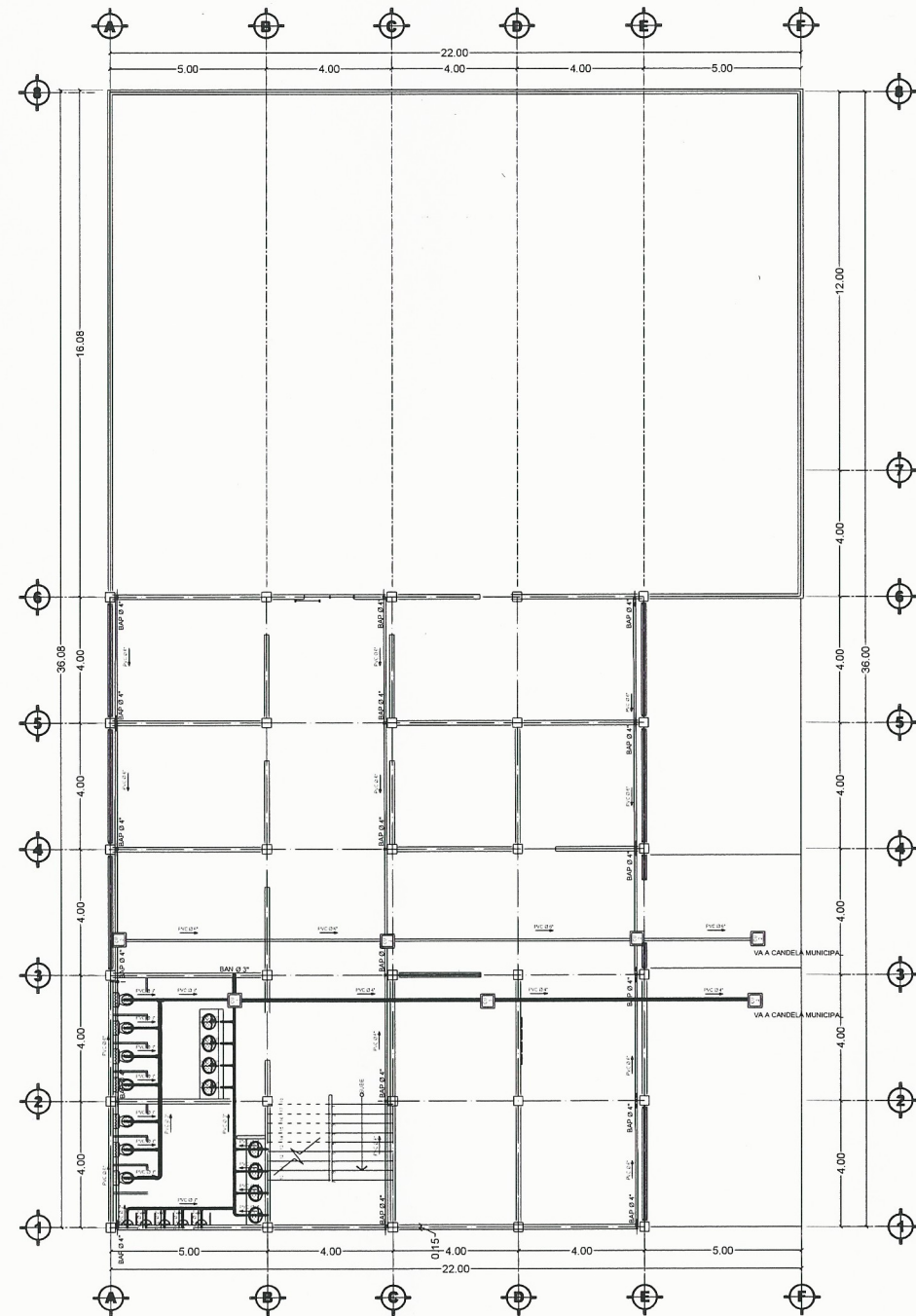
PROYECTO  
 DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION INTEGRAL PARA EL SECTOR A DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA

PLANTA INST. HIDRAULICA

DISEÑO: JOSE CASTRO  
 CALCULO: JOSE CASTRO  
 DIBUJO: JOSE CASTRO  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: AGOSTO 2017

Ing. Manuel Antonio Castro  
 No. 11-22946

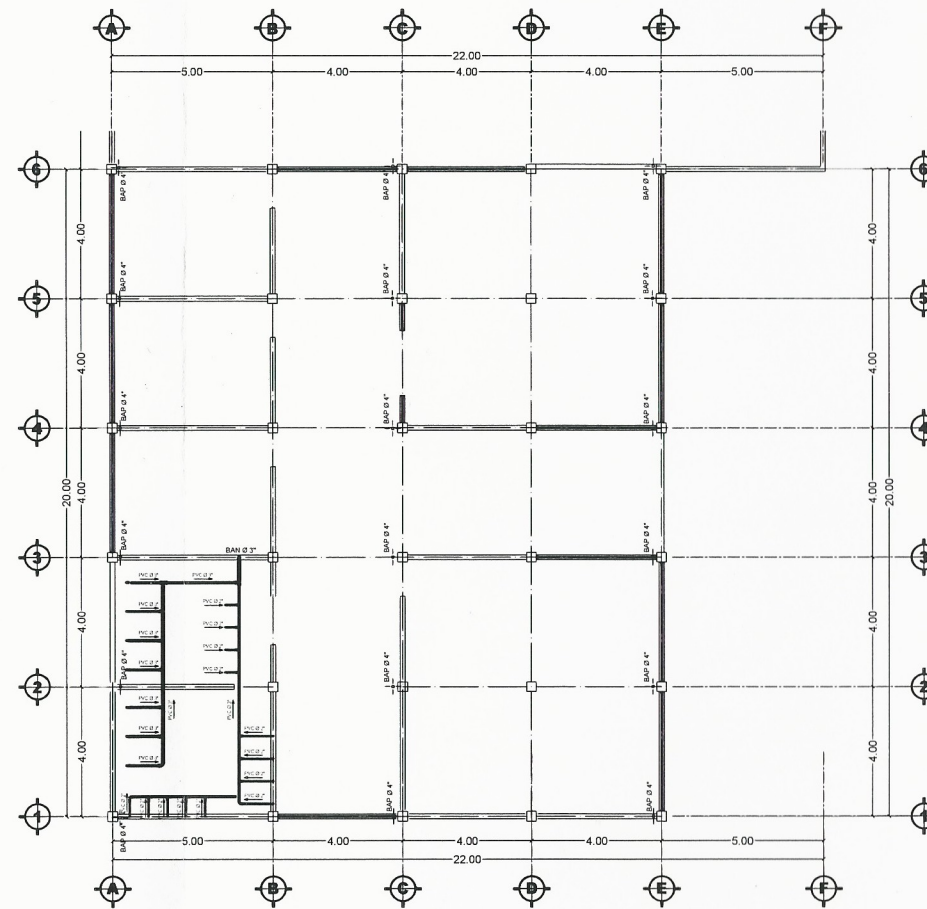
11  
 13



### PRIMER NIVEL

DRENAJES

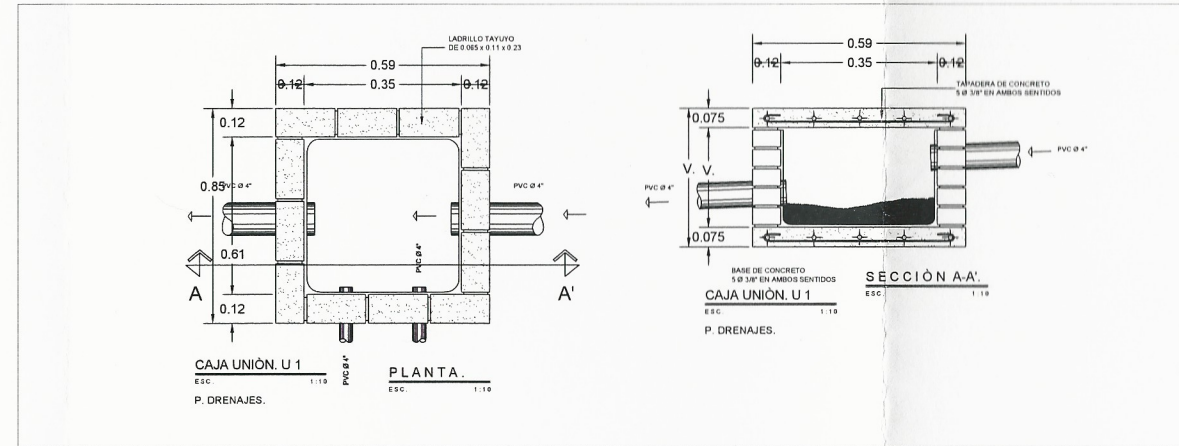
Esc. 1/100



### SEGUNDO NIVEL

DRENAJES

Esc. 1/100



### SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS Ø INDICADO
	TUBERIA DRENAJE PLUVIAL Ø INDICADO
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS Ø INDICADO DE PSI
	SIFON TERMINAL PLANTA
	CODO A 90° HORIZONTAL
	REDUCIDOR SEGUN DIAMETRO
	CODO 90° EN PLANTA
	BAJADA DE AGUA NEGRA P.V.C. Ø INDICADO
	YEE SANITARIA
	TEE SANITARIA
	CODO A 45°
	CODO A 90° HORIZONTAL PLUVIAL
	P.V.C. Ø INDICADO
	REPOSADERA
	CAJA DE UNION 1
	CAJA UNION 2

