



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y  
ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZAT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA**

**Oscar Antonio Reyes Alvajara**

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y  
ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZAT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA**  
ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

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	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
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 ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y  
ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZAT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 13 de noviembre de 2013.



**Oscar Antonio Reyes Alvajara**





Guatemala, 05 de agosto de 2015  
Ref.EPS.DOC.510.08.15

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.


Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Oscar Antonio Reyes Alvajara** con carné No. **200915188**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZAT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA.**

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"

  
Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
CDRSdP/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,  
04 de septiembre de 2015

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

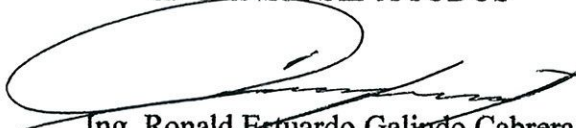
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZAT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Oscar Antonio Reyes Alvajara, con Carnet No.200915188, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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

/mrtm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,  
04 de noviembre de 2015

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 ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZAT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Oscar Antonio Reyes Alvajara, con Carnet No.200915188, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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 ENSEÑAR A TODOS

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

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua







Guatemala, 19 de enero de 2016  
Ref.EPS.D.21.01.16

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

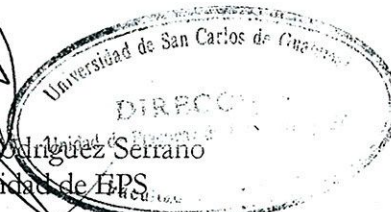
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZAT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Oscar Antonio Reyes Alvajara, carné 200915188**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

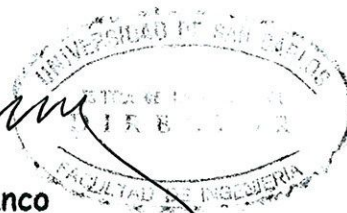
<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Oscar Antonio Reyes Alvajara, titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZUT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Ref. DTG.139.2016

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 ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA MAZAT-AHUI, MASAGUA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar Antonio Reyes Alvajara**, y después 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, abril de 2016

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por todas sus bendiciones.
<b>Mis padres</b>	Gelda Liliana Alvajara Flores y Oscar Walterio Reyes Arévalo, por el esfuerzo que realizan día con día, para que yo sea un hombre de bien.
<b>Mi hermana</b>	Liliana Michelle Reyes, para que no desmaye en su afán de lograr las metas y este logro que hoy alcanzo, sea ejemplo firme de perseverancia.
<b>Mis abuelos</b>	Jorge Alvajara, Mageyda Flores, Elvia Arévalo y José Antonio Reyes, por su inmenso amor y nunca perder la fe en mí.
<b>Mis tíos</b>	Porque siempre me apoyaron y nunca dejaron que me rindiera.
<b>Mis primos</b>	Que este logro que hoy alcanzo sea un ejemplo para sus vidas.
<b>Mis sobrinos</b>	Juan Diego López e Ian Carrillo, con todo mi amor. Porque desde su llegada, sin saberlo, me han ayudado a crecer como persona.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme llegar a este día tan importante sano y salvo y por todas las bendiciones que recibo.
<b>Mi madre</b>	Por su amor incondicional, por apoyarme en todo lo que hago y porque siempre me ha enseñado a luchar por lo que uno quiere y mantenerme firme en mis valores. Infinitas gracias.
<b>Mi hermana</b>	Michelle Reyes, gracias por tu amor y amistad, porque siempre me apoyaste y nunca me dejaste solo cuando más lo necesito.
<b>Mis abuelos</b>	Por su todo amor, sus consejos invaluable y por todo el apoyo que me han brindado.
<b>Mi familia</b>	A todos, por el cariño que siempre me demuestran.
<b>Familia Pérez Reyes</b>	Gracias chicas por toda la ayuda que me brindaron durante mi estudio y por el cariño que me demuestran.
<b>Mis amigos</b>	Por todo su apoyo y por las experiencias inolvidables que hemos compartido.



**Inga. Christa Classon**

Por su orientación durante la elaboración de este trabajo de graduación.

**Municipalidad de  
Masagua Escuintla**

Por permitir la realización de mi trabajo de graduación, especialmente a los compañeros de la oficina Dirección Municipal de Planificación.

**Mi casa de estudios**

Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería, por permitirme optar a este título.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN .....	XXIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Diagnóstico sobre la condición de la cabecera municipal de Masagua, Escuintla .....	1
1.1.1. Historia .....	1
1.1.2. Ubicación .....	2
1.1.3. Clima .....	3
1.1.4. Hidrografía y orografía .....	4
1.1.5. Aspectos económicos.....	4
1.1.6. Población .....	4
1.1.7. Costumbres y tradiciones .....	5
1.1.8. Servicios existentes .....	5
1.1.9. Aspectos estructurales .....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	7
2.1. Diseño de la escuela del microparciamiento La Aurora.....	7
2.1.1. Diseño de escuela de microparciamiento La Aurora.....	7
2.1.1.1. Descripción del proyecto .....	7

	2.1.1.2.	Antecedentes .....	8
2.1.2.		Investigación de campo.....	8
	2.1.2.1.	Ubicación y situación legal del terreno.....	8
	2.1.2.2.	Topografía del terreno.....	9
	2.1.2.3.	Estudio de suelos .....	9
	2.1.2.4.	Resultados de ensayos .....	9
	2.1.2.5.	Determinación del valor soporte del suelo.....	10
2.1.3.		Parámetros de diseño .....	12
	2.1.3.1.	Criterios arquitectónicos .....	12
	2.1.3.2.	Criterios generales .....	13
	2.1.3.3.	Criterios estructurales .....	14
2.1.4.		Parámetros de diseño sísmico .....	14
	2.1.4.1.	Cargas muertas.....	14
	2.1.4.2.	Cargas vivas.....	15
	2.1.4.3.	Sistema estructural.....	15
2.1.5.		Análisis estructural .....	16
	2.1.5.1.	Predimensionamiento estructural .....	17
	2.1.5.2.	Integración de cargas gravitaciones.....	21
	2.1.5.3.	Determinación de la fuerza horizontal equivalente .....	28
	2.1.5.4.	Cálculo del peso total de la estructura .....	29
	2.1.5.5.	Cálculo del corte basal .....	31
	2.1.5.6.	Distribución del corte basal .....	37
	2.1.5.7.	Análisis de cargas gravitacionales por el método de Kani .....	47

2.1.5.8.	Análisis de cargas laterales por el método de Kani.....	57
2.1.5.9.	Análisis estructural realizado con asistencia de computador a través de ETABS 2015® .....	59
2.1.5.10.	Diagramas de fuerza cortante y momento flector .....	59
2.1.5.11.	Confrontación de resultados entre ambos métodos .....	61
2.1.6.	Diseño estructural.....	62
2.1.6.1.	Curva envolvente de momentos .....	63
2.1.6.2.	Losas .....	68
2.1.6.2.1.	Balance de momentos (MB).....	72
2.1.6.2.2.	Armado de losas.....	76
2.1.6.3.	Vigas.....	79
2.1.6.3.1.	Diseño a flexión .....	81
2.1.6.3.2.	Diseño a cortante .....	85
2.1.6.4.	Columnas.....	88
2.1.6.5.	Diseño de conexión viga-columna (nudos) .....	100
2.1.6.6.	Módulo de gradas .....	109
2.1.6.7.	Cimentaciones .....	116
2.1.6.7.1.	Zapata concéntrica .....	117
2.1.6.7.2.	Zapatas excéntricas ...	125
2.1.6.7.3.	Zapatas combinadas ..	133
2.1.6.8.	Cimiento corrido.....	144
2.1.7.	Instalaciones del edificio .....	145
2.1.7.1.	Instalación eléctrica .....	145

2.1.7.2.	Instalación hidráulica .....	151
2.1.7.3.	Instalación sanitaria 1 .....	155
2.1.7.4.	Instalación sanitaria 2.....	157
2.1.7.5.	Instalación pluvial .....	158
2.1.8.	Presupuesto .....	160
2.1.9.	Cronograma de ejecución .....	163
2.1.10.	Estudio de impacto ambiental .....	165
2.2.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de colonia Mazat-Ahui .....	166
2.2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario.....	166
2.2.1.1.	Descripción del proyecto .....	167
2.2.2.	Normas a utilizar .....	167
2.2.3.	Levantamiento topográfico .....	168
2.2.4.	Partes de un alcantarillado .....	168
2.2.4.1.	Colector .....	169
2.2.4.2.	Pozos de visita .....	169
2.2.4.3.	Conexiones domiciliarias.....	170
2.2.4.3.1.	Caja o candela .....	170
2.2.4.3.2.	Tubería secundaria .....	170
2.2.5.	Diseño del sistema .....	171
2.2.5.1.	Período de diseño .....	171
2.2.5.2.	Población futura .....	171
2.2.5.3.	Determinación de caudales .....	172
2.2.5.3.1.	Dotación de agua potable .....	172
2.2.5.3.2.	Factor de retorno al sistema.....	173
2.2.5.3.3.	Caudal sanitario .....	173
2.2.5.3.4.	Caudal domiciliar.....	174

	2.2.5.3.5.	Caudal industrial.....	174
	2.2.5.3.6.	Caudal comercial.....	175
	2.2.5.3.7.	Caudal por conexiones ilícitas .....	175
	2.2.5.3.8.	Caudal por infiltración.	176
	2.2.5.3.9.	Factor de caudal medio.....	176
	2.2.5.3.10.	Factor de Harmon.....	177
	2.2.5.3.11.	Caudal de diseño.....	177
2.2.5.4.		Fundamentos hidráulicos.....	178
	2.2.5.4.1.	Ecuación de Manning para flujos en canales.	178
	2.2.5.4.2.	Relación de diámetros y caudales .....	179
	2.2.5.4.3.	Relaciones hidráulicas	179
2.2.5.5.		Parámetros de diseño hidráulico .....	180
	2.2.5.5.1.	Coefficiente de rugosidad.....	180
	2.2.5.5.2.	Sección llena y parcialmente llena .....	181
	2.2.5.5.3.	Velocidades máximas y mínimas .....	181
	2.2.5.5.4.	Diámetro del colector..	182
	2.2.5.5.5.	Ancho de zanja.....	182
	2.2.5.5.6.	Cotas invert .....	183
	2.2.5.5.7.	Profundidad del colector .....	184
	2.2.5.5.8.	Volumen de excavación.....	184

	2.2.5.5.9.	Pozos de visita .....	185
	2.2.5.5.10.	Conexiones domiciliares .....	186
	2.2.5.5.11.	Procedimiento del diseño de la red de alcantarillado sanitario	187
2.2.6.		Desfogue .....	191
	2.2.6.1.	Propuesta de tratamiento .....	191
	2.2.6.1.1.	Diseño de fosas sépticas .....	192
	2.2.6.1.2.	Dimensionamiento de los pozos de absorción.....	194
2.2.7.		Planos finales del sistema de alcantarillado sanitario.....	195
2.2.8.		Presupuesto .....	196
2.2.9.		Evaluación de impacto ambiental.....	197
2.2.10.		Evaluación socioeconómica .....	198
	2.2.10.1.	Valor presente neto (VPN) .....	198
	2.2.10.2.	Tasa interna de retorno (TIR) .....	199
2.2.11.		Cronograma de ejecución .....	199
CONCLUSIONES.....			201
RECOMENDACIONES .....			203
BIBLIOGRAFÍA.....			205
APÉNDICE .....			207
ANEXOS.....			215

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación cabecera municipal de Masagua .....	2
2.	Distribución de cargas gravitacionales marco H (eje Y) .....	27
3.	Distribución de cargas gravitacionales marco 8,1 (eje X).....	28
4.	Distribución de fuerzas horizontales marco H (eje Y).....	39
5.	Distribución de fuerzas horizontales marco 8,1 (eje X) .....	40
6.	Nomenclatura de nodos para el desarrollo del método de Kani .....	50
7.	Diagrama de momentos de carga muerta marco H (tf-m) .....	60
8.	Diagrama de momentos de carga muerta marco H (tf-m) .....	61
9.	Diagrama de momentos últimos para vigas marco 8,1 (t) .....	64
10.	Diagrama de momentos últimos para columnas marco 8,1 (t) .....	65
11.	Diagrama de momentos últimos para vigas marco H (t) .....	65
12.	Diagrama de momentos últimos para columnas marco H (t) .....	66
13.	Diagrama de corte último para vigas marco H (t) .....	66
14.	Diagrama de corte último para vigas marco 8,1 (t).....	67
15.	Diagrama de corte último para columnas marco H (t) .....	67
16.	Diagrama de corte último para columnas marco 8,1 (t).....	68
17.	Planta típica distribución de losas .....	69
18.	Momentos balanceados primer nivel eje Y (kg-m) .....	75
19.	Momentos balanceados primer nivel eje X (kg-m) .....	75
20.	Momentos últimos viga 9-8,1 marco H (t-m) .....	80
21.	Momentos últimos viga F-G marco 8,1 (t-m) .....	81
22.	Diagrama de interacción columna 8,1-H nivel 2.....	96
23.	Sección típica de columna .....	100



24.	Conexión viga-columna a analizar (nudo 8,1-H) .....	101
25.	Diagrama de fuerzas actuantes en nudo sentido Y-Y' .....	102
26.	Diagrama de fuerzas actuantes en nudo sentido X-X' .....	105
27.	Planta del módulo de gradas .....	112
28.	Diagrama de momentos en gradas .....	114
29.	Elevación de módulo de gradas .....	116
30.	Corte simple en zapata .....	121
31.	Corte punzante en zapata .....	122
32.	Detalle armado zapata concéntrica .....	124
33.	Esfuerzos resultantes en el suelo .....	127
34.	Análisis de zapata excéntrica .....	128
35.	Detalle de zapata excéntrica (cotas en metros) .....	133
36.	Zapata combinada, sentido Y .....	134
37.	Presiones en el suelo .....	136
38.	Presiones actuantes sobre el cimiento ( $t/m^2$ ) .....	137
39.	Distribución de la presión última de diseño en zapata combinada ....	138
40.	Diagramas de corte y momento en zapata combinada .....	140
41.	Detalle de zapata combinada .....	143
42.	Detalle de cimiento corrido .....	145
43.	Tipo de iluminación por ambiente .....	148
44.	Ábaco cálculo de diámetro para tubería de agua fría .....	155
45.	Mapa intensidad de lluvia de 5 minutos de duración y periodo de retorno de 10 años .....	160