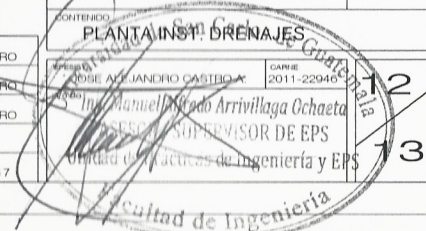
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO:  
DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCION  
INTEGRAL PARA EL SECTOR 9 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA

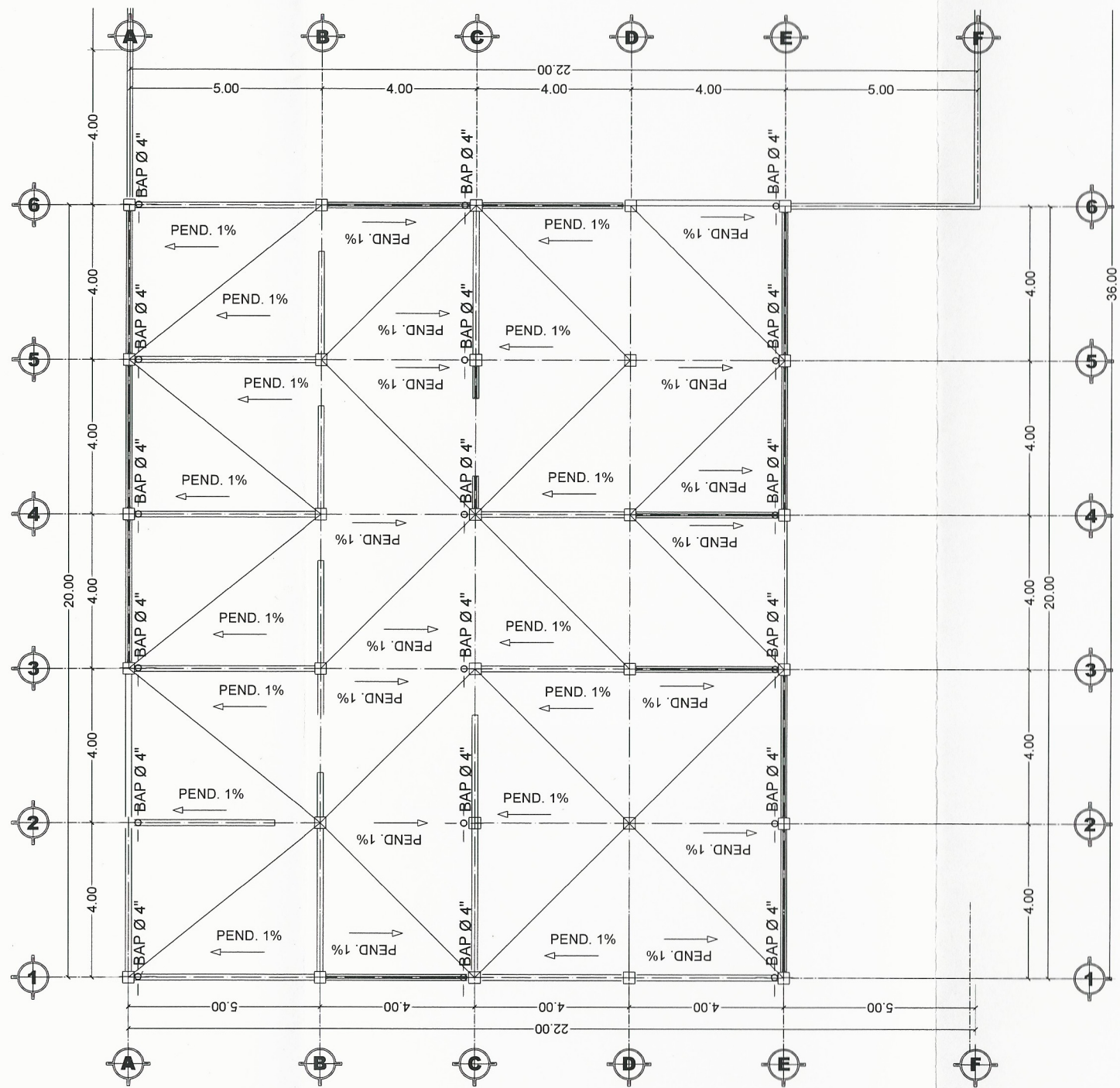
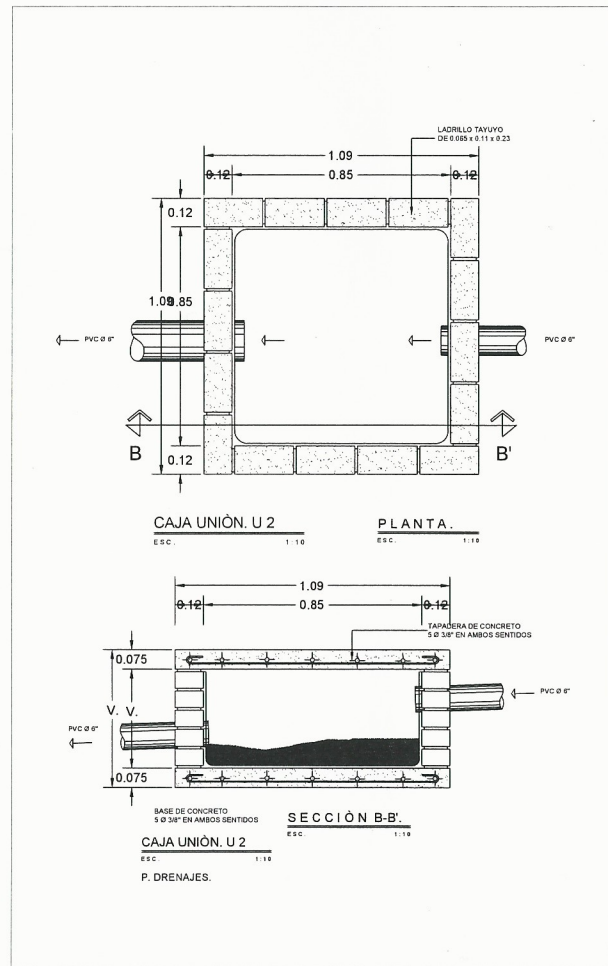
CONTENIDO:  
PLANTA INST. DRENAJES

DISEÑO:  
JOSE CASTRO  
CALCULO:  
JOSE CASTRO  
DIBUJO:  
JOSE CASTRO  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
AGOSTO 2017

MANUEL ANTONIO ARRIVILLAGA OCHAETA  
SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Ejecución de Ingeniería y EPS







**TECHO**  
DRENAJES

Esc. 1/100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO  
DISEÑO DE EDIFICIO MUNICIPAL PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL (CAI) PARA EL SECTOR 8 DE V.H. SAN MIGUEL PETAPA

CONTENIDO  
PLANTA INST. DRENAJES Y CAJAS DE UNIÓN

DISEÑO: JOSE CASTRO  
CALCULO: JOSE CASTRO  
DIBUJO: JOSE CASTRO  
ESCALA: 1/100  
INDICADA  
FECHA: AGOSTO 2012

PROFESOR: JOSE ALEJANDRO CASTRO A. C. 2011-22946  
Ing. Manuel Mario Arce y Ochoaeta  
ASESOR SUPERVISOR DREPS  
Instituto de Prácticas de Ingeniería y EPS

13

13

Facultad de Ingeniería

# ANEXOS

## Anexo 1. Diagrama de interacción

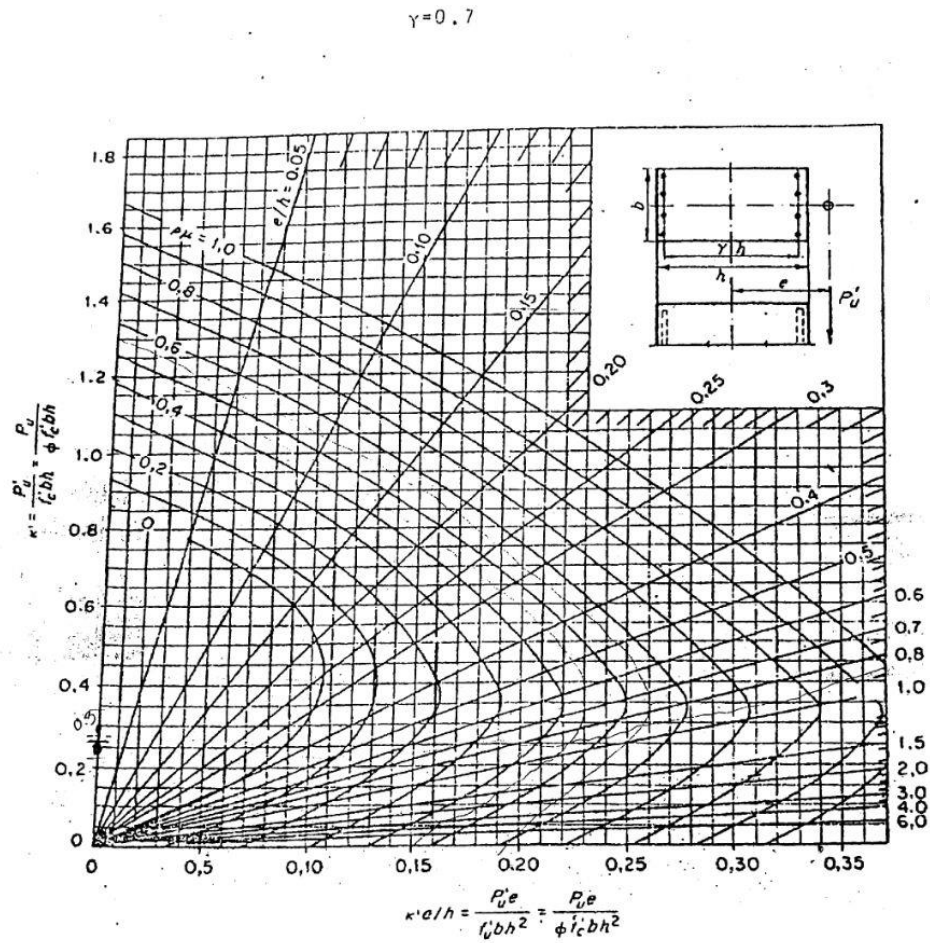


GRÁFICO A-2  
 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PARA COLIMNA RECTANGULAR  
 $f'_c < 281 \text{ Kg/cm}^2$  &  $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$

Fuente: cartilla del concreto.

Anexo 2. **Coefficients for negative moments for slabs**

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95		0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90		0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85		0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80		0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75		0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70		0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65		0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60		0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55		0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50		0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

Fuente: NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 378.

Anexo 3. **Coeficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas**

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9	
$l_b$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
1.00	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.036 0.036	0.018 0.018	0.018 0.027	0.027 0.027	0.027 0.018	0.033 0.027	0.027 0.033	0.020 0.023	0.023 0.020
0.95	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.040 0.033	0.020 0.016	0.021 0.025	0.030 0.024	0.028 0.015	0.036 0.024	0.031 0.031	0.022 0.021	0.024 0.017
0.90	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.045 0.029	0.022 0.014	0.025 0.024	0.033 0.022	0.029 0.013	0.039 0.021	0.035 0.028	0.025 0.019	0.026 0.015
0.85	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.050 0.026	0.024 0.012	0.029 0.022	0.036 0.019	0.031 0.011	0.042 0.017	0.040 0.025	0.029 0.017	0.028 0.013
0.80	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.056 0.023	0.026 0.011	0.034 0.020	0.039 0.016	0.032 0.009	0.045 0.015	0.045 0.022	0.032 0.015	0.029 0.010
0.75	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.061 0.019	0.028 0.009	0.040 0.018	0.043 0.013	0.033 0.007	0.048 0.012	0.051 0.020	0.036 0.013	0.031 0.007
0.70	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.068 0.016	0.030 0.007	0.046 0.016	0.046 0.011	0.035 0.005	0.051 0.009	0.058 0.017	0.040 0.011	0.033 0.006
0.65	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.074 0.013	0.032 0.006	0.054 0.014	0.050 0.009	0.036 0.004	0.054 0.007	0.065 0.014	0.044 0.009	0.034 0.005
0.60	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.081 <b>0.010</b>	0.034 0.004	0.062 <b>0.011</b>	0.053 0.007	0.037 0.003	0.056 0.006	0.073 0.012	0.048 0.007	0.036 0.004
0.55	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.088 0.008	0.035 0.003	0.071 0.009	0.056 0.005	0.038 0.002	0.058 0.004	0.081 0.009	0.052 0.005	0.037 0.003
0.50	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.095 0.006	0.037 0.002	0.080 0.007	0.059 0.004	0.039 0.001	0.061 0.003	0.089 0.007	0.056 0.004	0.038 0.002

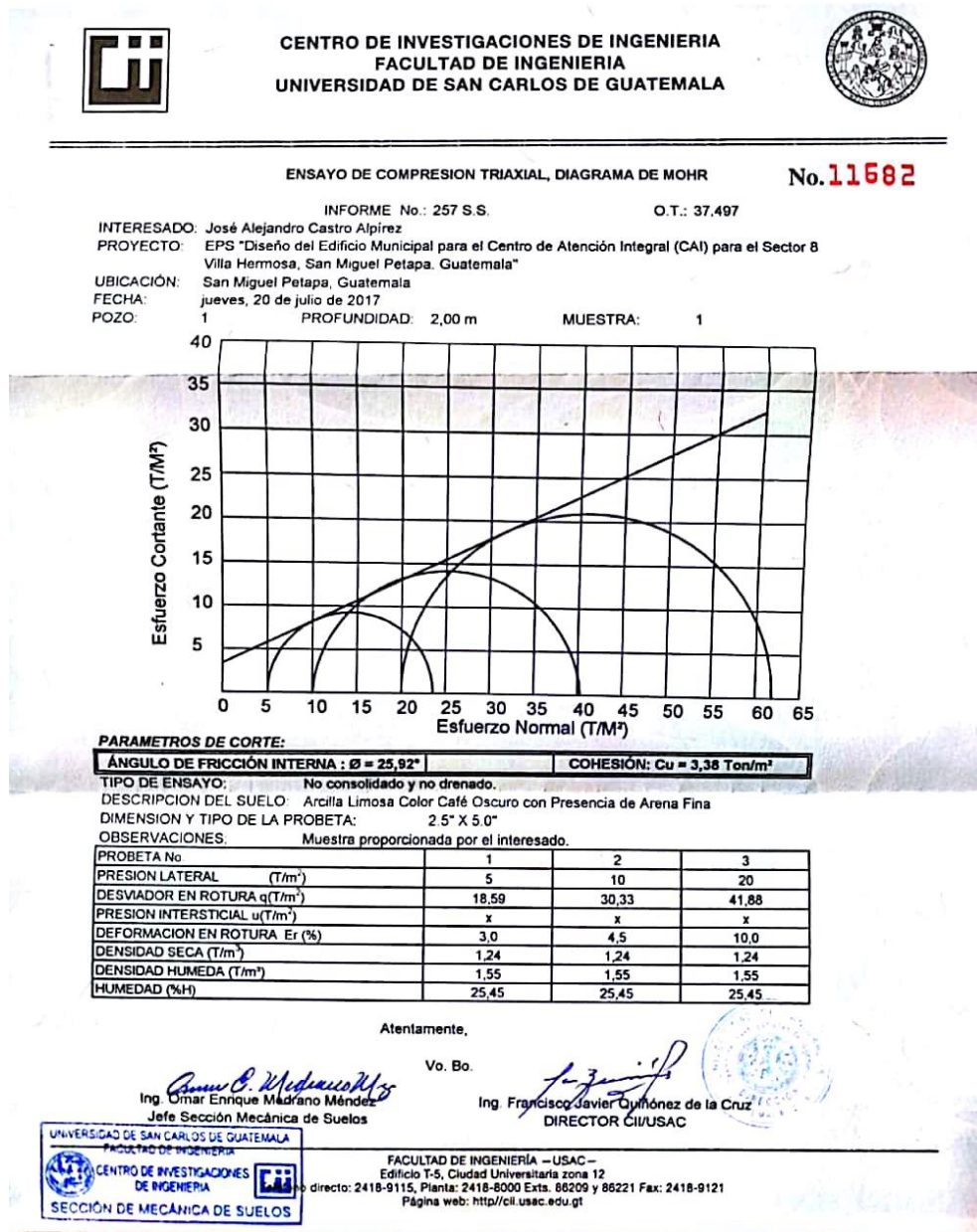
Fuente: NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 379.

Anexo 4. **Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas**

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
$l_b$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.00	$C_{a,dl}$ 0.036 $C_{b,dl}$ 0.036	0.018 0.018	0.018 0.027	0.027 0.027	0.027 0.018	0.033 0.027	0.027 0.033	0.020 0.023	0.023 0.020
0.95	$C_{a,dl}$ 0.040 $C_{b,dl}$ 0.033	0.020 0.016	0.021 0.025	0.030 0.024	0.028 0.015	0.036 0.024	0.031 0.031	0.022 0.021	0.024 0.017
0.90	$C_{a,dl}$ 0.045 $C_{b,dl}$ 0.029	0.022 0.014	0.025 0.024	0.033 0.022	0.029 0.013	0.039 0.021	0.035 0.028	0.025 0.019	0.026 0.015
0.85	$C_{a,dl}$ 0.050 $C_{b,dl}$ 0.026	0.024 0.012	0.029 0.022	0.036 0.019	0.031 0.011	0.042 0.017	0.040 0.025	0.029 0.017	0.028 0.013
0.80	$C_{a,dl}$ 0.056 $C_{b,dl}$ 0.023	0.026 0.011	0.034 0.020	0.039 0.016	0.032 0.009	0.045 0.015	0.045 0.022	0.032 0.015	0.029 0.010
0.75	$C_{a,dl}$ 0.061 $C_{b,dl}$ 0.019	0.028 0.009	0.040 0.018	0.043 0.013	0.033 0.007	0.048 0.012	0.051 0.020	0.036 0.013	0.031 0.007
0.70	$C_{a,dl}$ 0.068 $C_{b,dl}$ 0.016	0.030 0.007	0.046 0.016	0.046 0.011	0.035 0.005	0.051 0.009	0.058 0.017	0.040 0.011	0.033 0.006
0.65	$C_{a,dl}$ 0.074 $C_{b,dl}$ 0.013	0.032 0.006	0.054 0.014	0.050 0.009	0.036 0.004	0.054 0.007	0.065 0.014	0.044 0.009	0.034 0.005
0.60	$C_{a,dl}$ 0.081 $C_{b,dl}$ 0.010	0.034 0.004	0.062 0.011	0.053 0.007	0.037 0.003	0.056 0.006	0.073 0.012	0.048 0.007	0.036 0.004
0.55	$C_{a,dl}$ 0.088 $C_{b,dl}$ 0.008	0.035 0.003	0.071 0.009	0.056 0.005	0.038 0.002	0.058 0.004	0.081 0.009	0.052 0.005	0.037 0.003
0.50	$C_{a,dl}$ 0.095 $C_{b,dl}$ 0.006	0.037 0.002	0.080 0.007	0.059 0.004	0.039 0.001	0.061 0.003	0.089 0.007	0.056 0.004	0.038 0.002

Fuente: NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 380.