## TABLAS

I.	Alturas y espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas en una dirección .....	19
II.	Distribución de corte basal ( $V_B$ ) por nivel .....	37
III.	Centro de rigidez sentido X .....	42
IV.	Centro de rigidez sentido Y .....	42
V.	Rigideces por marco y nivel .....	44
VI.	Fuerzas en marco por torsión nivel 1 eje X .....	46
VII.	Fuerzas en marco por torsión nivel 2 eje X .....	46
VIII.	Fuerzas en marco por torsión nivel 1 eje Y .....	46
IX.	Fuerzas en marco por torsión nivel 2 eje Y .....	47
X.	Momentos fijos para carga muerta marco H (eje Y) .....	54
XI.	Momentos positivos en vigas marco H .....	57
XII.	Momentos finales en vigas del marco H .....	58
XIII.	Envolvente de momentos para marco H sobre el eje Y (t-m) .....	64
XIV.	Balance de momentos métodos de rigideces .....	74
XV.	Ancho útil de escalera .....	111
XVI.	Dimensionamiento de huellas y contrahuellas .....	111
XVII.	Integración de cargas verticales .....	118
XVIII.	Carga axial última en zapata concéntrica .....	118
XIX.	Sección de conductores .....	149
XX.	Cantidad de conductores dentro de un tubo .....	150
XXI.	Tablero de circuitos eléctricos para cada nivel .....	150
XXII.	Cantidad de aparatos por usuario para escuelas y colegios elementales .....	152
XXIII.	Demanda de accesorios para el método de Hunter .....	154
XXIV.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje .....	156
XXV.	Diámetro de las derivaciones del colector .....	156

XXVI.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje .....	157
XXVII.	Diámetro de las derivaciones del colector .....	158
XXVIII.	Presupuesto de Escuela La Aurora .....	161
XXIX.	Cronograma de ejecución de la Escuela La Aurora.....	164
XXX.	Estudio de impacto ambiental .....	165
XXXI.	Coeficientes de rugosidad “n” de diversos materiales .....	180
XXXII.	Velocidades permisibles para tubería de diferentes materiales .....	181
XXXIII.	Ancho libre de zanja, según profundidad y diámetro de tubería (cm).....	183
XXXIV.	Presupuesto del alcantarillado colonia Mazat-Ahui.....	196
XXXV.	Estudio de impacto ambiental .....	197
XXXVI.	Cronograma de ejecución alcantarillado sanitario .....	200

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$h_i$	Altura del nivel $i$
$\theta$	Ángulo de fricción interna
$A_{st}$	Área de acero longitudinal en la columna
$A_{smáx}$	Área de acero máxima
$A_{smín}$	Área de acero mínima
$A_s$	Área de acero requerida por el momento
$A_z$	Área de la zapata
$A_p$	Área de punzonamiento
$A_g$	Área gruesa
$A_t$	Área tributaria
$b$	Base de la viga
$q_h$	Capacidad soporte del suelo
$q_u$	Capacidad soporte del suelo
$q_d$	Capacidad soporte del suelo a utilizar para diseño
$P'_o$	Carga axial de resistencia de la columna
$P'_t$	Carga axial de trabajo
$P_n$	Carga axial nominal
$P_u'$	Carga axial última de columna
$P_{cr}$	Carga crítica de pandeo de Euler
$P'_u$	Carga de resistencia de la columna
$P'_t$	Carga de trabajo actuando en la columna
$CM$	Carga muerta
$W_m$	Carga muerta distribuida

<b>CV</b>	Carga viva
<b>Wv</b>	Carga viva distribuida
<b>Q</b>	Caudal
<b>qilic</b>	Caudal de conexiones ilícitas
<b>qd</b>	Caudal de diseño
<b>qinf</b>	Caudal de infiltración
<b>qdom</b>	Caudal domiciliar
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetro cuadrado
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetro cúbico
<b>CG</b>	Centro de gravedad
<b>Cm</b>	Centro de masa
<b>CR</b>	Centro de rigidez
<b>C<sub>u</sub></b>	Coeficiente de cohesión del suelo
<b>Ø</b>	Coeficiente de reducción de resistencia
<b>ψP</b>	Coeficiente promedio que mide el grado de empotramiento a la rotación.
<b>ψB</b>	Coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna, en su extremo inferior.
<b>ψA</b>	Coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna, en su extremo superior.
<b>Ca</b>	Coeficiente sísmico
<b>Ca</b>	Coeficientes de carga en losa para lado corto
<b>Cb</b>	Coeficientes de carga en losa para lado largo
<b>c</b>	Cohesión
<b>Vact</b>	Corte actuante
<b>Vr</b>	Corte máximo resistente
<b>Vu</b>	Corte último
<b>CIE</b>	Cota invert de entrada
<b>CIS</b>	Cota invert de salida

<b>Z</b>	Desplante de zapata
<b>DH</b>	Distancia horizontal
<b>fy</b>	Esfuerzo de fluencia del acero
<b>q<sub>o</sub></b>	Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación
<b>S</b>	Espaciamiento entre estribos
<b>e</b>	Excentricidad
<b>ed</b>	Excentricidad de diseño
<b>N<sub>c</sub></b>	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
<b>N<sub>q</sub></b>	Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
<b>N<sub>y</sub></b>	Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
<b>FCU</b>	Factor de carga última
<b>f<sub>qm</sub></b>	Factor de caudal medio
<b>β<sub>d</sub></b>	Factor de flujo plástico del concreto
<b>Sc</b>	Factor de forma
<b>F.H.</b>	Factor de Harmond
<b>K</b>	Factor de longitud efectiva
<b>FR</b>	Factor de retorno
<b>FS</b>	Factor de seguridad
<b>FM''</b>	Fuerza de torsión
<b>F<sub>m</sub></b>	Fuerza por marco
<b>F<sub>n</sub></b>	Fuerza por nivel
<b>F<sub>ni</sub></b>	Fuerza por nivel, en el nivel i
<b>FM'</b>	Fuerza proporcional a la rigidez
<b>Q</b>	Índice de estabilidad de piso
<b>Q<sub>p</sub></b>	Índice de estabilidad de piso
<b>I o I<sub>g</sub></b>	Inercia de la sección total del concreto respecto al centroide.
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kgf</b>	Kilogramo (fuerza)

$\sigma$	Lado menor para columnas rectangulares (radio de giro).
<b>L</b>	Longitud
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>G</b>	Módulo de elasticidad a corte del concreto
<b>E<sub>c</sub></b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b>M'<sub>t</sub></b>	Momento de trabajo
<b>M<sub>A</sub></b>	Momento mayor en extremo de columna
<b>M<sub>B</sub></b>	Momento menor en extremo de columna
<b>M(-)</b>	Momento negativo (kg-m)
<b>M(+)</b>	Momento positivo (kg-m)
<b>T<sub>o</sub></b>	Momento torsional
<b>M<sub>u</sub></b>	Momento último (kg-m)
<b>t</b>	Peralte de la zapata
<b>d</b>	Peralte efectivo
<b>B<sub>o</sub></b>	Perímetro crítico en zapata
<b>n</b>	Período de diseño (años)
<b>W</b>	Peso
<b>Y<sub>concreto</sub></b>	Peso específico del concreto
<b>Y<sub>s</sub></b>	Peso específico del suelo
<b>P<sub>f</sub></b>	Población futura
<b>P<sub>o</sub></b>	Población inicial
<b>p<sub>bal</sub></b>	Porcentaje de acero en la falla balanceada
<b>p<sub>máx</sub></b>	Porcentaje de acero máximo permitido en un elemento
<b>p<sub>mín</sub></b>	Porcentaje de acero mínimo permitido en un elemento
<b>q<sub>máx</sub></b>	Presión máxima sobre el suelo
<b>q<sub>mín</sub></b>	Presión mínima sobre el suelo

<b>R</b>	Radio
<b>R<sub>h</sub></b>	Radio hidráulico
<b>rec</b>	Recubrimiento
<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>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>k</b>	Rigidez
<b>S<sub>máx</sub></b>	Separación máxima entre estribos
<b>r</b>	Tasa de crecimiento de la población, expresado en porcentaje.
<b>t</b>	Tonelada
<b>tf</b>	Tonelada fuerza
<b>U</b>	Unidad
<b>k'<sub>x</sub>, k'<sub>y</sub></b>	Variables de Bressler
<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





## **GLOSARIO**

<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute).
<b>Agies</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>Aguas negras</b>	Son las aguas resultantes de la actividad doméstica, comercial o industrial.
<b>Alcantarillado</b>	Sistema de tuberías usado para la recolección y transporte de las aguas residuales y pluviales de una población desde el lugar de tratamiento.
<b>Análisis estructural</b>	Consiste en determinar los efectos máximos producidos por las cargas mayoradas sobre los elementos estructurales.
<b>Área de acero mínima</b>	Cantidad de acero, determinada para la sección y límite de fluencia.
<b>ASTM</b>	Sociedad americana para pruebas y materiales (American Society for Testing and Materials).
<b>Axial</b>	Relativo al eje, que forma un eje.

<b>Candela</b>	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce estas mismas, al colector del sistema de alcantarillado.
<b>Carga de sismo</b>	Estas cargas son las que se conocen con el nombre de cargas laterales son puramente dinámicas. Una de las características de estas cargas es que su aplicación es en un corto período de tiempo.
<b>Carga muerta</b>	Comprende todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen la estructura en sí, pisos, vidrieras, rellenos, tabiques fijos y equipo permanente fijo anclado.
<b>Carga viva</b>	Es la carga que deberá soportar la estructura debido al uso u ocupación de la misma.
<b>Caudal</b>	Volumen por unidad de tiempo (por ejemplo $\text{m}^3/\text{s}$ o $\text{l/s}$ ).
<b>Centro de masa</b>	Es el punto en el cual se puede considerar equilibrada toda la masa de un objeto o de un sistema.
<b>Centro de rigidez</b>	Se define como el punto donde la resultante de la fuerza resistente de la edificación actúa.
<b>Centroide</b>	Es la intersección de todos los planos que dividen a un objeto en dos partes de igual volumen, con respecto al plano.

<b>Cimiento corrido</b>	Es el que se construye para soportar un muro.
<b>Colindante</b>	Contiguo, el más próximo.
<b>Columna</b>	Elemento estructural que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión.
<b>Concreto</b>	Es el material utilizado para fundir el refuerzo de la mampostería, logrando que trabaje eficientemente.
<b>Conexión</b>	Tubería que conduce las aguas negras, desde el domiciliar interior de la vivienda hasta la candela.
<b>Corte basal</b>	En cálculo estructural es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación. Esto para simular, sobre un modelo matemático, los efectos del sismo en la estructural.
<b>Cota invert</b>	Es la cota que determina la localización de la parte inferior interior de la tubería.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
<b>Desplante</b>	Profundidad a la base de la zapata.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.

<b>Envolvente de momentos</b>	Representa el efecto de la superposición de las cargas muerta, viva, sismo y más, si existieran.
<b>Esfuerzo</b>	Fuerza por unidad de área.
<b>Estribo</b>	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo de corte.
<b>ETABS</b>	Extended Three-dimensional Analysis of Building Systems (Software ideal para el análisis de diseño de edificios y naves industriales).
<b>Excentricidad</b>	Cuando el centroide de rigidez no coincide con el centroide de masa se produce excentricidad. Esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.
<b>Factor de carga última</b>	Factor de seguridad que incrementa el valor de la carga para cubrir cualquier posible error de análisis, construcción o de los materiales.
<b>Factor de seguridad</b>	Es un número que se asigna al elemento para aumentar su capacidad. Esto para exista un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias.
<b>Fluencia</b>	Sobrepasando el límite de elasticidad, todo aumento de carga produce deformaciones plásticas o

permanentes. Estos no son proporcionales al aumento de carga sino que adoptan valores crecientes para incrementos de cargas iguales.

<b>Fórmula de Manning</b>	Determina la velocidad de un flujo en canal abierto; esta fórmula se relaciona con la rugosidad del material con que está construido el canal, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
<b>Inercia</b>	Es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de reposo o movimiento.
<b>Infom</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>Iteración</b>	Repeticiones de una serie de funciones hasta obtener un dato certero.
<b>Losa</b>	Entrepiso o terraza.
<b>Microparcelamiento</b>	Fracción de una parcela rural.
<b>Momento</b>	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
<b>Momento resistente</b>	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de refuerzo.

<b>Mortero</b>	Es una mezcla con materiales aglomerantes utilizada para unir las unidades de mampostería.
<b>NSE</b>	Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala.
<b>Peralte efectivo</b>	Distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo longitudinal.
<b>Peso específico</b>	Relación entre el peso de una sustancia y su volumen.
<b>Predimensionar</b>	Asignar dimensiones preliminares a los elementos estructurales para luego ser analizados.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro y para iniciar un tramo de tubería.
<b>Punzonamiento</b>	Esfuerzo producido por tracciones en una pieza. Esto debido a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor de su soporte.
<b>Rigidez</b>	Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.

<b>Sedimentación</b>	Proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita.
<b>Simetría</b>	De iguales características o rasgos geométricos.
<b>Sismo</b>	Movimiento telúrico que genera fuerzas sobre la estructura de un edificio. Este debe estar diseñados para soportarlas mismas.
<b>Tensión</b>	Es la fuerza interna aplicada, que actúa por unidad de superficie o área sobre la que se aplica.
<b>Torsión</b>	Respuesta que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo.
<b>Voladizo</b>	Elemento apoyado en solo uno de sus extremos mediante un empotramiento.
<b>Zapata</b>	Elemento estructural que tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo.





## **RESUMEN**

El municipio de Masagua está ubicado en el centro del departamento de Escuintla, a 15 km de la cabecera departamental. Limita al norte con el municipio de Escuintla; al sur con el municipio de San José; al este con los municipios de Guanagazapa e Iztapa; y al oeste con el municipio de La Democracia. Cuenta con una extensión territorial de 448 km<sup>2</sup> y se encuentra, aproximadamente, a una altura de 100 m.s.n.m., por lo que generalmente su clima es cálido. Su geografía es característica de la región sur. Son terrenos planos que en su mayoría son utilizados en la agricultura. La población es ladina y su idioma el español.