Anexo 5. **Resultados de laboratorio del estudio de suelos realizado a la muestra extraída para proyecto en el sector 8 de Villa Hermosa**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 6. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

ELEMENTOS HIDRAULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR  
(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

29

Q/D	Z/A	v/v	Q/Q	d/D	M/A	v/v	Q/Q	d/D	M/A	v/v	Q/Q
0.001	0.000054	0.019234	0.000001	0.076	0.034746	0.336751	0.011701	0.151	0.094971	0.518904	0.047281
0.002	0.000152	0.039097	0.000003	0.077	0.035423	0.339587	0.012019	0.152	0.095884	0.521811	0.049956
0.003	0.000272	0.059963	0.000005	0.078	0.036104	0.342408	0.012362	0.153	0.096799	0.524712	0.050637
0.004	0.000419	0.081396	0.000007	0.079	0.036789	0.345215	0.012700	0.154	0.097717	0.527606	0.051322
0.005	0.000599	0.103644	0.000010	0.08	0.037478	0.348007	0.013043	0.155	0.098637	0.530501	0.052011
0.006	0.000788	0.126377	0.000013	0.081	0.038171	0.350786	0.013393	0.156	0.099560	0.533394	0.052705
0.007	0.000992	0.150115	0.000017	0.082	0.038868	0.353551	0.013742	0.157	0.100485	0.536285	0.053403
0.008	0.001212	0.174728	0.000022	0.083	0.039568	0.356302	0.014098	0.158	0.101413	0.539171	0.054106
0.009	0.001466	0.200290	0.000028	0.084	0.040273	0.359039	0.014459	0.159	0.102343	0.542052	0.054813
0.01	0.001693	0.226890	0.000035	0.085	0.040981	0.361764	0.014825	0.16	0.103275	0.544928	0.055524
0.011	0.001952	0.254747	0.000043	0.086	0.041693	0.364475	0.015196	0.161	0.104210	0.547802	0.056240
0.012	0.002224	0.283917	0.000052	0.087	0.042409	0.367173	0.015571	0.162	0.105147	0.550673	0.056961
0.013	0.002506	0.314448	0.000062	0.088	0.043128	0.369859	0.015951	0.163	0.106087	0.553541	0.057686
0.014	0.002800	0.346487	0.000073	0.089	0.043851	0.372532	0.016336	0.164	0.107028	0.556406	0.058415
0.015	0.003105	0.380084	0.000085	0.09	0.044578	0.375193	0.016726	0.165	0.107972	0.559268	0.059149
0.016	0.003419	0.415283	0.000108	0.091	0.045309	0.377842	0.017120	0.166	0.108919	0.562128	0.059887
0.017	0.003744	0.452174	0.000133	0.092	0.046043	0.380479	0.017518	0.166	0.109869	0.565000	0.060630
0.018	0.004078	0.490805	0.000160	0.093	0.046781	0.383103	0.017922	0.168	0.110818	0.567884	0.061377
0.019	0.004421	0.531222	0.000189	0.094	0.047522	0.385717	0.018330	0.169	0.111772	0.570784	0.062128
0.02	0.004773	0.573448	0.000220	0.095	0.048267	0.388318	0.018743	0.17	0.112727	0.573700	0.062884
0.021	0.005134	0.617504	0.000253	0.096	0.049016	0.390908	0.019161	0.171	0.113685	0.576633	0.063644
0.022	0.005503	0.663444	0.000288	0.097	0.049768	0.393487	0.019583	0.172	0.114645	0.579584	0.064409
0.023	0.005881	0.711322	0.000325	0.098	0.050523	0.396055	0.020010	0.173	0.115607	0.582551	0.065178
0.024	0.006266	0.761200	0.000364	0.099	0.051282	0.398611	0.020441	0.174	0.116571	0.585534	0.065951
0.025	0.006660	0.813128	0.000405	0.1	0.052044	0.401157	0.020878	0.175	0.117537	0.588534	0.066729
0.026	0.007061	0.867158	0.000448	0.101	0.052810	0.403692	0.021319	0.176	0.118506	0.591551	0.067511
0.027	0.007470	0.923344	0.000493	0.102	0.053579	0.406216	0.021765	0.177	0.119477	0.594584	0.068298
0.028	0.007887	0.981744	0.000540	0.103	0.054351	0.408730	0.022215	0.178	0.120450	0.597634	0.069098
0.029	0.008311	1.042416	0.000589	0.104	0.055127	0.411234	0.022670	0.179	0.121425	0.600700	0.069908
0.03	0.008741	1.105416	0.000640	0.105	0.055906	0.413727	0.023130	0.18	0.122402	0.603784	0.070729
0.031	0.009179	1.170800	0.000693	0.106	0.056688	0.416210	0.023594	0.181	0.123382	0.606884	0.071561
0.032	0.009624	1.238544	0.000748	0.107	0.057473	0.418683	0.024063	0.182	0.124363	0.609994	0.072395
0.033	0.010076	1.308700	0.000805	0.108	0.058262	0.421146	0.024537	0.183	0.125345	0.613114	0.073234
0.034	0.010534	1.381216	0.000864	0.109	0.059054	0.423599	0.025015	0.184	0.126328	0.616244	0.074078
0.035	0.010999	1.456144	0.000925	0.11	0.059849	0.426042	0.025498	0.185	0.127312	0.619384	0.074929
0.036	0.011470	1.533440	0.000988	0.111	0.060648	0.428476	0.025986	0.186	0.128297	0.622534	0.075784
0.037	0.011947	1.614176	0.001053	0.112	0.061449	0.430901	0.026479	0.187	0.129282	0.625694	0.076644
0.038	0.012431	1.698416	0.001120	0.113	0.062254	0.433316	0.026976	0.188	0.130267	0.628864	0.077509
0.039	0.012921	1.786200	0.001189	0.114	0.063062	0.435721	0.027477	0.189	0.131252	0.632044	0.078379
0.04	0.013417	1.877584	0.001260	0.115	0.063873	0.438117	0.027984	0.19	0.132237	0.635234	0.079254
0.041	0.013919	1.972624	0.001333	0.116	0.064686	0.440505	0.028495	0.191	0.133222	0.638434	0.080134
0.042	0.014427	2.071376	0.001408	0.117	0.065503	0.442883	0.029010	0.192	0.134207	0.641644	0.081019
0.043	0.014941	2.173840	0.001485	0.118	0.066323	0.445252	0.029531	0.193	0.135192	0.644864	0.081909
0.044	0.015460	2.280064	0.001564	0.119	0.067146	0.447612	0.030056	0.194	0.136177	0.648094	0.082804
0.045	0.015985	2.390112	0.001645	0.12	0.067972	0.449964	0.030585	0.195	0.137162	0.651334	0.083704
0.046	0.016516	2.504144	0.001728	0.121	0.068801	0.452307	0.031119	0.196	0.138147	0.654584	0.084609
0.047	0.017052	2.622224	0.001813	0.122	0.069633	0.454641	0.031658	0.197	0.139132	0.657844	0.085519
0.048	0.017594	2.744416	0.001900	0.123	0.070468	0.456967	0.032202	0.198	0.140117	0.661114	0.086434
0.049	0.018141	2.870784	0.001989	0.124	0.071306	0.459284	0.032750	0.199	0.141102	0.664394	0.087354
0.05	0.018693	3.001416	0.002080	0.125	0.072147	0.461593	0.033302	0.2	0.142087	0.667684	0.088279
0.051	0.019251	3.136384	0.002173	0.126	0.072990	0.463893	0.033860	0.201	0.143072	0.670984	0.089209
0.052	0.019813	3.275808	0.002268	0.127	0.073837	0.466185	0.034422	0.202	0.144057	0.674294	0.090144
0.053	0.020381	3.419840	0.002365	0.128	0.074686	0.468470	0.034988	0.203	0.145042	0.677614	0.091084
0.054	0.020954	3.568544	0.002464	0.129	0.075538	0.470746	0.035559	0.204	0.146027	0.680944	0.092029
0.055	0.021532	3.721968	0.002565	0.13	0.076393	0.473014	0.036133	0.205	0.147012	0.684284	0.092979
0.056	0.022116	3.880176	0.002668	0.131	0.077251	0.475274	0.036715	0.206	0.148007	0.687634	0.093934
0.057	0.022703	4.043232	0.002773	0.132	0.078112	0.477526	0.037300	0.207	0.149002	0.690994	0.094894
0.058	0.023296	4.211296	0.002880	0.133	0.078975	0.479770	0.037890	0.208	0.150007	0.694364	0.095859
0.059	0.023894	4.384416	0.002989	0.134	0.079841	0.482007	0.038484	0.209	0.151012	0.697734	0.096829
0.06	0.024496	4.562640	0.003099	0.135	0.080710	0.484236	0.039083	0.21	0.152017	0.701104	0.097804
0.061	0.025103	4.746112	0.003210	0.136	0.081582	0.486457	0.039686	0.211	0.153022	0.704474	0.098779
0.062	0.025715	4.934896	0.003323	0.137	0.082456	0.488671	0.040294	0.212	0.154027	0.707844	0.099754
0.063	0.026332	5.129136	0.003438	0.138	0.083333	0.490877	0.040906	0.213	0.155032	0.711214	0.100729
0.064	0.026953	5.328984	0.003554	0.139	0.084212	0.493076	0.041523	0.214	0.156037	0.714584	0.101704
0.065	0.027578	5.534496	0.003671	0.14	0.085095	0.495268	0.042145	0.215	0.157042	0.717954	0.102679
0.066	0.028208	5.745712	0.003789	0.141	0.085980	0.497452	0.042771	0.216	0.158047	0.721324	0.103654
0.067	0.028843	5.962688	0.003908	0.142	0.086867	0.499629	0.043401	0.217	0.159052	0.724694	0.104629
0.068	0.029481	6.185472	0.004029	0.143	0.087757	0.501799	0.044036	0.218	0.160057	0.728064	0.105604
0.069	0.030125	6.414112	0.004151	0.144	0.088650	0.503961	0.044676	0.219	0.161062	0.731434	0.106579
0.07	0.030772	6.648656	0.004274	0.145	0.089545	0.506117	0.045320	0.22	0.162067	0.734804	0.107554
0.071	0.031424	6.889152	0.004400	0.146	0.090443	0.508265	0.045969	0.221	0.163072	0.738174	0.108529
0.072	0.032080	7.135648	0.004527	0.147	0.091344	0.510407	0.046622	0.222	0.164077	0.741544	0.109504
0.073	0.032741	7.388192	0.004656	0.148	0.092247	0.512541	0.047280	0.223	0.165082	0.744914	0.110479
0.074	0.033405	7.646832	0.004787	0.149	0.093152	0.514669	0.047943	0.224	0.166087	0.748284	0.111454
0.075	0.034074	7.911520	0.004920	0.15	0.094063	0.516790	0.048609	0.225	0.167092	0.751654	0.112429

Fuente: Normas generales para el diseño de alcantarillados.

## Anexo 7. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

ELEMENOS HIDRAULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR  
(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	s/A	w/V	q/Q	d/D	s/A	w/V	q/Q	d/D	s/A	w/V	q/Q
0.226	0.169479	0.660967	0.112020	0.301	0.253483	0.777553	0.197097	0.376	0.343752	0.874654	0.300667
0.227	0.170545	0.662670	0.113015	0.302	0.254652	0.778967	0.198265	0.377	0.344966	0.875843	0.302153
0.228	0.171613	0.664370	0.114014	0.303	0.255822	0.780377	0.199637	0.378	0.346232	0.877019	0.303642
0.229	0.172682	0.666064	0.115017	0.304	0.256992	0.781784	0.200913	0.379	0.347459	0.878192	0.305132
0.23	0.173753	0.667755	0.116024	0.305	0.258164	0.783188	0.202191	0.38	0.348691	0.879362	0.306626
0.231	0.174825	0.669441	0.117035	0.306	0.259337	0.784588	0.203473	0.381	0.349927	0.880530	0.308121
0.232	0.175899	0.671122	0.118050	0.307	0.260511	0.785985	0.204758	0.382	0.351164	0.881694	0.309620
0.233	0.176975	0.672800	0.119069	0.308	0.261686	0.787379	0.206046	0.383	0.352402	0.882856	0.311120
0.234	0.178052	0.674473	0.120091	0.309	0.262862	0.788769	0.207338	0.384	0.353640	0.884015	0.312623
0.235	0.179131	0.676142	0.121118	0.31	0.264040	0.790156	0.208633	0.385	0.354879	0.885171	0.314128
0.236	0.180212	0.677806	0.122149	0.311	0.265218	0.791539	0.209920	0.386	0.356118	0.886324	0.315636
0.237	0.181294	0.679466	0.123183	0.312	0.266397	0.792920	0.211232	0.387	0.357358	0.887474	0.317146
0.238	0.182377	0.681122	0.124221	0.313	0.267578	0.794297	0.212536	0.388	0.358599	0.888622	0.318659
0.239	0.183463	0.682774	0.125263	0.314	0.268759	0.795670	0.213843	0.389	0.359840	0.889766	0.320174
0.24	0.184549	0.684422	0.126310	0.315	0.269941	0.797040	0.215154	0.39	0.361082	0.890908	0.321691
0.241	0.185638	0.686065	0.127360	0.316	0.271125	0.798407	0.216468	0.391	0.362324	0.892047	0.323210
0.242	0.186728	0.687704	0.128413	0.317	0.272309	0.799771	0.217785	0.392	0.363567	0.893183	0.324732
0.243	0.187819	0.689339	0.129471	0.318	0.273494	0.801131	0.219105	0.393	0.364810	0.894316	0.326256
0.244	0.188912	0.690970	0.130533	0.319	0.274681	0.802488	0.220428	0.394	0.366055	0.895447	0.327782
0.245	0.190006	0.692597	0.131598	0.32	0.275868	0.803842	0.221755	0.395	0.367299	0.896574	0.329311
0.246	0.191102	0.694220	0.132667	0.321	0.277057	0.805193	0.223084	0.396	0.368544	0.897699	0.330842
0.247	0.192200	0.695839	0.133740	0.322	0.278246	0.806540	0.224416	0.397	0.369790	0.898821	0.332375
0.248	0.193299	0.697453	0.134817	0.323	0.279436	0.807884	0.225752	0.398	0.371036	0.899940	0.333910
0.249	0.194399	0.699064	0.135897	0.324	0.280628	0.809225	0.227091	0.399	0.372283	0.901057	0.335448
0.25	0.195501	0.700670	0.136982	0.325	0.281820	0.810563	0.228433	0.4	0.373530	0.902170	0.336988
0.251	0.196605	0.702273	0.138070	0.326	0.283013	0.811897	0.229777	0.401	0.374778	0.903281	0.338530
0.252	0.197709	0.703871	0.139162	0.327	0.284207	0.813228	0.231125	0.402	0.376026	0.904389	0.340074
0.253	0.198816	0.705466	0.140258	0.328	0.285402	0.814556	0.232476	0.403	0.377275	0.905495	0.341620
0.254	0.199923	0.707056	0.141357	0.329	0.286598	0.815881	0.233830	0.404	0.378524	0.906597	0.343169
0.255	0.201033	0.708642	0.142460	0.33	0.287795	0.817205	0.235187	0.405	0.379774	0.907697	0.344720
0.256	0.202143	0.710225	0.143567	0.331	0.288993	0.818527	0.236547	0.406	0.381024	0.908794	0.346272
0.257	0.203255	0.711804	0.144678	0.332	0.290192	0.819846	0.237910	0.407	0.382275	0.909888	0.347827
0.258	0.204369	0.713378	0.145792	0.333	0.291391	0.821168	0.239275	0.408	0.383526	0.910979	0.349385
0.259	0.205484	0.714949	0.146910	0.334	0.292592	0.822485	0.240644	0.409	0.384778	0.912068	0.350944
0.26	0.206600	0.716516	0.148032	0.335	0.293793	0.823797	0.242016	0.41	0.386030	0.913154	0.352505
0.261	0.207718	0.718079	0.149158	0.336	0.294996	0.825105	0.243391	0.411	0.387283	0.914237	0.354068
0.262	0.208837	0.719638	0.150287	0.337	0.296199	0.826409	0.244768	0.412	0.388536	0.915317	0.355634
0.263	0.209957	0.721193	0.151420	0.338	0.297403	0.827711	0.246149	0.413	0.389790	0.916395	0.357201
0.264	0.211079	0.722745	0.152556	0.339	0.298608	0.829014	0.247532	0.414	0.391044	0.917470	0.358771
0.265	0.212202	0.724292	0.153696	0.34	0.299814	0.830314	0.248919	0.415	0.392298	0.918542	0.360342
0.266	0.213327	0.725836	0.154840	0.341	0.301021	0.831611	0.250308	0.416	0.393553	0.919611	0.361916
0.267	0.214452	0.727376	0.155988	0.342	0.302228	0.832915	0.251700	0.417	0.394808	0.920678	0.363492
0.268	0.215580	0.728912	0.157139	0.343	0.303437	0.834216	0.253095	0.418	0.396064	0.921742	0.365069
0.269	0.216707	0.730444	0.158293	0.344	0.304646	0.835514	0.254493	0.419	0.397320	0.922803	0.366649
0.27	0.217838	0.731973	0.159452	0.345	0.305856	0.836811	0.255894	0.42	0.398577	0.923862	0.368230
0.271	0.218969	0.733498	0.160613	0.346	0.307067	0.838108	0.257297	0.421	0.399834	0.924919	0.369814
0.272	0.220102	0.735019	0.161779	0.347	0.308279	0.839404	0.258704	0.422	0.401092	0.925971	0.371399
0.273	0.221236	0.736536	0.162948	0.348	0.309491	0.840704	0.260113	0.423	0.402349	0.927020	0.372986
0.274	0.222371	0.738050	0.164121	0.349	0.310705	0.842004	0.261525	0.424	0.403606	0.928069	0.374576
0.275	0.223507	0.739560	0.165297	0.35	0.311919	0.843304	0.262940	0.425	0.404864	0.929114	0.376167
0.276	0.224645	0.741066	0.166477	0.351	0.313134	0.844604	0.264357	0.426	0.406122	0.930156	0.377760
0.277	0.225784	0.742568	0.167660	0.352	0.314350	0.845904	0.265778	0.427	0.407381	0.931196	0.379355
0.278	0.226924	0.744067	0.168847	0.353	0.315566	0.847204	0.267201	0.428	0.408640	0.932233	0.380952
0.279	0.228065	0.745562	0.170037	0.354	0.316784	0.848504	0.268627	0.429	0.409900	0.933267	0.382551
0.28	0.229208	0.747054	0.171231	0.355	0.318002	0.849804	0.270055	0.43	0.411165	0.934299	0.384151
0.281	0.230352	0.748542	0.172428	0.356	0.319221	0.851104	0.271487	0.431	0.412426	0.935327	0.385753
0.282	0.231497	0.750026	0.173629	0.357	0.320440	0.852404	0.272921	0.432	0.413687	0.936354	0.387358
0.283	0.232644	0.751507	0.174833	0.358	0.321661	0.853704	0.274357	0.433	0.414949	0.937377	0.388964
0.284	0.233792	0.752984	0.176041	0.359	0.322882	0.855004	0.275797	0.434	0.416211	0.938398	0.390571
0.285	0.234940	0.754458	0.177253	0.36	0.324104	0.856304	0.277239	0.435	0.417473	0.939416	0.392179
0.286	0.236091	0.755927	0.178467	0.361	0.325327	0.857604	0.278684	0.436	0.418734	0.940432	0.393792
0.287	0.237242	0.757394	0.179686	0.362	0.326550	0.858904	0.280131	0.437	0.419995	0.941445	0.395405
0.288	0.238394	0.758856	0.180907	0.363	0.327774	0.860204	0.281581	0.438	0.421262	0.942455	0.397020
0.289	0.239548	0.760316	0.182132	0.364	0.328999	0.861504	0.283034	0.439	0.422525	0.943462	0.398637
0.29	0.240703	0.761771	0.183361	0.365	0.330225	0.862804	0.284489	0.44	0.423789	0.944467	0.400255
0.291	0.241859	0.763223	0.184593	0.366	0.331451	0.864104	0.285947	0.441	0.425054	0.945469	0.401875
0.292	0.243016	0.764672	0.185828	0.367	0.332678	0.865404	0.287407	0.442	0.426318	0.946469	0.403497
0.293	0.244175	0.766117	0.187066	0.368	0.333906	0.866704	0.288871	0.443	0.427583	0.947466	0.405120
0.294	0.245334	0.767559	0.188309	0.369	0.335134	0.868004	0.290336	0.444	0.428848	0.948460	0.406745
0.295	0.246495	0.768997	0.189554	0.37	0.336363	0.869304	0.291800	0.445	0.430113	0.949452	0.408372
0.296	0.247657	0.770431	0.190803	0.371	0.337593	0.870604	0.293265	0.446	0.431379	0.950441	0.410000
0.297	0.248820	0.771863	0.192055	0.372	0.338823	0.871904	0.294749	0.447	0.432645	0.951427	0.411630
0.298	0.249984	0.773290	0.193310	0.373	0.340055	0.873204	0.296225	0.448	0.433911	0.952411	0.413261
0.299	0.251149	0.774715	0.194569	0.374	0.341286	0.874504	0.297703	0.449	0.435178	0.953392	0.414895
0.3	0.252316	0.776135	0.195831	0.375	0.342519	0.875804	0.299184	0.45	0.436444	0.954371	0.416530