Las autoridades municipales y otras entidades han fomentado la participación de la población en la educación, desde el nivel preprimario hasta el diversificado y universitario. Esta situación que ha generado un aumento de la población dentro de las instituciones escolares, mismas que no se dan abasto por tal crecimiento. Por lo que surge la necesidad de ampliar los centros educativos existentes para brindar un mejor servicio educativo a la población. Asimismo, para generar desarrollo educativo en el municipio.

Además del aumento de la población escolar, el municipio de Masagua incrementa su número de habitantes, surgiendo nuevos caseríos y colonias, aledaños al centro municipal. Esto es necesario en la introducción de un sistema de alcantarillado sanitario que funcione adecuadamente y que cubra las necesidades que surgen dentro de la población.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el edificio escolar del microparcelamiento La Aurora y el sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Mazat-ahui, Masagua, Escuintla.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación monográfica y diagnosticar el estado actual de la cabecera del municipio de Masagua, Escuintla.
2. Aplicar las bases y normativas vigentes para el análisis y diseño en el desarrollo de los proyectos propuestos.
3. Proponer el diseño de un nuevo edificio escolar de dos niveles, con la capacidad para toda la población estudiantil y espacios adecuados para el personal docente y administrativo de la escuela.
4. Informar a la población sobre qué son los residuos sólidos, cómo afectan a la comunidad y de qué forma se pueden reducir, para así, mejorar su calidad de vida.



## INTRODUCCIÓN

El municipio de Masagua se encuentra en crecimiento. Por ello las autoridades municipales han desarrollado distintos programas con los que logra elevar el interés de la población por la participación en la educación. Esto provoca un incremento de la población estudiantil en los establecimientos.

La escuela del microparciamiento La Aurora no cuenta con las instalaciones adecuadas para contribuir al desarrollo educativo de los estudiantes. Este número aumenta en dicha comunidad, siendo necesaria una ampliación del mismo, que beneficie a los más de 700 estudiantes de escasos recursos que asisten en las distintas jornadas.

Por el crecimiento de la población, también la colonia Mazat-Ahui, se ha visto afectada. Ya que no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario para evacuar las aguas negras que generan en este sector.

Este informe consta de dos capítulos cuya finalidad es brindar una solución a la problemática antes mencionada. En el primer capítulo se presenta la fase de investigación, ella muestra un diagnóstico sobre la condición de la cabecera municipal de Masagua, Escuintla.

En el segundo, la fase de servicio técnico profesional presenta el diseño estructural de un edificio de dos niveles. Dicho edificio cuenta con 22 aulas, espacio para el personal docente y administrativo, módulos de servicios sanitarios y de gradas. Este edificio satisface las necesidades de espacio que se presentan actualmente en escuela. Este capítulo también incluye el diseño de un

alcantarillado sanitario. Este cuenta con 40 pozos de visita distribuidos a lo largo de casi dos mil metros de líneas de conducción. De esta manera presta el servicio para 200 casas que pertenecen a la colonia Mazat-Ahui, en la cabecera del municipio.

Ambos proyectos se realizaron bajo las normas que rigen los respectivos diseños dentro del país. También se incluyen los planos y presupuestos correspondientes a cada proyecto, conclusión y recomendación.

## **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Diagnóstico sobre la condición de la cabecera municipal de Masagua, Escuintla**

Este diagnóstico se realiza para proporcionar un análisis básico de las principales cifras oficiales del municipio. Entre ellos los aspectos geográficos, población, economía, medio ambiente, seguridad, ingresos y otros.

#### **1.1.1. Historia**

Históricamente, las primeras noticias que se tienen de Masagua es el de pueblo colonial, que de acuerdo a Fuentes y Guzmán quedaba a solo dos breves y acomodadas leguas y tenía una iglesia muy visitada por los romeros, esto en honor a la Virgen María. Los distintos textos coloniales coinciden en señalar la importancia de la veneración a la Virgen. Hacia finales del siglo XVIII apenas estaba formado por 25 familias que hacían un total de 104 personas.

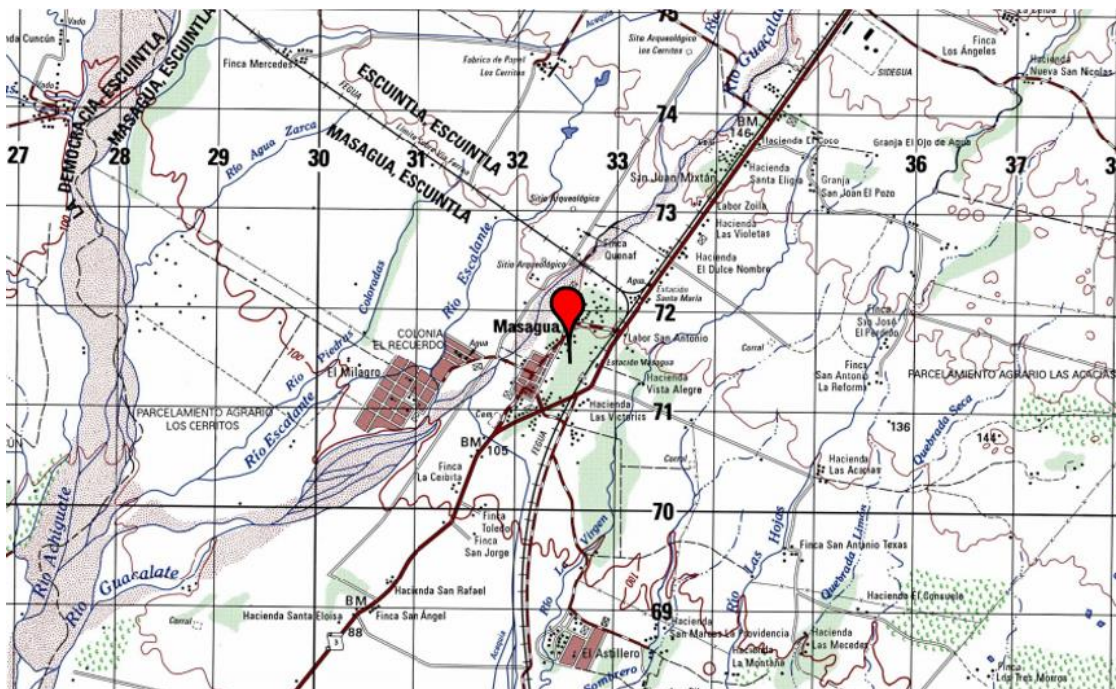
Al formarse la Federación Centroamericana Masagua pasó a formar parte del Distrito 21, en el Circuito de Escuintla, del artículo 36 de la Constitución del Estado de Guatemala de 1825. El 1 de mayo de 1830 fue erigido como municipio y en 1883 se le anexa el antiguo municipio de San Juan Mixtán. De acuerdo a la Geografía de José Víctor Mejía, en 1927, Masagua tenía 4 830 habitantes.



### 1.1.2. Ubicación

El municipio de Masagua se encuentra ubicado en el sureste del departamento de Escuintla, con una altitud de 100 m.s.n.m., tiene una extensión territorial de 448 km<sup>2</sup> y se encuentra a una distancia de 12 km de la cabecera departamental y a 71 km de la ciudad capital. Sus coordenadas geográficas son latitud norte 14°12'05" y longitud oeste 90°51'34".

Figura 1. Ubicación cabecera municipal de Masagua



Fuente: IGN, hoja Escuintla, Guatemala 2 058 IV E754 Edición 4-NGA, escala 1:50,000.

### **1.1.3. Clima**

- Estaciones meteorológicas: el municipio de Masagua no cuenta con una estación meteorológica propia, siendo las más cercanas a este las estaciones Puerto San José (clave 50805) y Escuintla (clave 50117).
- Temperatura: el carácter climático es cálido húmedo, con temperatura media anual de 25,5 °C. Tiene una variación mínima de 3,8 °C en los meses de invierno. La distribución diaria de la temperatura alcanza valores máximos entre las 12:00 y 15:00 horas, mientras que los valores mínimos entre las 19:00 y 7:00 horas.
- Evapotranspiración: es la cantidad de agua que regresa a la atmósfera en forma de vapor, como consecuencia de los fenómenos de evaporación del agua precipitada y la transpiración de la flora. Este balance hidrológico se ve influenciado por distintos factores tanto físicos como climatológicos característicos de la región. Por ejemplo el tipo de suelo, cantidad de vegetación, cantidad de horas de sol y otros.

Según las isopletras de evapotranspiración potencial promedio anual del atlas hidrológico del Insivumeh, en la zona en la que está ubicado el municipio de Masagua. Esta proyecta valores de evapotranspiración entre 1 800 y 1 900 mm.

- Cantidad de lluvia: entre 1 500 y 2 000 milímetros de lluvia media anual. Esto según las isoyetas del atlas hidrológico del Insivumeh, que se basan en los registros hasta el 2003.

#### **1.1.4. Hidrografía y orografía**

En cuanto al recurso hídrico, Masagua esta irrigado por un total de 19 ríos. Estos son: Achiguate, Cueros o Mijangos, La Pedrera, Piedras Coloradas, Ceniza, La Cañada, Limón, Ulapa, Cristalino, La Mora, Naranjo, Agua Zarca, Escalante, La Virgen, Quitasombrero, Botón Blanco, Guacalate, Las Hojas y Seco.

#### **1.1.5. Aspectos económicos**

La actividad económica principal de Masagua se concentra en el sector primario, en especial en la agricultura. El cultivo que predomina en el área agrícola es la caña de azúcar, pastos cultivados y granos básicos. En su total representan el 62,35 % (29 539 hectáreas) del área total del municipio. Además, se producen cítricos, mango, papaya, piña, sandía y otros frutales.

Existen también empresas que se dedican a la crianza de animales (cerdos, pollos ganado vacuno), e industrias lácteas. Sin embargo, una gran proporción de la población se dedica al comercio informal.

#### **1.1.6. Población**

Según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el 2009, el municipio de Masagua indicó una población de 41 650 habitantes. Se encuentra distribuido por género de la siguiente forma: 20 283 (48,70 %) mujeres y 21 637 (51,30 %) hombres, con una diferencia de 1 084 (2,60 %) hombres. La población del municipio se encuentra distribuida entre el área rural 78 % y urbano 22 %.

### **1.1.7. Costumbres y tradiciones**

Las costumbres en el municipio de Masagua se llevan a cabo los días de mercado que son miércoles y domingo. Su fiesta patronal se celebra el tercer viernes de Cuaresma y también celebran la quema de Judas el 7 de diciembre.

La recreación popular es la práctica de deportes y los que más destacan es el fútbol y el basquetbol. Estos pueden ser practicados en la cancha ubicada a un costado de la iglesia católica, en el parque central.

### **1.1.8. Servicios existentes**

Actualmente, la población del municipio de Masagua se beneficia de la existencia de un centro de salud, una extensión del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) y servicios privados. En educación existe cobertura en niveles preprimario, primario, básico, diversificado y universitario; siendo el 81 % del servicio educativo público y el 19 % privado, según la Dirección Departamental de Educación de Escuintla, para 2009.

En cuanto al servicio de energía eléctrica, el municipio cuenta con una cobertura del 76,7 % viviendas y el 23,3 % pendientes de instalación. También, cuentan con servicios de telecomunicaciones, telefonía domiciliar y móvil, correo, televisión nacional, por cable, radio e internet.

Existen un tren de aseo para la cabecera municipal y otro para el área rural. Pese a esto existen basureros clandestinos y una mala disposición de desechos en todo el territorio municipal.

Existen varias rutas del servicio de transporte, público y privado, urbano y extraurbano.

Se encuentra en funcionamiento un comedor solidario, el cual es de gran beneficio para toda la población en el centro municipal.

#### **1.1.9. Aspectos estructurales**

En cuanto a la infraestructura cuentan con un mercado, salón de usos múltiples ambos de mampostería, concreto armado y techos de lámina. Esta se encuentra en construcción un edificio municipal, todos frente al parque central.

Existen 13 acueductos, de los cuales 4 están ubicados en el área urbana y 9 en zona rural, con un sistema de cloración funcionando. El 83,58 %, según el Instituto Nacional de Estadística las viviendas tiene acceso al servicio de inodoros o letrinas. Las únicas comunidades que cuentan con el servicio de alcantarillados sanitarios son San Juan Mixtán, cabecera Municipal, caserío Los Lirios, colonia El Divino Maestro, aldea El Milagro, el resto de comunidades carecen del servicio. Esto constituye un problema de contaminación y salud para estos.

En la cabecera municipal se observan viviendas y locales comerciales de mampostería de varios niveles, con techos de lámina y varios de concreto, en su mayoría. En el área rural se miran viviendas de mampostería con techos de láminas y algunas de madera.

El casco central del municipio se encuentra totalmente adoquinado y con algunas calles de concreto, existe un puente vehicular que conecta el centro con la aldea El Milagro. En el área rural se observan pocas calles adoquinadas y en su mayoría son de terracería.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de la escuela del microparciamiento La Aurora**

Los centros educativos oficiales deben diseñar para proveer a la comunidad educativa y usuarios seguridad y condiciones salubres. Para lograrlo se deben considerar factores internos y externos que los afectan, de acuerdo a las normativas estructurales vigentes, como se muestra a continuación.

#### **2.1.1. Diseño de escuela de microparciamiento La Aurora**

El diseño de esta edificación se realizará mediante un sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos. A continuación se describen las características del mismo y el proceso de diseño.

##### **2.1.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto comprende de un edificio de dos niveles destinado para aulas con pasillos al frente en ambos niveles. Además se cuenta con dos módulos de gradas localizados adecuadamente en frente del edificio, un módulo especial para servicios sanitarios. La estructura se realizará de concreto reforzado y a través de una tipología estructural de marcos dúctiles con nudos rígidos. Para el diseño se contempla que los muros de mampostería reforzada solo funcionarán como cerramiento para el edificio. Por lo tanto, para el diseño estructural son considerados únicamente como tabiques sin carga y no intervienen directamente en el diseño de los elementos estructurales.

#### **2.1.1.2. Antecedentes**

La escuela del microparcelamiento La Aurora no cuenta con las instalaciones adecuadas para contribuir al desarrollo educativo y satisfacer las necesidades de los 700 estudiantes en dicha comunidad.

Con la ejecución del proyecto se pretende dar solución a la falta de espacio que presenta la escuela. Esto para mejorar el nivel educativo y disminuir la deserción escolar, beneficiando a la población del microparcelamiento y comunidades cercanas.