Hoja 2

Fuente: Normas generales para el diseño de alcantarillados.



Anexo 8. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ESPESURA CON LA PROFUNDIDAD

31

d/D	s/A	v/V	q/Q	d/D	s/A	v/V	q/Q	d/D	s/A	v/V	q/Q
0.451	0.437711	0.955346	0.418166	0.526	0.533089	1.021231	0.544402	0.601	0.627717	1.073021	0.673554
0.452	0.438979	0.956320	0.419804	0.527	0.534361	1.022003	0.546118	0.602	0.628964	1.073617	0.675267
0.453	0.440246	0.957290	0.421443	0.528	0.535632	1.022783	0.547836	0.603	0.630210	1.074211	0.676979
0.454	0.441514	0.958258	0.423084	0.529	0.536903	1.023561	0.549553	0.604	0.631456	1.074803	0.678691
0.455	0.442782	0.959224	0.424727	0.53	0.538174	1.024336	0.551271	0.605	0.632701	1.075392	0.680401
0.456	0.444050	0.960187	0.426371	0.531	0.539445	1.025108	0.552990	0.606	0.633945	1.075978	0.682112
0.457	0.445318	0.961147	0.428016	0.532	0.540716	1.025878	0.554709	0.607	0.635190	1.076562	0.683821
0.458	0.446587	0.962104	0.429663	0.533	0.541986	1.026646	0.556428	0.608	0.636433	1.077144	0.685530
0.459	0.447856	0.963059	0.431312	0.534	0.543257	1.027411	0.558148	0.609	0.637676	1.077723	0.687234
0.46	0.449125	0.964012	0.432962	0.535	0.544527	1.028173	0.559868	0.61	0.638918	1.078300	0.688945
0.461	0.450394	0.964962	0.434613	0.536	0.545797	1.028933	0.561589	0.611	0.640160	1.078874	0.690652
0.462	0.451664	0.965909	0.436266	0.537	0.547067	1.029691	0.563310	0.612	0.641401	1.079445	0.692357
0.463	0.452933	0.966853	0.437920	0.538	0.548336	1.030446	0.565031	0.613	0.642642	1.080014	0.694062
0.464	0.454203	0.967795	0.439576	0.539	0.549606	1.031198	0.566753	0.614	0.643882	1.080581	0.695766
0.465	0.455473	0.968735	0.441233	0.54	0.550875	1.031949	0.568475	0.615	0.645121	1.081145	0.697469
0.466	0.456743	0.969672	0.442891	0.541	0.552144	1.032698	0.570197	0.616	0.646360	1.081706	0.699172
0.467	0.458014	0.970606	0.444551	0.542	0.553413	1.033441	0.571920	0.617	0.647599	1.082268	0.700874
0.468	0.459284	0.971538	0.446212	0.543	0.554682	1.034184	0.573643	0.618	0.648838	1.082832	0.702574
0.469	0.460555	0.972467	0.447874	0.544	0.555950	1.034924	0.575366	0.619	0.650073	1.083376	0.704273
0.47	0.461826	0.973393	0.449538	0.545	0.557218	1.035662	0.577090	0.62	0.651309	1.083927	0.705972
0.471	0.463097	0.974317	0.451203	0.546	0.558486	1.036397	0.578814	0.621	0.652545	1.084476	0.707669
0.472	0.464368	0.975238	0.452869	0.547	0.559754	1.037130	0.580538	0.622	0.653780	1.085023	0.709366
0.473	0.465639	0.976157	0.454537	0.548	0.561021	1.037860	0.582262	0.623	0.655014	1.085567	0.711062
0.474	0.466911	0.977074	0.456206	0.549	0.562289	1.038588	0.583986	0.624	0.656248	1.086108	0.712757
0.475	0.468182	0.977987	0.457876	0.55	0.563556	1.039313	0.585711	0.625	0.657481	1.086647	0.714450
0.476	0.469454	0.978898	0.459548	0.551	0.564822	1.040036	0.587436	0.626	0.658714	1.087184	0.716143
0.477	0.470726	0.979807	0.461220	0.552	0.566089	1.040756	0.589161	0.627	0.659945	1.087718	0.717834
0.478	0.471998	0.980713	0.462894	0.553	0.567355	1.041474	0.590886	0.628	0.661177	1.088249	0.719525
0.479	0.473270	0.981616	0.464569	0.554	0.568621	1.042191	0.592611	0.629	0.662407	1.088778	0.721214
0.48	0.474542	0.982517	0.466246	0.555	0.569887	1.042903	0.594336	0.63	0.663637	1.089305	0.722903
0.481	0.475814	0.983415	0.467923	0.556	0.571152	1.043613	0.596062	0.631	0.664866	1.089829	0.724590
0.482	0.477087	0.984311	0.469602	0.557	0.572417	1.044321	0.597787	0.632	0.666094	1.090350	0.726276
0.483	0.478359	0.985206	0.471281	0.558	0.573682	1.045027	0.599513	0.633	0.667322	1.090869	0.727961
0.484	0.479632	0.986095	0.472962	0.559	0.574946	1.045730	0.601239	0.634	0.668549	1.091385	0.729645
0.485	0.480904	0.986983	0.474644	0.56	0.576211	1.046430	0.602964	0.635	0.669775	1.091899	0.731327
0.486	0.482177	0.987869	0.476327	0.561	0.577475	1.047128	0.604690	0.636	0.671001	1.092410	0.733008
0.487	0.483450	0.988752	0.478012	0.562	0.578738	1.047824	0.606416	0.637	0.672226	1.092919	0.734688
0.488	0.484723	0.989632	0.479697	0.563	0.580001	1.048517	0.608141	0.638	0.673450	1.093425	0.736367
0.489	0.485995	0.990510	0.481383	0.564	0.581264	1.049208	0.609867	0.639	0.674674	1.093929	0.738045
0.49	0.487268	0.991385	0.483071	0.565	0.582527	1.049896	0.611593	0.64	0.675896	1.094430	0.739721
0.491	0.488541	0.992258	0.484759	0.566	0.583789	1.050582	0.613318	0.641	0.677118	1.094928	0.741396
0.492	0.489815	0.993129	0.486449	0.567	0.585051	1.051265	0.615044	0.642	0.678339	1.095424	0.743069
0.493	0.491088	0.993996	0.488139	0.568	0.586313	1.051946	0.616769	0.643	0.679559	1.095918	0.744742
0.494	0.492361	0.994862	0.489831	0.569	0.587574	1.052624	0.618494	0.644	0.680779	1.096409	0.746413
0.495	0.493634	0.995724	0.491523	0.57	0.588835	1.053300	0.620219	0.645	0.681998	1.096897	0.748082
0.496	0.494907	0.996585	0.493217	0.571	0.590095	1.053973	0.621944	0.646	0.683216	1.097383	0.749750
0.497	0.496180	0.997442	0.494911	0.572	0.591355	1.054644	0.623669	0.647	0.684434	1.097866	0.751417
0.498	0.497454	0.998297	0.496607	0.573	0.592615	1.055312	0.625394	0.648	0.685650	1.098347	0.753082
0.499	0.498727	0.999150	0.498303	0.574	0.593875	1.055978	0.627119	0.649	0.686866	1.098825	0.754746
0.5	0.500000	1.000000	0.500000	0.575	0.595134	1.056642	0.628843	0.65	0.688081	1.099301	0.756408
0.501	0.501273	1.000848	0.501698	0.576	0.596392	1.057302	0.630567	0.651	0.689295	1.099774	0.758069
0.502	0.502546	1.001693	0.503397	0.577	0.597651	1.057957	0.632291	0.652	0.690509	1.100245	0.759729
0.503	0.503820	1.002535	0.505097	0.578	0.598908	1.058611	0.634015	0.653	0.691721	1.100713	0.761387
0.504	0.505093	1.003375	0.506798	0.579	0.600166	1.059271	0.635738	0.654	0.692933	1.101178	0.763043
0.505	0.506366	1.004213	0.508499	0.58	0.601423	1.059922	0.637461	0.655	0.694144	1.101641	0.764698
0.506	0.507639	1.005049	0.510202	0.581	0.602680	1.060570	0.639184	0.656	0.695354	1.102101	0.766351
0.507	0.508912	1.005884	0.511905	0.582	0.603936	1.061216	0.640906	0.657	0.696563	1.102559	0.768002
0.508	0.510185	1.006719	0.513609	0.583	0.605192	1.061860	0.642629	0.658	0.697772	1.103014	0.769652
0.509	0.511458	1.007553	0.515314	0.584	0.606447	1.062501	0.644350	0.659	0.698979	1.103467	0.771301
0.51	0.512732	1.008386	0.517019	0.585	0.607702	1.063140	0.646072	0.66	0.700186	1.103917	0.772947
0.511	0.514005	1.009218	0.518726	0.586	0.608956	1.063776	0.647793	0.661	0.701392	1.104364	0.774592
0.512	0.515277	1.010050	0.520433	0.587	0.610210	1.064410	0.649514	0.662	0.702597	1.104809	0.776236
0.513	0.516550	1.010882	0.522140	0.588	0.611464	1.065041	0.651234	0.663	0.703801	1.105251	0.777877
0.514	0.517823	1.011713	0.523849	0.589	0.612717	1.065670	0.652954	0.664	0.705004	1.105691	0.779517
0.515	0.519096	1.012549	0.525558	0.59	0.613970	1.066296	0.654673	0.665	0.706207	1.106138	0.781155
0.516	0.520368	1.013389	0.527268	0.591	0.615222	1.066920	0.656392	0.666	0.707408	1.106583	0.782791
0.517	0.521641	1.014229	0.528979	0.592	0.616474	1.067541	0.658111	0.667	0.708609	1.107028	0.784426
0.518	0.522914	1.015069	0.530690	0.593	0.617725	1.068160	0.659829	0.668	0.709808	1.107474	0.786059
0.519	0.524186	1.015914	0.532402	0.594	0.618976	1.068776	0.661546	0.669	0.711007	1.107915	0.787690
0.52	0.525458	1.016754	0.534114	0.595	0.620226	1.069390	0.663263	0.67	0.712205	1.108351	0.789319
0.521	0.526730	1.017593	0.535828	0.596	0.621476	1.070001	0.664979	0.671	0.713402	1.108786	0.790946
0.522	0.528002	1.018433	0.537541	0.597	0.622725	1.070610	0.666696	0.672	0.714598	1.109215	0.792571
0.523	0.529274	1.019272	0.539256	0.598	0.623974	1.071217	0.668411	0.673	0.715793	1.109645	0.794195
0.524	0.530546	1.020111	0.540970	0.599	0.625222	1.071821	0.670126	0.674	0.716987	1.110074	0.795816
0.525	0.531818	1.020950	0.542686	0.6	0.626470	1.072422	0.671840	0.675	0.718180	1.110503	0.797436