#### **2.1.2. Investigación de campo**

Esta se realiza para conocer la ubicación y situación actual del terreno que se utilizará para el desarrollo del proyecto y algunos parámetros que pueden influir en el diseño de la escuela tales como, topografía del terreno, tipo de suelo y otros.

##### **2.1.2.1. Ubicación y situación legal del terreno**

El microparcelamiento La Aurora se encuentra a una distancia de 20 km de la cabecera municipal de Masagua. Se encuentra localizada a una altura de 50 m.s.n.m. Con una latitud norte de 14°06'45" y una longitud oeste de 90°50'33" del meridiano de Greenwich.

El terreno asignado para el proyecto es de propiedad municipal. En él se pueden observar unas aulas de mampostería reforzada con techos de lámina, al norte de estas se ejecutará el proyecto.

#### **2.1.2.2. Topografía del terreno**

En general, el territorio es plano no tiene grandes variaciones en elevaciones. Por ello, posee características generales de la región costera del Pacífico. El levantamiento topográfico y la localización se llevaron a cabo con GPS.

#### **2.1.2.3. Estudio de suelos**

Este estudio permite conocer las características físicas y mecánicas del suelo. Pues son de gran importancia para el diseño estructural del edificio escolar, ya que permiten calcular la capacidad de carga admisible o valor soporte del suelo. Esto para determinar la cimentación más acorde a la obra y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar.

#### **2.1.2.4. Resultados de ensayos**

Se realizaron los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y compresión triaxial a una muestra inalterada de 1 pie<sup>3</sup> que se extrajo de una profundidad de 1,20 m. Dando como resultado los siguientes datos (ver anexos):

- Descripción del suelo: limo arenoso orgánico color café oscuro
- Ángulo de fricción interna  $\phi = 28,25^\circ$
- Cohesión  $C_u = 6,93 \text{ t/m}^2$
- Densidad seca =  $0,73 \text{ t/m}^3$
- Densidad húmeda =  $1,13 \text{ t/m}^3$



### 2.1.2.5. Determinación del valor soporte del suelo

El valor de soporte del suelo es la capacidad que tiene un suelo de soportar carga, sin que se produzca una falla en su masa. Para calcular dicha capacidad se aplicó el método del Dr. Karl Terzaghi utilizando las siguientes ecuaciones:

$$q_u = 1.3 \cdot C_u \cdot N_c + q_o \cdot N_q + 0.4 \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma \quad q_o = \gamma_s \cdot Z$$

$$N_q = e^{\pi \tan \theta} \left( \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta} \right) \quad N_\gamma = 1.5 (N_q + 1) \tan \theta \quad N_c = (N_q - 1) \cot \theta$$

$$q_d = q_u / F_s$$

Donde:

$q_u$  = capacidad soporte del suelo

$C_u$  = coeficiente de cohesión del suelo = 6,93 t/m<sup>2</sup>

$q_o$  = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

$Z$  = desplante = 1,20 m

$\gamma_s$  = peso específico del suelo = 1,13 t/m<sup>3</sup>

$B$  = ancho de la cimentación (asumido) = 1,00 m

$\theta$  = ángulo de fricción interna = 28,25°

$N_q$  = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

$N_\gamma$  = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

$N_c$  = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

$q_d$  = capacidad soporte del suelo a utilizar para diseño

$F_s$  = factor de seguridad = 6

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la sobre carga (Nq)

$$Nq = e^{\pi \cdot \tan 28,25^\circ} \left( \frac{1 + \sin 28,25^\circ}{1 - \sin 28,25^\circ} \right)$$

$$Nq = 15,13$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la cohesión (Nc)

$$Nc = (15,13 - 1) \cdot \cot(28,25^\circ)$$

$$Nc = 26,298$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido al peso del suelo (Ny)

$$Ny = 1,5(15,13 + 1) \cdot \tan(28,25^\circ)$$

$$Ny = 13,00$$

Calculando el esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación (q<sub>o</sub>)

$$q_o = \gamma_s \cdot Z$$

$$q_o = 1,13 \text{ t/m}^3 \cdot 1,20 \text{ m}$$

$$q_o = 1,356 \text{ t/m}^2$$

Calculando la capacidad de soporte del suelo ( $q_u$ )

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

$$q_u = 1,3 \cdot 6,93 \cdot 26,298 + 1,356 \cdot 15,13 + 0,4 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 13,00$$

$$q_u = 263,31 \text{ t/m}^2$$

$$q_d = 263,31/6$$

$$q_d = 43,89 \text{ t/m}^2$$

Se utilizó el factor de seguridad, ya que aplicándolo se estarán cubriendo las deficiencias que pudieron haberse presentado. Esto tanto en la obtención de la muestra, traslado y la realización del ensayo.

### **2.1.3. Parámetros de diseño**

Se utilizó un sistema de poligonal abierta tanto en la línea de conducción como en la línea de distribución de la comunidad. Esto debido a la dispersión de las viviendas, así como la altimetría del lugar para saber la diferencias de altura en puntos de interés.

#### **2.1.3.1. Criterios arquitectónicos**

Para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento del espacio del edificio escolar se aplicaron las normas contenidas en el documento. Estos fueron criterios normativos para el diseño

arquitectónico de centros educativos oficiales del Ministerio de Educación (Mineduc).

El edificio escolar se diseñó considerando la capacidad de alumnos y el área óptima por cada uno, tomando un parámetro de 1,25 m<sup>2</sup> por alumno. Por ello los salones de clases son de 7,00 x 6,00 m, se buscó el aprovechamiento de la luz natural para una buena iluminación, teniendo más del 25 % de la misma en cada aula.

#### **2.1.3.2. Criterios generales**

Para garantizar que una edificación sea habitable, cómoda y segura se deben tomar en cuenta otros criterios mínimos. Para que su diseño sea el adecuado según el uso y número de personas que pueden desenvolverse sin problemas. Entre estos cabe mencionar:

- Ventilación: es necesario una cantidad de aire disponible en el ambiente. Esta tiene gran importancia para el desarrollo de las actividades que deban llevarse a cabo en un salón de usos múltiples.
- Criterios de color: utilizando los colores claros en interiores hacen que el ambiente parezca más espacioso, cómodo y agradable. Además provoca un estado mejor de ánimo del usuario.
- Confort acústico: se considera muy importante que en los salones exista confort acústico, ya que este disminuye las interferencias sonoras y ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia. Así permiten mayor concentración y ánimo en las actividades desarrolladas.

### **2.1.3.3. Criterios estructurales**

Se tomaron en cuenta los códigos: Agies NSE y ACI 318 para el predimensionamiento de los elementos, análisis estructural y sísmico.

### **2.1.4. Parámetros de diseño sísmico**

Los valores de estas se estiman de acuerdo a la utilidad del edificio, pueden variar según el tipo de material a utilizar, por los detalles y acabados que se requieran, por la ubicación del proyecto, entre otros. Los valores utilizados en este diseño se basan en las normas Agies NSE y ACI 318-08.

#### **2.1.4.1. Cargas muertas**

Comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen, pero no están limitadas al peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos, equipo permanente rígidamente anclado. Tabiques móviles son casos especiales. Las fuerzas netas de preesfuerzos también se consideran cargas muertas.

Para el diseño del edificio escolar se tomaron los siguientes valores para la carga muerta:

- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| • | Peso específico del concreto                     | 2 400 kg/m <sup>3</sup> |
| • | Peso de muros (cerramiento de aulas)             | 150 kg/m <sup>2</sup>   |
| • | Peso de muros (divisiones de aulas y tabiquería) | 75 kg/m <sup>2</sup>    |
| • | Peso de tejas (en losa final)                    | 25 kg/m <sup>2</sup>    |
| • | Peso de sobrecarga                               | 75 kg/m <sup>2</sup>    |
| • | Peso de piso (en losa intermedia)                | 120 kg/m <sup>2</sup>   |

#### **2.1.4.2. Cargas vivas**

Son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación (no debe incluirse cargas de viento y sismo).

Para el diseño del edificio escolar se tomaron los siguientes valores para la carga viva:

- En azoteas 100 kg/m<sup>2</sup>
- En aulas 500 kg/m<sup>2</sup>
- En pasillos 500 kg/m<sup>2</sup>
- En módulos de escaleras 500 kg/m<sup>2</sup>

Agies en la Norma NSE 2, capítulo 3,4, tabla 3-1 indica que la carga viva de uso frecuente para aulas en centros educativos es de 200 kg/m<sup>2</sup>. Para este proyecto se considerará la carga viva asignada para los salones de reuniones sin asiento fijo (500 kg/m<sup>2</sup>), debido a que en los establecimientos utilizan las aulas para distintas actividades extraescolares.

#### **2.1.4.3. Sistema estructural**

Para el diseño del edificio escolar, se ha seleccionado el sistema de marcos rígidos, este consiste en elementos de un marco lineal que están sujetos rígidamente (vigas y columnas), es decir, cuando las juntas son capaces de transferir flexión entre los miembros, el sistema asume un carácter particular. Si todas las juntas son rígidas, es imposible cargar algunos de los miembros transversalmente sin provocar la flexión de los demás.

La particularidad de este sistema es que los muros no actúan como elementos de rigidez o de carga, por lo que se pueden colocar en los ambientes de la manera que mejor convenga al diseñador, sin importar o tener en cuenta que estos vayan a afectar la rigidez de los módulos. Según la normativa Agies NSE 3, el sistema estructural a utilizar es un sistema de marcos (E1), clasificación que servirá para la selección de características sísmicas dentro de la misma norma.

#### **2.1.5. Análisis estructural**

Por medio del análisis estructural, se busca determinar las fuerzas que actúan y las deformaciones, que como consecuencia de estas, se presentan en una estructura, esto para hallar los momentos actuantes sobre los marcos de la estructura y así tomar consideraciones de diseño.

En este proyecto se realizó el análisis estructural por medio del método de Kani. Este es desarrollado inicialmente por Gaspar Kani. Toma en consideración las influencias de las rotaciones de las juntas o uniones de la estructura llamadas  $M'_{ij}$ .

Para que este método sea aplicable la estructura debe cumplir ciertas hipótesis:

- El material debe ser homogéneo, isótropo y comportarse como lineal elástico, es decir, todo el material debe ser de la misma naturaleza con el mismo comportamiento.
- Las deformaciones se consideran pequeñas, de tal manera que, la estructura no cambia apreciablemente.

- Los desplazamientos y fuerzas internas totales o finales de la estructura sometida a un conjunto o sistema de cargas se pueden encontrar por la suma de los efectos de cada una de las cargas consideradas aisladamente.

Para este análisis se tomará como referencia un módulo, ya que por ser el de mayor envergadura es el que poseerá los momentos y cargas más críticas. A partir de este se diseñarán los demás módulos. Para esto se analizarán dos marcos de este módulo, uno sobre el eje X y uno sobre el eje Y, ambos los más críticos.

#### **2.1.5.1. Predimensionamiento estructural**

Es el previo cálculo que se lleva a cabo para realizar uno con más precisión de las fuerzas actuantes sobre la estructura. Con el predimensionamiento se establecen algunas dimensiones orientativas de las secciones transversales de losas, vigas y columnas. Estos sirven de base para un cálculo de comprobación y reajuste de las dimensiones definitivas de las secciones.

Si durante el diseño, los elementos no resisten los efectos actuantes, demandados en el análisis estructural, será necesario un rediseño. Por lo tanto, la realización de un nuevo ciclo del análisis y diseño estructural.

- Predimensionamiento de losas: estos elementos estructurales sirven como cubiertas que protegen de la intemperie, transmiten las cargas verticales y horizontales hacia las vigas. Para el predimensionamiento de estos elementos se utilizará el método 3 del ACI 318, para losas de concreto reforzado.



Para el diseño de las losas es necesario saber si necesitará el refuerzo una sola dirección o en las dos. Esto se determina por medio de su relación de lados, de la siguiente manera:

a = sentido corto; b= sentido largo; m= relación

$$m = a / b$$

$$\begin{cases} m > 0,50 ; \text{ la losa trabaja en dos sentidos.} \\ m < 0,50 ; \text{ la losa trabaja en un sentido.} \end{cases}$$

$m = 3,50 / 6,00 = 0,583$ ; entonces esta losa trabaja en los dos sentidos.

Calculando el espesor de la losa ( $t_{losa}$ )

Para losas que trabajan en dos sentidos, ACI 318 recomienda:

$$t_{losa} = \text{perímetro} / 180$$

$$t_{losa} = 2(6,00 + 3,50) / 180 = 0,105 \text{ m}$$

Para facilitar el desarrollo constructivo se trabajará con un espesor de losa ( $t_{losa}$ ) de 0,11 metros.

- Predimensionamiento de vigas: el predimensionamiento de estos elementos pretende encontrar un peralte mínimo que permita una rigidez adecuada sin que se generen grandes deformaciones. Para ello se pueden tomar los siguientes criterios:

Por cada metro lineal de luz entre los apoyos de la viga se incrementará 8 % del peralte y la base puede ser entre 1/2 o 1/3 del peralte.

El Código ACI 318-08, capítulo 9, (Ver tabla I). En la cual se presentan diferentes condiciones de empotramiento.

Tabla I. **Alturas y espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas en una dirección**

Condición	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u deflexiones grandes			
Losas macizas en una dirección	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Fuente: ACI. *Código ACI 318-08*. p. 132.

Para este proyecto se tomarán las longitudes mayores en ambos ejes.

Datos:

$L = \text{longitud viga} = 6,00 \text{ m}$

Se utilizará el criterio:

$$h_{\text{viga}} = 0,08 L; b_{\text{viga}} = h_{\text{viga}} / 2$$

$$h_{\text{viga}} = 0,08 * 6,00 = 0,48 \text{ m}; b_{\text{viga}} = 0,48 / 2 = 0,24 \text{ m}$$

Para el diseño de este proyecto se utilizarán las vigas con una sección de 0,50 x 0,25 m. Se consideran estas secciones para asegurar que soporten las

fuerzas que se presenten en el análisis. Esto debido a las altas cargas que se presenta y por considerarse una edificación pública.

- Predimensionamiento de columnas: las columnas son elementos estructurales que soportan las cargas que vienen de las vigas y las transfieren a la cimentación. Para predimensionar las columnas se deben determinar la carga que soportarán. Por tal razón se toma la columna crítica, es decir la que soporta mayor carga.

El método que se utilizará para predimensionar las columnas se basa en el cálculo de la carga axial aplicada a la columna crítica y determinar el área bruta de la sección de la columna. Por medio de la ecuación (10-2) del Código ACI 318-08 capítulo 10 sección 10.3.6.2, al tener este valor se pueden proponer las medidas de la sección transversal.

$$P=0,8(0,225 * f'c * Ag + fy * As)$$

Donde:

P = carga última que soporta la columna

f'c = resistencia del concreto = 280 kg/cm<sup>2</sup>

fy = resistencia del acero = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Ag = área gruesa de columna (cm<sup>2</sup>)

As = porcentaje de acero \* Ag

A continuación se presenta el cálculo del predimensionamiento de la columna del primer nivel, entre el eje H y el eje 8,1. Este soporta un área tributaria (At) de 21,00 m<sup>2</sup>.

- Calculando la carga última que soporta la columna (P)

Carga muerta:

$$\text{Peso de vigas} = (b_{\text{viga1}} * h_{\text{viga1}} * L * \gamma_{\text{concreto}}) + ((b_{\text{viga2}} * h_{\text{viga2}} * L * \gamma_{\text{concreto}}))$$

$$\text{Peso de vigas} = (0,50 * 0,25 * 6,00 * 2\,400) + (0,50 * 0,25 * 3,50 * 2\,400) = 2\,850 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso de Losa} = t_{\text{losa}} * A_{\text{tributaria}} * \gamma_{\text{concreto}}$$

$$\text{Peso de losa} = 0,11 * 21,00 * 2\,400 = 5\,544 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$C_v = A_{\text{tributaria}} * \text{Carga viva}$$

$$C_v = 21 \text{ m} * 500 \text{ kg/m}^2 = 10\,500 \text{ kg.}$$

$$\text{Carga última} = 1,4 C_m + 1,7 C_v$$

$$\text{Carga última} = 1,4 (2\,850 + 5\,544) + 1,7 (10\,500) = 18\,894,00 \text{ kg}$$

$$P = 2 \text{ niveles} * 18\,894,00 \text{ kg} = 37\,788,00 \text{ kg}$$

$$37\,788,00 = 0,8(0,225 * 281 * A_g + 4\,200 * 1\% * A_g)$$

$$\text{Despejando para } A_g; A_g = 448,90 \text{ cm}^2$$

El área grueso de columna calculado no cumple con la sección mínima de 900 cm<sup>2</sup> que se requiere en el ACI 318. Se propone trabajar con una sección de 0,40 x 0,40 m, 1 600 cm<sup>2</sup>.

#### 2.1.5.2. Integración de cargas gravitacionales

También llamadas cargas verticales. Son las cargas linealmente distribuidas, resultantes de la integración de cargas vivas y muertas. Estos actúan

sobre la estructura. Para este caso se analizarán las cargas actuantes sobre los marcos críticos en el eje X (marco 8,1) y en el eje Y (marco H).

Esta distribución se calcula tomando en cuenta los valores obtenidos del predimensionamiento estructural. Esto es de la geometría de la planta y se realiza de la siguiente manera:

- Cargas sobre el marco típico 8,1 (eje X)

Nivel 2 (no se debe incluir el peso de muros y piso)

Carga muerta:

Datos:

$$\text{Peso losa} = A_{\text{tributaria}} * \gamma_{\text{concreto}} = 0,11 * 2,400 = 264 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso tejas} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso sobrecarga} = 75 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso vigas} = (b_{\text{viga1}} * h_{\text{viga1}} * L * \gamma_{\text{concreto}}) = 0,25 * 0,50 * 2\ 400 = 300 \text{ kg/m}$$

$$A_t = 2 * 7,44 = 14,88 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{viga}} = 6,00 \text{ m}$$

$$CM = \frac{(\text{losa} + \text{acabados} + \text{sobrecarga}) * A_t}{L_{\text{viga}}} + \text{Peso viga}$$

$$CM = \frac{(264 + 25 + 75) * 14,88}{6,00} + 300$$

$$CM = 1\ 202,72 \text{ kg/m}$$

Carga viva:

$$CV = \frac{\text{carga viva} \cdot A_t}{L_{\text{viga}}}$$

Datos:

Carga viva (azoteas)= 100 kg/m<sup>2</sup>

A<sub>t</sub> = 14,88 m<sup>2</sup>

L<sub>viga</sub> = 6,00 m

$$CV = 100 \cdot 14,88 / 6,00 = 248 \text{ kg/m}$$

Nivel 1 (deben incluirse el peso de piso y muros)

Carga muerta:

$$CM = \frac{(\text{losa} + \text{piso} + \text{muros} + \text{sobrecarga}) \cdot A_t}{L_{\text{viga}}} + \text{Peso viga}$$

Datos:

Peso losa = t<sub>losa</sub> \* γ<sub>concreto</sub> = 0,11 \* 2 400 = 264 kg/m<sup>2</sup>

Peso piso = 120 kg/m<sup>2</sup>

Peso sobrecarga = 75 kg/m<sup>2</sup>

Peso muros = 150 kg/m<sup>2</sup>

Peso vigas = b \* h \* γ<sub>concreto</sub> = 0,50 \* 0,25 \* 2 400 = 300 kg/m

A<sub>t</sub> = 2 \* 7,44 = 14,88 m<sup>2</sup>

L<sub>viga</sub> = 6,00 m

$$CM = \frac{(264 + 120 + 150 + 75) \cdot 14,88}{6,00} + 300$$

$$CM = 1\,810,32 \text{ kg/m}$$

Carga viva:

$$CV = \frac{\text{carga viva} \cdot At}{L_{\text{viga}}}$$

Datos:

Carga viva (aulas) = 500 kg/m<sup>2</sup>

At = 14,88 m<sup>2</sup>

L<sub>viga</sub> = 6,00 m

$$CV = \frac{500 \cdot 14,88}{6,00} = 1\,240 \text{ kg/m}$$

Las cargas linealmente distribuidas, calculadas anteriormente: muerta y viva, se aplican a todas las vigas sobre dicho eje (8,1). Esto para cada nivel, respectivamente, ya a que todas las vigas tienen la misma longitud y cargan la misma área total en cada nivel, debido a la simetría de la estructura.

- Cargas sobre el marco típico H (eje Y)

Nivel 2 (no se debe incluir el peso de muros y piso)

Carga muerta:

$$CM = \frac{(\text{losa} + \text{acabados} + \text{sobrecarga}) \cdot At}{L_{\text{viga}}} + \text{Peso viga}$$

Datos:

Peso losa =  $t_{\text{losa}} \cdot \gamma_{\text{concreto}} = 0,11 \cdot 2\,400 = 264 \text{ kg/m}^2$

Peso tejas = 25 kg/m<sup>2</sup>

Peso sobrecarga = 75 kg/m<sup>2</sup>

$$\text{Peso vigas} = b * h * \gamma_{\text{concreto}} = 0,50 * 0,25 * 2400 = 300 \text{ kg/m}$$

$$A_{\text{ejes 9-8.1, ejes 8.1-8}} = 2 * 3,07 \text{ m}^2 = 6,14 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ejes 8-7}} = 2 * 1,76 \text{ m}^2 = 3,52 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{ejes 9-8.1, ejes 8.1-8}} = 3,50 \text{ m}$$

$$L_{\text{ejes 8-7}} = 2,65 \text{ m}$$

$$CM_{\text{ejes 9-8.1, ejes 8.1-8}} = \frac{(264 + 25 + 75) * 6,14}{3,50} + 300 = 938,56 \text{ kg/m}$$

$$CM_{\text{ejes 8-7}} = \frac{(264 + 25 + 75) * 3,52}{2,65} + 300 = 783,50 \text{ kg/m}$$

Carga viva:

$$CV = \frac{\text{carga viva} * A_t}{L_{\text{viga}}}$$

Datos:

$$\text{Carga viva (azoteas)} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$A_{\text{ejes 9-8.1, ejes 8.1-8}} = 2 * 3,07 \text{ m}^2 = 6,14 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ejes 8-7}} = 2 * 1,76 \text{ m}^2 = 3,52 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{ejes 9-8.1, 8.1-8}} = 3,50 \text{ m}$$

$$L_{\text{ejes 8-7}} = 2,65 \text{ m}$$

$$CV_{\text{ejes 9-8.1 y 8.1-8}} = \frac{100 * 6,14}{3,50} = 175,43 \text{ kg/m}$$

$$CV_{\text{ejes 8-7}} = \frac{100 * 3,52}{2,65} = 132,83 \text{ kg/m}$$



Nivel 1 (deben incluirse el peso de piso y muros)

Carga muerta:

$$CM = \frac{(\text{losa} + \text{piso} + \text{muros} + \text{sobrecarga}) \cdot A_t}{L_{\text{viga}}} + \text{Peso viga}$$

Datos:

$$\text{Peso losa} = t_{\text{losa}} \cdot \gamma_{\text{concreto}} = 0,11 \cdot 2400 = 264 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso piso} = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso sobrecarga} = 75 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso muros} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso vigas} = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{concreto}} = 0,50 \cdot 0,25 \cdot 2400 = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$A_{\text{tejes 9-8.1, 8.1-8}} = 2 \cdot 3,07 \text{ m}^2 = 6,14 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{tejes 8-7}} = 2 \cdot 1,76 \text{ m}^2 = 3,52 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{ ejes 9-8.1, 8.1-8}} = 3,50 \text{ m}$$

$$L_{\text{ ejes 8-7}} = 2,65 \text{ m}$$

$$CM_{9-8.1, 8.1-8} = \frac{(264 + 120 + 150 + 75) \cdot 6,14}{3,50} + 300 = 1368,36 \text{ kg/m}$$

$$CM_{8-7} = \frac{(264 + 120 + 150 + 75) \cdot 3,52}{2,65} + 300 = 1108,94 \text{ kg/m}$$

Carga viva:

$$CV = \frac{\text{carga viva} \cdot A_t}{L_{\text{viga}}}$$

Datos:

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

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

$$A_{\text{eje } 9-8.1, 8.1-8} = 2 \cdot 3,07 \text{ m}^2 = 6,14 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ejes } 8-7} = 2 \cdot 1,76 \text{ m}^2 = 3,52 \text{ m}^2$$

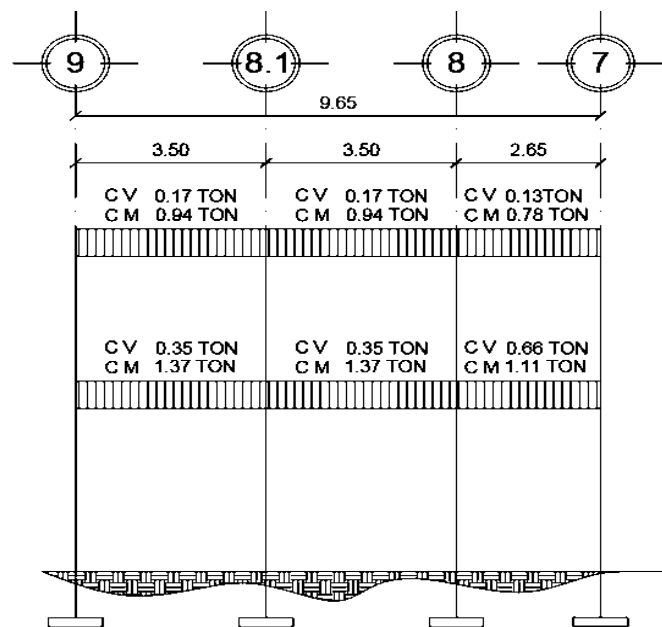
$$L_{\text{ ejes } 9-8.1, 8.1-8} = 3,50 \text{ m}$$

$$L_{\text{ ejes } 8-7} = 2,65 \text{ m}$$

$$CV_{\text{ ejes } 9-8.1, 8.1-8} = \frac{500 \cdot 6,14}{3,50} = 877,14 \text{ kg/m}$$

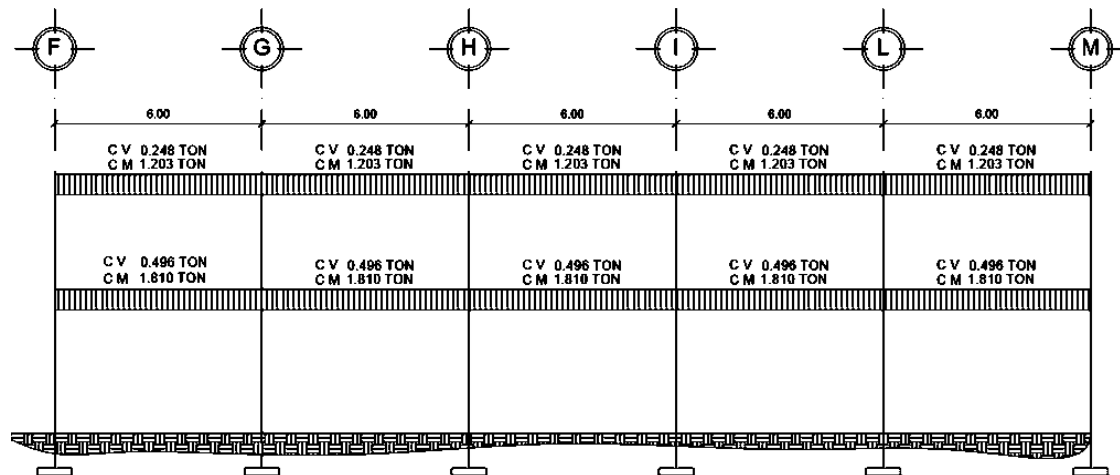
$$CV_{\text{ ejes } 8-7} = \frac{500 \cdot 3,52}{2,65} = 664,15 \text{ kg/m}$$

Figura 2. **Distribución de cargas gravitacionales marco H (eje Y)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 3. **Distribución de cargas gravitacionales marco 8,1 (eje X)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### 2.1.5.3. **Determinación de la fuerza horizontal equivalente**

Este tipo de cargas pueden ser provocadas por sismo, viento, empuje de suelo, empuje de fluidos y otros. Estas cargas son dinámicas, esto quiere decir que es muy baja la probabilidad de que todas actúen al mismo tiempo sobre una estructura. Guatemala está situada en una zona de gran actividad sísmica, tanto tectónica como volcánica. Por ello, es crítico tomar en cuenta la carga sísmica para todo proyecto estructural.