Fuente: Normas generales para el diseño de alcantarillados.

## Anexo 9. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

32 ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCIÓN TRANSVERSAL CIRCULAR  
(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	v/A	v/V	v/Q	d/D	v/A	v/V	v/Q	d/D	v/A	v/V	v/Q
0.576	0.719372	1.110765	0.799054	0.751	0.805601	1.133674	0.913289	0.826	0.883429	1.139713	1.006856
0.677	0.720564	1.111171	0.800649	0.752	0.806201	1.133872	0.914696	0.827	0.884393	1.139663	1.007910
0.678	0.721754	1.111574	0.802283	0.753	0.807400	1.134067	0.916100	0.828	0.885355	1.139609	1.008959
0.679	0.722943	1.111974	0.803895	0.754	0.808499	1.134259	0.917500	0.829	0.886315	1.139551	1.010002
0.68	0.724132	1.112372	0.805504	0.755	0.809994	1.134448	0.918896	0.83	0.887273	1.139489	1.011038
0.681	0.725319	1.112768	0.807112	0.756	0.811088	1.134634	0.920288	0.831	0.888228	1.139424	1.012069
0.682	0.726506	1.113160	0.808717	0.757	0.812191	1.134817	0.921677	0.832	0.889182	1.139355	1.013093
0.683	0.727691	1.113550	0.810321	0.758	0.813272	1.134998	0.923062	0.833	0.890132	1.139282	1.014112
0.684	0.728875	1.113938	0.811922	0.759	0.814362	1.135175	0.924443	0.834	0.891081	1.139204	1.015124
0.685	0.730059	1.114323	0.813521	0.76	0.815451	1.135349	0.925821	0.835	0.892028	1.139124	1.016130
0.686	0.731242	1.114705	0.815118	0.761	0.816537	1.135520	0.927194	0.836	0.892972	1.139039	1.017129
0.687	0.732422	1.115084	0.816713	0.762	0.817623	1.135688	0.928564	0.837	0.893913	1.138950	1.018122
0.688	0.733603	1.115461	0.818305	0.763	0.818706	1.135853	0.929930	0.838	0.894853	1.138857	1.019109
0.689	0.734782	1.115835	0.819894	0.764	0.819788	1.136015	0.931292	0.839	0.895790	1.138760	1.020090
0.69	0.735960	1.116207	0.821484	0.765	0.820869	1.136174	0.932650	0.84	0.896725	1.138659	1.021064
0.691	0.737138	1.116575	0.823070	0.766	0.821948	1.136329	0.934003	0.841	0.897657	1.138555	1.022031
0.692	0.738314	1.116942	0.824653	0.767	0.823025	1.136482	0.935353	0.842	0.898587	1.138448	1.022992
0.693	0.739489	1.117305	0.826235	0.768	0.824101	1.136632	0.936699	0.843	0.899515	1.138333	1.023947
0.694	0.740663	1.117666	0.827814	0.769	0.825175	1.136778	0.938041	0.844	0.900440	1.138216	1.024895
0.695	0.741836	1.118024	0.829390	0.77	0.826247	1.136922	0.939379	0.845	0.901363	1.138095	1.025836
0.696	0.743008	1.118380	0.830964	0.771	0.827318	1.137062	0.940712	0.846	0.902283	1.137970	1.026770
0.697	0.744178	1.118732	0.832536	0.772	0.828387	1.137199	0.942042	0.847	0.903201	1.137840	1.027698
0.698	0.745348	1.119082	0.834106	0.773	0.829455	1.137334	0.943367	0.848	0.904116	1.137707	1.028619
0.699	0.746517	1.119430	0.835673	0.774	0.830521	1.137465	0.944688	0.849	0.905029	1.137569	1.029533
0.7	0.747684	1.119774	0.837238	0.775	0.831585	1.137592	0.946005	0.85	0.905940	1.137427	1.030440
0.701	0.748851	1.120116	0.838800	0.776	0.832647	1.137719	0.947317	0.851	0.906858	1.137281	1.031341
0.702	0.750016	1.120456	0.840360	0.777	0.833708	1.137839	0.948626	0.852	0.907773	1.137130	1.032234
0.703	0.751180	1.120792	0.841917	0.778	0.834767	1.137957	0.949930	0.853	0.908686	1.136976	1.033120
0.704	0.752343	1.121126	0.843471	0.779	0.835825	1.138072	0.951229	0.854	0.909595	1.136817	1.033999
0.705	0.753505	1.121457	0.845024	0.78	0.836881	1.138184	0.952524	0.855	0.910455	1.136653	1.034871
0.706	0.754666	1.121786	0.846573	0.781	0.837935	1.138293	0.953815	0.856	0.911350	1.136486	1.035736
0.707	0.755825	1.122111	0.848120	0.782	0.838987	1.138399	0.955102	0.857	0.912243	1.136313	1.036594
0.708	0.756984	1.122434	0.849664	0.783	0.840037	1.138501	0.956384	0.858	0.913133	1.136137	1.037444
0.709	0.758141	1.122755	0.851206	0.784	0.841086	1.138607	0.957661	0.859	0.914020	1.135956	1.038287
0.71	0.759297	1.123072	0.852745	0.785	0.842133	1.138709	0.958936	0.86	0.914905	1.135770	1.039122
0.711	0.760452	1.123387	0.854282	0.786	0.843179	1.138809	0.960203	0.861	0.915788	1.135586	1.040071
0.712	0.761606	1.123699	0.855815	0.787	0.844222	1.138907	0.961466	0.862	0.916667	1.135393	1.041004
0.713	0.762758	1.124008	0.857346	0.788	0.845264	1.139004	0.962726	0.863	0.917544	1.135197	1.041934
0.714	0.763909	1.124315	0.858875	0.789	0.846304	1.139098	0.963980	0.864	0.918418	1.134999	1.042854
0.715	0.765060	1.124618	0.860400	0.79	0.847342	1.139189	0.965230	0.865	0.919295	1.134797	1.043770
0.716	0.766208	1.124919	0.861923	0.791	0.848378	1.139276	0.966476	0.866	0.920165	1.134592	1.044681
0.717	0.767356	1.125218	0.863443	0.792	0.849413	1.139357	0.967716	0.867	0.921025	1.134386	1.045587
0.718	0.768503	1.125513	0.864960	0.793	0.850445	1.139434	0.968952	0.868	0.921884	1.134178	1.046486
0.719	0.769648	1.125806	0.866474	0.794	0.851476	1.139508	0.970183	0.869	0.922744	1.133966	1.047380
0.72	0.770792	1.126096	0.867985	0.795	0.852505	1.139576	0.971409	0.87	0.923607	1.133750	1.048269
0.721	0.771935	1.126383	0.869494	0.796	0.853532	1.139646	0.972631	0.871	0.924462	1.133532	1.049154
0.722	0.773076	1.126667	0.870999	0.797	0.854557	1.139709	0.973847	0.872	0.925314	1.133311	1.050034
0.723	0.774216	1.126948	0.872502	0.798	0.855581	1.139765	0.975059	0.873	0.926163	1.133086	1.050907
0.724	0.775355	1.127227	0.874002	0.799	0.856602	1.139816	0.976265	0.874	0.927010	1.132858	1.051774
0.725	0.776493	1.127503	0.875498	0.8	0.857622	1.139864	0.977467	0.875	0.927855	1.132627	1.052634