Desde el punto de vista estructural, los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener a la estructura en el sitio establecido. Esto conlleva a la imposición de desplazamiento y de fuerzas que pueden resultar catastróficas.

Para este proyecto se desprecian las fuerzas que ejerce el viento debido a que la estructura no es mayor a los 10 m de altura, como se establece en las Norma Agies NSE.

#### 2.1.5.4. Cálculo del peso total de la estructura

El peso incluirá como mínimo la carga muerta total de la edificación y el 25 % de la carga viva de todos los niveles, que no califica como reducible.

$$W_{\text{Total}} = W_{\text{Nivel 1}} + W_{\text{Nivel 2}} + W_{\text{Viva 25\%(1y2)}}$$

Calculando el peso del nivel 2 ( $W_{\text{Nivel 2}}$ )

Carga muerta:

$$W_{\text{Nivel 2}} = W_{\text{vigas}} + W_{\text{losas}} + W_{\text{columnas}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{sobrecarga}} + W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{vigas}} = \text{Cant.} \cdot b \cdot (h-d) \cdot L \cdot \gamma_{\text{concreto}}$$

$$20 \cdot (0,25 \text{ m} \cdot (0,50 - 0,11) \text{ m} \cdot 6,00 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3) = 28\,080,00 \text{ kg}$$

$$12 \cdot (0,25 \text{ m} \cdot (0,50 - 0,11) \text{ m} \cdot 3,50 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3) = 9\,828,00 \text{ kg}$$

$$6 \cdot (0,25 \text{ m} \cdot (0,50 - 0,11) \text{ m} \cdot 2,65 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3) = 3\,720,60 \text{ kg}$$

$$W_{\text{losas}} = P_{\text{losa}} \cdot A_{\text{total}}$$

$$(264 \text{ kg/m}^2) \cdot (9,65 \text{ m} \cdot 30,00 \text{ m}) = 76\,428,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = P_{\text{acabados}} \cdot A_{\text{total}}$$

$$(25 \text{ kg/m}^2) \cdot (9,65 \text{ m} \cdot 30,00 \text{ m}) = 7\,237,50 \text{ kg}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = P_{\text{sobrecarga}} \cdot A_{\text{total}}$$

$$(75 \text{ kg/m}^2) \cdot (9,65 \text{ m} \cdot 30,00 \text{ m}) = 21\,712,50 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = \text{Cant.} \cdot b \cdot h \cdot L \cdot \gamma_{\text{concreto}}$$

$$\text{Principales } 24 \cdot (0,40 \text{ m} \cdot 0,40 \text{ m} \cdot 1,65 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3) = 15\,206,40 \text{ kg}$$

$$\text{Secundarias } 54 \cdot (0,14 \text{ m} \cdot 0,14 \text{ m} \cdot 1,65 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3) = 4\,191,26 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros}} = A_{\text{muros}} * P_{\text{muros}}$$

$$\text{Exteriores } (0,15 \text{ m} * 30,00 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2) = 675,00 \text{ kg}$$

$$\text{Divisiones } (1,65 \text{ m} * 38,00 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2) = 9\,405,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Nivel2}} = 176\,484,26 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$W_{\text{Viva } 25\%} = 25\% A_{\text{total}} * CV$$

$$0,25 * (100 \text{ kg/m}^2 * 9,65 \text{ m} * 30,00 \text{ m}) = 7\,237,50 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total del nivel 2} = 183\,721,76 \text{ kg}$$

Calculando el peso del nivel 1 ( $W_{\text{Nivel1}}$ )

Carga muerta:

$$W_{\text{Nivel1}} = W_{\text{vigas}} + W_{\text{losas}} + W_{\text{columnas}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{sobrecarga}} + W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{vigas}} = \text{Cant.} * b * (h-d) * L * \gamma_{\text{concreto}}$$

$$20 * (0,25 \text{ m} * (0,50 - 0,11) \text{ m} * 6,00 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) = 28\,080,00 \text{ kg}$$

$$12 * (0,25 \text{ m} * (0,50 - 0,11) \text{ m} * 3,50 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) = 9\,828,00 \text{ kg}$$

$$6 * (0,25 \text{ m} * (0,50 - 0,11) \text{ m} * 2,65 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) = 3\,720,60 \text{ kg}$$

$$W_{\text{losas}} = P_{\text{losa}} * A_{\text{total}}$$

$$(264 \text{ kg/m}^2) * (9,65 \text{ m} * 30,00 \text{ m}) = 76\,428,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = P_{\text{acabados}} * A_{\text{total}}$$

$$(120 \text{ kg/m}^2) * (9,65 \text{ m} * 30,00 \text{ m}) = 34\,740,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = P_{\text{sobrecarga}} * A_{\text{total}}$$

$$(75 \text{ kg/m}^2) * (9,65 \text{ m} * 30,00 \text{ m}) = 21\,712,50 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = \text{Cant.} * b * h * L * \gamma_{\text{concreto}}$$

$$\text{Principales } 24 * (0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 6,25 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) = 57\,600,00 \text{ kg}$$

$$\text{Secundarias } 54 * (0,14 \text{ m} * 0,14 \text{ m} * 6,25 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) = 15\,876,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros}} = A_{\text{muros}} * P_{\text{muros}}$$

Exteriores	$((6,25-1,50) \text{ m} * 30,00 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2) =$	21 375,00 kg
Divisiones	$(6,25 \text{ m} * 38,00 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2) =$	35 625,00 kg
Tab. balcón	$(1,50 \text{ m} * 30,00 \text{ m} * 75 \text{ kg/m}^2) =$	3 375,00 kg
Tab. aulas/pasillo	$(1,50 \text{ m} * 2(30,00 \text{ m}) * 75 \text{ kg/m}^2) =$	6 750,00 kg
	$W_{\text{Nivel1}} =$	315 110,10 kg

Carga viva:

$$W_{\text{Viva 25\%}} = 25\% A_{\text{total}} * CV$$

Pasillos	$0,25 * (500 \text{ kg/m}^2 * 2,65 \text{ m} * 30,00 \text{ m}) =$	9 937,50 kg
Aulas	$0,25 * (500 \text{ kg/m}^2 * 7,00 \text{ m} * 30,00 \text{ m}) =$	26 250,00 kg
	$W_{\text{Viva 25\%}} =$	36 187,50 kg

Peso total del nivel 1 = 351 297,60 kg

$$W_{\text{Total}} = W_{\text{2do. nivel}} + W_{\text{1er. Nivel}}$$

$$W_{\text{Total}} = 183 721,76 \text{ kg} + 351 297,60 \text{ kg} = 535 019,36 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Total}} = 535 019,36 \text{ Kg}$$

#### 2.1.5.5. Cálculo del corte basal

Parámetros para modelar respuesta sísmica de los sistemas estructurales:

Las solicitaciones sísmicas para diseñar los elementos de las estructuras y limitar las derivas se calcularán con el auxilio de los factores y coeficientes empíricos. Estos se presentan a continuación:

- Factor: el factor genérico de reducción de respuesta sísmica (R) depende de las características genéricas del sistema estructural seleccionado por

los diseñadores. Su valor numérico se especifica en la tabla 1-1 de la Norma NSE 3.

- Factor  $\Omega_r$ : el factor de sobrerresistencia ( $\Omega_r$ ), se usará para incrementar la resistencia elástica de ciertos componentes críticos de una estructura según se indica en las secciones 1.8.3.2 y 1.8.3.3 de la Norma NSE 3. Su valor numérico para cada sistema estructural se especifica en la tabla 1-1 de la misma norma.
- Factor  $C_d$ : el factor de amplificación de desplazamiento poselástico  $C_d$ , se utilizará para estimar la máxima deriva elástica que puede incurrir una estructura a partir de la máxima deriva poselástica admisible por especificación. Su valor numérico para cada sistema estructural se especifica en la tabla 1-1 de la Norma NSE 3.
- Ajuste por clase de sitio: el valor de  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$  deberá ser ajustado a las condiciones en la superficie, según el perfil del suelo que cubra al basamento en el sitio. Esto podrá hacerse en forma específica en la forma genérica siguiente:

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

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

Donde:

$S_{cs}$  = ordenada espectral del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con período de vibración corto.

$S_{1s}$  = ordenada espectral correspondiente a períodos de vibración de 1 segundo; ambos para un amortiguamiento de 5 % del crítico.

$F_a$  = coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos y se obtiene de la tabla 4-2, Norma NSE 2.

$F_v$  = coeficiente de sitio para períodos largos y se obtiene de la tabla 4-3, Norma NSE 2.

Calculando:

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

$$S_{cs} = 1,65 \text{ g} * 1 = 1,65$$

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

$$S_{1s} = 0,60 \text{ g} * 1,50 = 0,90$$

- Espectros de diseño

Factores de escala: Los siguientes factores determinan los niveles de diseño:

- Sismo ordinario 10 % probabilidad de ser excedido en 50 años  
 $K_d=0,66$
- Sismo severo 5 % probabilidad de ser excedido en 50 años  $K_d=0,80$
- Sismo extremo 2 % probabilidad de ser excedido en 50 años  
 $K_d=1,00$

Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

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

$$S_{cd} = 1,00 * 1,65 = 1,65$$

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

$$S_{1d} = 1,00 * 0,90 = 0,90$$



- Cortante basal al límite de cedencia: el total de las fuerzas sísmicas equivalentes que actúan sobre la edificación, en cada dirección de análisis, se representará por medio del Cortante Estático Equivalente. Este es el límite de cedencia en la base de la estructura o simplemente Cortante Basal Estático a cedencia ( $V_B$ ).
  - Cortante basal estático a cedencia ( $V_B$ ):

$$V_B = C_s * W_s$$

Donde:

$W_s$  = Peso de la edificación definido en la sección 1.1.5.4

$C_s$  = Coeficiente sísmico de diseño

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

Donde:

$S_a(T)$  = demanda sísmica de diseño para una estructura con período  $T$  obtenida del espectro de diseño sísmico establecido para el sitio. En la sección 4.3.4 de la norma NSE 2; y calibrado según la probabilidad de ocurrencia requerida.

$R$  = factor de reducción

$T$  = período fundamental de vibración de la estructura.

- Período de vibración empírico ( $T_a$ ): el período fundamental de vibración de una edificación se estimará en forma empírica y genérica como:

$$T_a = K_T \cdot (h_n)^x$$

Donde:

$h_n$  = la altura del edificio, en metros, medidos desde la base = 7,90 m

$K_T$  y  $x$  = factores que depende del sistema estructural a utilizar, en este caso para el sistema de marcos (E1),  $K_T = 0,049$ ;  $x = 0,75$

Para este diseño la Norma NSE 3 en la sección 2.1.6 permite la utilización del período de vibración empírico ( $T_a$ ) como el período fundamental de vibración de la estructura ( $T$ ).

Calculando

$$T_a = 0,049 \cdot (7,90)^{0,75}$$

$$T_a = 0,2309 \text{ s}$$

Caso especial: permite reducción de espectro; si el período fundamental  $T$  calculado es igual o menor que 0,50 s y si la estructura tiene 5 niveles o menos sobre la base. También solamente si califica como regular en planta y en elevación, entonces se permitirá volver a recalcular la meseta del espectro  $S_a(T)$  con base en  $S_{cr} = 1,5$  en aquellos casos en que  $S_{cr}$  exceda 1,5.

Ya que se cumplen con todas las condiciones anteriores para aplicar la reducción del espectro, recalculamos:

$$S_{cs} = S_{cr} \cdot F_a$$

$$S_{cs} = 1,50 \text{ g} * 1 = 1,50$$

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

$$S_{cd} = 1,00 * 1,50 = 1,50$$

Las ordenadas espectrales, para  $S_a(T)$  cualquier período de vibración  $T$ , se definen con:

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

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

$$T_s = S_{1d} / S_{cd} = 0,90 / 1,50 = 0,60$$

$$T = T_a = 0,2309 \text{ s} < T_s = 0,60$$

$$\text{Entonces } S_a(T) = S_{cd} = 1,50$$

Calculando coeficiente sísmico de diseño ( $C_s$ ):

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

$$C_s = \frac{1,50}{8} = 0,1875$$

Valores mínimos de  $C_s$

Se verificará que  $C_s$  resultante cumpla con lo siguiente:

$$C_s \geq 0,044 S_{cd} = 0,044 * 1,65 = 0,0726$$

$$C_s \geq 0,5 S_{1r} / R = 0,5 (0,60 / 8) = 0,0375$$

Calculando cortante basal estático a cedencia ( $V_B$ ):

$$V_B = C_s * W_s$$

$$V_B = 0,1875 * 535,02 \text{ t}$$

$$V_B = 100,316 \text{ ton}$$

#### 2.1.5.6. Distribución del corte basal

El cortante basal de cedencia ( $V_B$ ) se distribuirá a lo alto del edificio de acuerdo con:

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

Donde:

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (W_i h_i^k)}$$

$F_x$  = cortante de cedencia en el nivel "x" de la edificación;

$h_x$  = altura del nivel "x" sobre la base;

$k = 1$ , para  $T \leq 0,5 \text{ s}$

$W_x$  = peso del nivel "x"

Tabla II. Distribución de corte basal ( $V_B$ ) por nivel

Nivel	Wi (Kg)	hi (m)	Wi*hi	Cvx	Fx (Ton)	Vx (ton)
2	176 484,26	7,90	1 394 225,69	0,490280242	49,184	49,184
1	315 110,10	4,60	1 449 506,46	0,509719758	51,134	100,318
Sumatoria			2 843 732,15	Sumatoria	100,318	

Fuente: elaboración propia.

- Distribución de fuerzas cortantes por marco: este se hace por medio de las rigideces de los elementos verticales resistentes a la fuerza horizontal (columnas).

Por la simetría que presenta la estructura en la posición de los marcos, las fuerzas para cada marco, se calculan dividiendo la fuerza de piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza y en cada nivel, de la siguiente manera:

$$F_m = \frac{F_n}{\# \text{ marcos}}$$

Donde:

$F_n$  = fuerza por nivel

$F_m$  = fuerza por marco

Calculando las fuerzas por marco ( $F_m$ ) para los marcos distribuidos perpendicularmente al eje X.

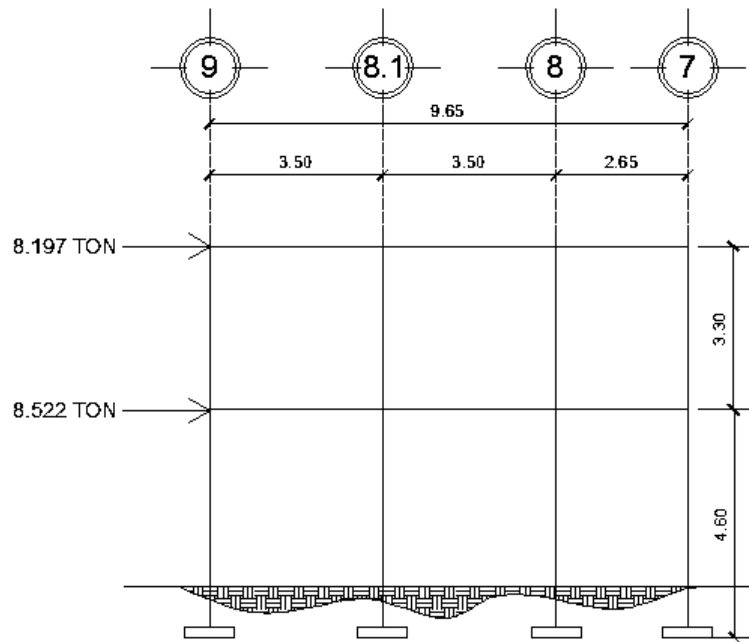
Nivel 2

$$F_m = \frac{49,184 \text{ t}}{6 \text{ marcos}} = 8,197 \text{ t}$$

Nivel 1

$$F_m = \frac{51,134 \text{ t}}{6 \text{ marcos}} = 8,522 \text{ t}$$

Figura 4. **Distribución de fuerzas horizontales marco H (eje Y)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Calculando las fuerzas por marco ( $F_m$ ) para los marcos distribuidos perpendicularmente al eje Y.

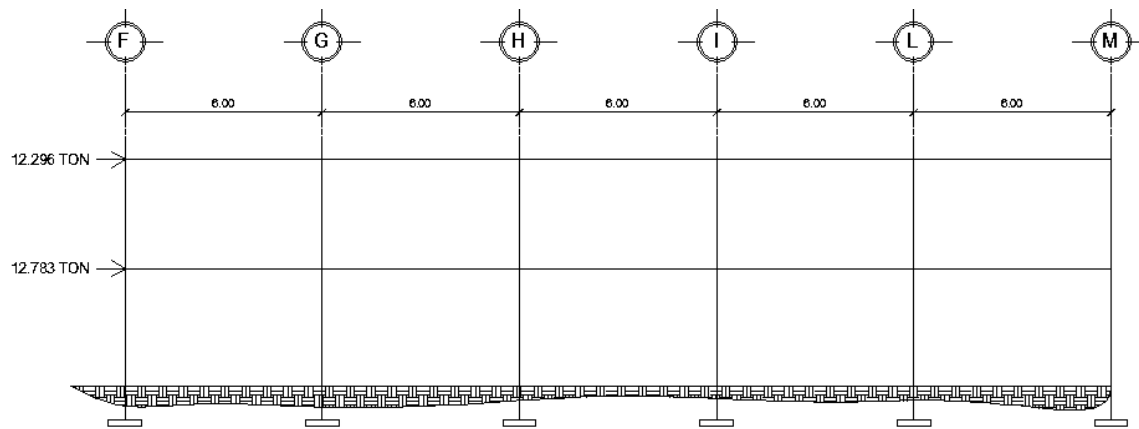
Nivel 2

$$F_m = \frac{49,184 \text{ t}}{4 \text{ marcos}} = 12,296 \text{ t}$$

Nivel 1

$$F_m = \frac{51,134 \text{ t}}{4 \text{ marcos}} = 12,783 \text{ t}$$

Figura 5. **Distribución de fuerzas horizontales marco 8,1 (eje X)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Incremento de corte por torsión: además del corte por traslación se debe calcular el corte por torsión. Este corte se origina por la variación entre el centroide de masa ( $C_m$ ) y el centroide de rigidez ( $C_R$ ). La distancia entre ambos centroides se denomina excentricidad accidental ( $e$ ), la cual multiplicada por el cortante sísmico. Esta actúa en el nivel produce el momento torsional, que debe ser resistido por los elementos verticales.

Estos forman el sistema que resiste las cargas sísmicas, simultáneamente con los cortantes directos debidos a estas cargas. La torsión no es más que un giro alrededor de un eje vertical, que coincide con el centroide de rigidez. Siempre se busca eliminar la torsión de una estructura, por medio de un diseño simétrico con excentricidad cero o casi cero.

- Excentricidad accidental ( $e$ ): cuando los diafragmas son rígidos, se deberá considerar además una excentricidad accidental adicional a

la excentricidad inherente, que se determinará de la siguiente forma:

- Para fuerzas aplicadas paralelas a alguna de las direcciones de análisis: se sumará al momento inherente de giro un momento de giro accidental ( $M_{ga}$ ) producto de la fuerza inercial ( $V_x$ ) multiplicada por una excentricidad accidental igual al 5 % de la dimensión del nivel. La dimensión será la que es perpendicular a las fuerzas consideradas.
- Las fuerzas que estuvieran aplicadas en direcciones arbitrarias se descompondrán en las direcciones de análisis y se aplicarán las excentricidades correspondientes en cada dirección.

Calculando centro de masa ( $C_m$ )

$$C_{mx} = \frac{30,00}{2} = 15,00 \text{ m}$$

$$C_{my} = \frac{9,65}{2} = 4,825 \text{ m}$$

- Centro de rigidez ( $C_R$ ): debido a la simetría de la estructura en ambos sentidos y a que la sección de los elementos es igual se calcula de la siguiente manera. En caso contrario, si las secciones difieren se debe realizar el análisis por medio de la sumatoria de rigideces individuales.

$$X_{CR} = \frac{\sum K_y X_i}{\sum K_y} ; Y_{CR} = \frac{\sum K_x Y_i}{\sum K_x}$$



Donde:

$X_{CR}$  = posición del centro de rigidez en el eje X respecto al "0"

$K_y$  = rigidez de los elementos verticales en el sentido Y

$X_i$  = posición del elemento vertical respecto a "0" en el sentido X

$Y_{CR}$  = posición del centro de rigidez en el eje Y respecto al "0"

$K_x$  = rigidez de los elementos verticales en el sentido X

$Y_i$  = posición del elemento vertical respecto a "0" en el sentido Y

Tabla III. **Centro de rigidez sentido X**

Marco	$X_i$	$K_y$	$X_i \cdot K_y$
F	0	4	0
G	6	4	24
H	12	4	48
I	18	4	72
L	24	4	96
M	30	4	120
Sumatoria		24	360

Fuente: elaboración propia.

$$X_{CR} = \frac{360}{24} = 15,00 \text{ m}$$

Tabla IV. **Centro de rigidez sentido Y**

Marco	$Y_i$	$K_x$	$Y_i \cdot K_x$
7	0	6	0
8	2,65	6	15,9
8,1	6,15	6	36,9
9	9,65	6	57,9
Sumatoria		24	110,7

Fuente: elaboración propia.

$$Y_{CR} = \frac{110,70}{24} = 4,613 \text{ m}$$

e = centro de masa-centro de rigidez =  $C_m - C_R$

$$e_x = 15,00 - 15,00 = 0$$

$$e_y = 4,825 - 4,613 = 0,212 \text{ m}$$

Calculando excentricidad de diseño:

$e_d = 1,5 * e + 5 \% b$  o  $e_d = e + 5 \% b$ ; donde b es la dimensión de la base perpendicular a la dirección en que se aplica la fuerza.

$$e_{dy} = 1,5 * 0,212 + 5 \% * 9,65 = 0,80 \text{ m}$$

$$e_{dx} = 1,5 * 0 + 5 \% * 30,00 = 1,50 \text{ m}$$

- Fuerzas por torsión

- Cálculo de rigideces

$$K = \frac{1}{\frac{P h^3}{12 EI} + \frac{1,2 P h}{A G}}$$

Donde:

K = rigidez del elemento

h = altura de columna

E = módulo de elasticidad del concreto =  $15,000 \sqrt{f'_c}$

$I$  = inercia del elemento =  $I = \frac{1}{12} b h^3$

$A$  = sección transversal del elemento analizado= 1 600 cm<sup>2</sup>

$G$  = módulo de rigidez= 0,40 E

$P$  = carga asumida = 10 000 kg.

Calculando R para las columnas del primer nivel

$$E=15\,000\sqrt[2]{281} \quad I= \frac{1}{12} (40) (40)^3 \quad G= 0,40 (253\,122,13)$$

$$E= 253\,122,1247 \quad I= 213\,333,33 \text{ cm}^4 \quad G= 101\,248,85$$

$$K= \frac{1}{\frac{10,000 (460)^3}{12 (253\,122,12)(21\,333,33)} + \frac{1,2 (10\,000) (460)}{(1\,600)(101\,248,85)}}$$

$$K_1= 0,17; K_2= 0,45$$

Calculo de rigidez por marco ( $K_m$ )

$$K_m=K_{col} * \text{núm. columnas por marco}$$

Tabla V. **Rigideces por marco y nivel**

	No. Marcos	K1	K2	Km Nivel 1	K m Nivel 2
Marcos sobre eje X	6	0,17	0,45	1,02	2,7
Marcos sobre eje Y	4	0,17	0,45	0,68	1,8

Fuente: elaboración propia.

Debido a que la sección transversal de los elementos estructurales, columnas y vigas, en cada nivel es el mismo para este diseño. Entonces se dispone a realizar el cálculo de las fuerzas por marco en forma resumida.

El cálculo de la fuerza que llega a cada marco se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza por torsión,  $F_i''$ , y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos,  $F_i'$ .

$$F_m = F_i'' \pm F_i'$$

$$F_i' = \frac{K_m \cdot F_n}{\sum K_i}$$

$$F_i'' = \frac{e \cdot F_n}{EI}$$

$$EI = \frac{\sum (K_m \cdot d_i)^2}{K_m \cdot d_i}$$

Donde:

$K_m$  = rigidez del marco.

$K_i$  = rigidez total del nivel.

$d_i$  = distancia desde el  $C_R$  hasta el marco considerado ( $X_i$  o  $Y_i$ , respectivamente).

$F_n$  = fuerza por nivel.

$EI$  = relación entre rigideces y brazo de cada marco.

$e$  = excentricidad perpendicular a la fuerza para que se genere la torsión.

Tabla VI. **Fuerzas en marco por torsión nivel 1 eje X**

V= 51,134 t ; edy= 0,80 m								
NIVEL 1								
Marco	Km	Yi	Km*Yi	(Km*Yi) <sup>2</sup>	Ei	F´	F´´	Fm
7	0,68	-5,64	-3,835	14,708	-6,894	12,7835	-5,934	6,850
8	0,68	-2,99	-2,033	4,134	-13,004	12,7835	-3,146	9,638
8.1	0,68	0,52	0,353	0,125	74,774	12,7835	0,547	13,330
9	0,68	4,02	2,733	7,472	9,672	12,7835	4,229	17,013
	2,72			26,440				

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Fuerzas en marco por torsión nivel 2 eje X**

V=49,184 t ; edy= 0,80 m								
NIVEL 2								
Marco	Km	Yi	Km*Yi	(Km*Yi) <sup>2</sup>	Ei	F´	F´´	Fm (T)
7	1,8	-5,64	-10,152	103,063	-18,249	12,296	-2,156	10,140
8	1,8	-2,99	-5,382	28,966	-34,423	12,296	-1,143	11,153
8.1	1,8	0,52	0,936	0,8761	197,932	12,296	0,199	12,495
9	1,8	4,02	7,236	52,359	25,603	12,296	1,537	13,833
	7,20			185,264				

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Fuerzas en marco por torsión nivel 1 eje Y**

V= 51,134 t ; edx=1,50 m								
NIVEL 1								
Marco	Km	Xi	Km*Xi	(Km*Xi) <sup>2</sup>	Ei	F´	F´´	Fm
F	1,02	-16,50	-16,830	283,249	-39,780	8,522	-1,928	6,594
G	1,02	-10,50	-10,710	114,704	-62,511	8,522	-1,227	7,295
H	1,02	-4,50	-4,590	21,068	-145,860	8,522	-0,526	7,996
I	1,02	1,50	1,530	2,341	437,580	8,522	0,175	8,698
L	1,02	7,50	7,650	58,522	87,516	8,522	0,876	9,399
M	1,02	13,50	13,770	189,613	48,620	8,522	1,577	10,099
	6,12			669,497				

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Fuerzas en marco por torsión nivel 2 eje Y**

V= 49,184 t ; edx=1,50m								
NIVEL 2								
Marco	Km	Xi	Km*Xi	(Km*Xi) <sup>2</sup>	Ei	F'	F''	Fm (T)
F	2,7	-16,50	-44,550	1 984,70	-105,300	8,197	-0,701	7,497
G	2,7	-10,50	-28,350	803,722	-165,471	8,197	-0,446	7,751
H	2,7	-4,50	-12,15	147,622	-386,100	8,197	-0,191	8,006
I	2,7	1,50	4,050	16,402	1158,30	8,197	0,064	8,261
L	2,7	7,50	20,250	410,062	231,660	8,197	0,318	8,516
M	2,7	13,50	36,450	1 328,60	128,700	8,197	0,573	8,770
	16,20			4 691,115				

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis sísmico del marco crítico en el eje Y (marco H) se utilizarán las fuerzas horizontales obtenidas directamente de la distribución de corte basal por marco, nivel 1  $F = 7,996$  t y nivel 2  $F = 8,006$  t. Esto debido a que son las que presentarán momentos mayores en los elementos.

Mientras que, para el análisis del marco crítico en el eje X (marco 8,1) se utilizarán las fuerzas por marco obtenidas del análisis por torsión, realizado anteriormente. Debido a que son mayores que las fuerzas de corte, generando, por lo tanto, momentos mayores en los elementos, siendo estas: nivel 1  $F = 13,33$  t y nivel 2  $F = 12,49$  t.

#### 2.1.5.7. **Análisis de cargas gravitacionales por el método de Kani**

Se realizará el análisis estructural numérico por el método de Kani para carga viva y muerta, basados es la distribución de cargas que se realizó anteriormente. El siguiente ejemplo se aplica, únicamente para miembros de sección constante.