0.726	0.777629	1.127776	0.876992	0.801	0.858639	1.139909	0.978664	0.876	0.928694	1.132393	1.053488
0.727	0.778764	1.128046	0.878482	0.802	0.859655	1.139951	0.979855	0.877	0.929532	1.132156	1.054337
0.728	0.779898	1.128314	0.879970	0.803	0.860669	1.139989	0.981042	0.878	0.930367	1.131916	1.055181
0.729	0.781031	1.128579	0.881453	0.804	0.861680	1.139999	0.982223	0.879	0.931199	1.131673	1.056020
0.73	0.782162	1.128840	0.882936	0.805	0.862690	1.139999	0.983399	0.88	0.932028	1.131427	1.056854
0.731	0.783292	1.129099	0.884414	0.806	0.863698	1.139970	0.984571	0.881	0.932854	1.131177	1.057683
0.732	0.784420	1.129355	0.885889	0.807	0.864704	1.139970	0.985737	0.882	0.933677	1.130924	1.058507
0.733	0.785546	1.129609	0.887361	0.808	0.865708	1.139988	0.986897	0.883	0.934497	1.130667	1.059326
0.734	0.786672	1.129859	0.888830	0.809	0.866710	1.140004	0.988053	0.884	0.935314	1.130407	1.060141
0.735	0.787798	1.130107	0.890296	0.81	0.867710	1.140015	0.989203	0.885	0.936127	1.130144	1.060951
0.736	0.788921	1.130351	0.891758	0.811	0.868708	1.140023	0.990348	0.886	0.936938	1.129878	1.061756
0.737	0.790043	1.130593	0.893217	0.812	0.869704	1.140028	0.991487	0.887	0.937746	1.129608	1.062556
0.738	0.791163	1.130832	0.894673	0.813	0.870698	1.140029	0.992621	0.888	0.938551	1.129332	1.063351
0.739	0.792282	1.131068	0.896125	0.814	0.871690	1.140027	0.993750	0.889	0.939352	1.129053	1.064141
0.74	0.793400	1.131301	0.897575	0.815	0.872680	1.140021	0.994873	0.89	0.940151	1.128771	1.064926
0.741	0.794516	1.131532	0.899020	0.816	0.873668	1.140011	0.995991	0.891	0.940946	1.128486	1.065706
0.742	0.795631	1.131759	0.900466	0.817	0.874653	1.139994	0.997103	0.892	0.941738	1.128198	1.066481
0.743	0.796745	1.131983	0.901902	0.818	0.875637	1.139981	0.998209	0.893	0.942527	1.127907	1.067251
0.744	0.797857	1.132205	0.903337	0.819	0.876618	1.139966	0.999309	0.894	0.943312	1.127613	1.068016
0.745	0.798967	1.132424	0.904770	0.82	0.877598	1.139956	1.000405	0.895	0.944094	1.127316	1.068776
0.746	0.800077	1.132639	0.906194	0.821	0.878575	1.139950	1.001495	0.896	0.944873	1.127016	1.069531
0.747	0.801184	1.132852	0.907623	0.822	0.879550	1.139977	1.002579	0.897	0.945649	1.126713	1.070281
0.748	0.802291	1.133062	0.909045	0.823	0.880523	1.139984	1.003657	0.898	0.946421	1.126407	1.071026
0.749	0.803395	1.133269	0.910463	0.824	0.881494	1.139902	1.004729	0.899	0.947190	1.126098	1.071766
0.75	0.804499	1.133473	0.911878	0.825	0.882463	1.139760	1.005795	0.9	0.947956	1.125784	1.072501

Fuente: Normas generales para el diseño de alcantarillados.

## Anexo 10. Coeficientes de sitio Fa, Fv

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.2	1.0	0.9	0.9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5
E	3.2	2.8	2.6	2.4	2.4
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: Norma de seguridad estructural. AGIES NSE 2-10. p. 15.

## Anexo 11. Factores Na, Nv (períodos cortos y largos de vibración)

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica (Nota 1)		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.25	1.12	1.0
B	1.12	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Nota 1: tomar la distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km  
 Nota 2: utilizar el factor  $N_a$  que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica (Nota 1)			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.4	1.2	1.1	1.0
B	1.2	1.1	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Nota 1: tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km  
 Nota 2: utilizar el factor  $N_v$  que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes

Fuente: Norma de seguridad estructural. AGIES NSE 2-10. p. 25.

## Anexo 12. Fe de erratas código AGIES



### FE DE ERRATAS

#### Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala.

Edición "beta" del 11 de junio de 2013

#### Errores de texto encontrados hasta el 11 de junio de 2013

##### NSE1-10

- Sección 3.1.5 Dice como título "Obras importantes". Debe decir "Obras importantes y especiales"
- Sección 3.1.5.2 dice "Instalaciones de salud públicos y privados". Debe decir "Instalaciones de salud públicas y privadas".
- Sección 5.2.3 inciso e) dice "Cargas vivas y de acabados utilizadas en el cálculo estructural". Debe decir "Cargas vivas y cargas muertas superpuestas utilizadas en el cálculo estructural".

##### NSE2-10

- Sección 4.3.3.4 dice  $T_x = \frac{S_{iv}}{S_{ca}}$ . Debe decir  $T_x = \frac{S_{id}}{S_{ca}}$ .
- Sección 3.4, tabla 3-1 carga viva para balcones de vivienda en la columna Wv dice "500", debe decir "300".
- Sección 8.2.2 dice "Excepto que para diseñar muro y columnas, la ecuación CR5 puede limitarse a". Debe decir "Excepto que para diseñar muros, columnas y cimientos, la ecuación CR5 puede limitarse a".
- Sección 9.2.4 inciso 3) dice "No se podrán aplicar estas reducciones a los cimientos de sistemas estructurales de péndulo invertido (sistema E5, norma NSE3)". Debe decir "No se podrán aplicar estas reducciones a los cimientos de sistemas estructurales de columnas voladizas o péndulo invertido (sistema E5, norma NSE3)".
- Anexo A, No. 42 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 118 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 134 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 166 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".

Fuente: AGIES NSE 2010. *Fe de erratas*. p. 2.