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

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

- Determinación de fuerzas de sujeción ( $H$ ): estas se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$H = F_{mn}; \text{ (fuerzas por marco del nivel } n, \text{ del análisis sísmico)}$$

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso ( $Q_n$ ): se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$Q_n = \sum H$$

- Cálculo de momentos de piso ( $M_n$ ): estos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$M_n = Q_n \cdot h_n / 3; \text{ } h_n = \text{altura del piso "n"}$$

- Cálculo de la rigidez de los elementos ( $K_{ik}$ )

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

Donde:

$I$  = inercia del elemento

$L_{ik}$  = Longitud del elemento

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

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}}$$

- Cálculo de factores de corrimiento ( $V_{ik}$ ): estos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura, o, en el caso de este diseño, cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$V_{ik} = -\frac{3}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}}$$

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

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

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

$$M''_{ik} = V_{ik} (M_S + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$$

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

$$M_{ik} = M_{F_{ik}} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$



- Cálculo de momentos positivos en vigas

$$M_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \left| \frac{M_{i(-)} + M_{k(-)}}{2} \right|$$

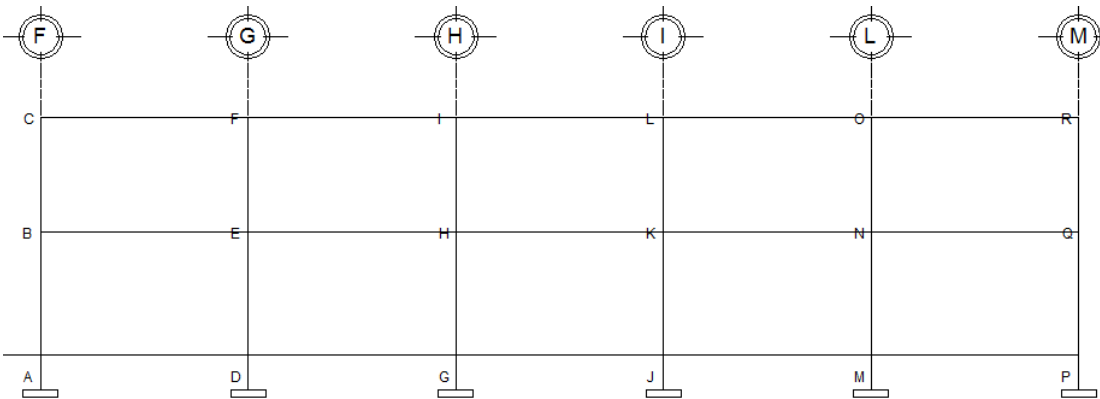
Donde:

$M_{i(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo izquierdo

$M_{k(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo derecho

Desarrollo del método de Kani para carga muerta, aplicado al marco H, sobre el eje Y.

Figura 6. **Nomenclatura de nodos para el desarrollo del método de Kani**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Inercia de los elementos

Columnas (0,40x0,40 m)= 213 333 cm<sup>4</sup>

Vigas (0,25x0,50 m)= 260 417 cm<sup>4</sup>

Inercia relativa

$$I_{col} = 213\,333 / 213\,333 = 1 \quad ; \quad I_{vigas} = 260\,417 / 213\,333 = 1,22$$

- Cálculo de rigidez ( $K_{ik}$ )

$$K_{AB} = K_{DE} = K_{GH} = K_{JK} = 1/4,60 = 0,217$$

$$K_{BC} = K_{EF} = K_{HI} = K_{KL} = 1/3,30 = 0,303$$

$$K_{BE} = K_{EH} = K_{CF} = K_{FI} = 1/3,50 = 0,349$$

$$K_{HK} = K_{IL} = 1/2,65 = 0,461$$

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

Nodo B

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} * \frac{0,217}{0,217 + 0,349 + 0,303} = -0,125$$

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} * \frac{0,349}{0,217 + 0,349 + 0,303} = -0,201$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \frac{0,303}{0,217 + 0,349 + 0,303} = -0,174$$

Nodo C

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} * \frac{0,303}{0,349 + 0,303} = -0,232$$

$$\mu_{CF} = -\frac{1}{2} * \frac{0,349}{0,349 + 0,303} = -0,268$$

Nodo E

$$\mu_{ED} = -\frac{1}{2} * \frac{0,217}{0,217+0,349+0,349+0,303} = -0,089$$

$$\mu_{EB} = -\frac{1}{2} * \frac{0,349}{0,217+0,349+0,349+0,303} = -0,143$$

$$\mu_{EH} = -\frac{1}{2} * \frac{0,349}{0,217+0,349+0,349+0,303} = -0,143$$

$$\mu_{EF} = -\frac{1}{2} * \frac{0,303}{0,217+0,349+0,349+0,303} = -0,124$$

Nodo F

$$\mu_{FC} = -\frac{1}{2} * \frac{0,349}{0,349+0,349+0,303} = -0,174$$

$$\mu_{FI} = -\frac{1}{2} * \frac{0,349}{0,349+0,349+0,303} = -0,174$$

$$\mu_{FE} = -\frac{1}{2} * \frac{0,303}{0,349+0,349+0,303} = -0,151$$

Nodo H

$$\mu_{HG} = -\frac{1}{2} * \frac{0,217}{0,217+0,349+0,461+0,303} = -0,082$$

$$\mu_{HE} = -\frac{1}{2} * \frac{0,349}{0,217+0,349+0,461+0,303} = -0,131$$

$$\mu_{HK} = -\frac{1}{2} * \frac{0,461}{0,217+0,349+0,461+0,303} = -0,173$$

$$\mu_{HI} = -\frac{1}{2} * \frac{0,303}{0,217+0,349+0,461+0,303} = -0,114$$

Nodo I

$$\mu_{IH} = -\frac{1}{2} * \frac{0,303}{0,303+0,349+0,461} = -0,136$$

$$\mu_{IF} = -\frac{1}{2} * \frac{0,349}{0,303+0,349+0,461} = -0,157$$

$$\mu_{IL} = -\frac{1}{2} * \frac{0,461}{0,303+0,349+0,461} = -0,207$$

Nodo K

$$\mu_{KI} = -\frac{1}{2} * \frac{0,217}{0,217+0,461+0,303} = -0,111$$

$$\mu_{KH} = -\frac{1}{2} * \frac{0,461}{0,217+0,461+0,303} = -0,235$$

$$\mu_{KL} = -\frac{1}{2} * \frac{0,303}{0,217+0,461+0,303} = -0,155$$

Nodo L

$$\mu_{LI} = -\frac{1}{2} * \frac{0,461}{0,461+0,303} = -0,302$$

$$\mu_{LK} = -\frac{1}{2} * \frac{0,303}{0,461+0,303} = -0,198$$

- Momentos fijos ( $MF_{ik}$ )

$$M_{ik} = \frac{-WL^2}{12}$$

Donde:

$M_{ik}$  = momento fijo del elemento de "i" a "k"

$W$  = carga muestra distribuida sobre el elemento

$L$  = Longitud del elemento

Tabla X. **Momentos fijos para carga muerta marco H (eje Y)**

n	NUDOS		CM (t/m)	L (m)	$MF_{ik}$ (t-m)
2DO. NIVEL	C	F	0,939	3,50	0,958
	F	C	-0,939	3,50	-0,958
	F	I	0,939	3,50	0,958
	I	F	-0,939	3,50	-0,958
	I	L	0,784	2,65	0,458
	L	I	-0,784	2,65	-0,458
1ER. NIVEL	B	E	1,368	3,50	1,396
	E	B	-1,368	3,50	-1,396
	E	H	1,368	3,50	1,396
	H	E	-1,368	3,50	-1,396
	H	K	1,109	2,65	0,648
	K	H	-1,109	2,65	-0,648

Fuente: elaboración propia.

- Momentos de sujeción ( $M_s$ )

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

$$M_{SA} = M_{SD} = M_{SG} = M_{SJ} = 0 \text{ t-m}$$

$$M_{SB} = 1,397 \text{ t-m}$$

$$M_{SC} = 0,958 \text{ t-m}$$

$$M_{SE} = M_{EB} + M_{BE} = -1,397 + 1,397 = 0 \text{ t-m}$$

$$M_{SF} = M_{FC} + M_{FI} = -0,958 + 0,958 = 0 \text{ t-m}$$

$$M_{SH} = M_{HE} + M_{HK} = -1,397 + 0,649 = -0,748 \text{ t-m}$$

$$M_{SI} = M_{IF} + M_{IL} = -0,958 + 0,459 = -0,50 \text{ t-m}$$

$$M_{SK} = -0,649 \text{ t-m}$$

$$M_{SL} = -0,458 \text{ t-m}$$

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

$$M_{ik} = M_{F_{ik}} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

Calculando momentos para marco H (carga muerta)

Nivel 2

$$M_{CF} = 0,958 + 2(-0,205) + (-0,024) = 0,572 \text{ t}$$

$$M_{FC} = -0,958 + 2(-0,024) + (-0,205) = -1,115 \text{ t}$$

$$M_{FI} = 0,958 + 2(0,024) + (0,049) = 1,055 \text{ t}$$

$$M_{IF} = -0,958 + 2(0,049) + (0,024) = -0,835 \text{ t}$$

$$M_{IL} = 0,459 + 2(0,065) + (0,096) = 0,685 \text{ t}$$

$$M_{LI} = -0,459 + 2(0,096) + (0,065) = -0,201 \text{ t}$$

Nivel 1

$$M_{BE} = 1,397 + 2(-0,252) + (0,035) = 0,928 \text{ t}$$

$$M_{EB} = -1,397 + 2(0,035) + (-0,252) = -1,579 \text{ t}$$

$$M_{EH} = 1,397 + 2(0,022) + (0,075) = 1,516 \text{ t}$$

$$\begin{aligned}
M_{HE} &= -1,397 + 2(0,075) + (0,022) = -1,225 \text{ t} \\
M_{HK} &= 0,649 + 2(0,099) + (0,115) = 0,961 \text{ t} \\
M_{KH} &= -0,649 + 2(0,115) + (0,099) = -0,321 \text{ t}
\end{aligned}$$

- Cálculo de momentos positivos en vigas

$$M_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \frac{|M_{i(-)}| + |M_{k(-)}|}{2}$$

Calculando para marco H (carga muerta)

Nivel 2

$$M_{CF} = \frac{0,939 \cdot 3,5^2}{8} - \frac{0,572 + 1,115}{2} = 0,593 \text{ t}$$

$$M_{FI} = \frac{0,939 \cdot 3,5^2}{8} - \frac{1,055 + 0,835}{2} = 0,492 \text{ t}$$

$$M_{IL} = \frac{0,784 \cdot 2,65^2}{8} - \frac{0,685 + 0,201}{2} = 0,757 \text{ t}$$

Nivel 1

$$M_{BE} = \frac{1,368 \cdot 3,5^2}{8} - \frac{0,928 + 1,579}{2} = 0,842 \text{ t}$$

$$M_{EH} = \frac{1,368 \cdot 3,5^2}{8} - \frac{1,516 + 1,225}{2} = 0,725 \text{ t}$$

$$M_{HK} = \frac{1,109 \cdot 2,65^2}{8} - \frac{0,961 + 0,231}{2} = 1,057 \text{ t}$$

Tabla XI. **Momentos positivos en vigas marco H**

Elemento				M <sub>CV</sub>	M <sub>CM</sub>
VIGA	M(+)	C	F	0,090	0,593
VIGA	M(+)	F	I	0,095	0,492
VIGA	M(+)	I	L	0,123	0,757
VIGA	M(+)	B	E	0,549	0,842
VIGA	M(+)	E	H	0,465	0,725
VIGA	M(+)	H	K	0,630	1,057

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.5.8. **Análisis de cargas laterales por el método de Kani**

Para el análisis estructural de las cargas verticales sismo se utilizará el método de Kani. Este distribuye el momento de sismo, generado por las fuerzas cortantes ( $F_x$  o  $F_m$ ), a través de todas las columnas por medio del factor de corrimiento ( $V_{ik}$ ). Para luego distribuir la fuerza a través de las vigas, con el propósito de encontrar los momentos finales ( $MF_{ik}$ ) que se generen debido a la fuerza aplicada, de la siguiente manera:

- Factores de corrimiento ( $V_{ik}$ )

Nivel 2

$$V_{BC}=V_{EF}=V_{HI}=V_{KL}=-\frac{3}{2} \cdot \frac{0,217}{0,217+0,217+0,217+0,217} = -0,375$$

Nivel 1

$$V_{AB}=V_{DE}=V_{GH}=V_{JK}=-\frac{3}{2} \cdot \frac{0,303}{0,303+0,303+0,303+0,303} = -0,375$$



- Determinación de fuerzas de sujeción (H): para este marco se utilizarán las fuerzas por marco (Fm) obtenidas en la distribución de la fuerza de cortante de sismo por nivel (F<sub>x</sub>). Estos generan condiciones más críticas que las fuerzas por marco encontradas en el análisis por torsión.

$$H_1 = 8,523 \text{ t}$$

$$H_2 = 8,198 \text{ t}$$

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso (Q<sub>n</sub>) rígidos

$$Q_n = \sum H$$

$$Q_{n2} = 8,198 \text{ t}$$

$$Q_{n1} = 8,523 + 8,198 = 16,721 \text{ t}$$

- Cálculo de momentos de piso (M<sub>n</sub>)

$$M_{n2} = 8,198 * 3,30 / 3 = 9,012 \text{ t-m}$$

$$M_{n1} = 16,721 * 4,60 / 3 = 25,639 \text{ t-m}$$

Tabla XII. **Momentos finales en vigas del marco H**

Elemento				M <sub>cv</sub>	M <sub>cm</sub>	M <sub>cs</sub>
VIGA F-C	M(-)	C	F	0,166	0,572	3,582
	M(-)	F	C	-0,191	-1,115	3,122
VIGA F-I	M(-)	F	I	0,180	1,055	2,514
	M(-)	I	F	-0,166	-0,835	2,366
VIGA I-L	M(-)	I	L	0,105	0,685	3,681
	M(-)	L	I	-0,056	-0,201	4,432
VIGA B-E	M(-)	B	E	0,549	0,928	9,238
	M(-)	E	B	-1,040	-1,579	7,789
VIGA E-H	M(-)	E	H	0,987	1,516	6,163
	M(-)	H	E	-0,767	-1,225	5,985
VIGA H-K	M(-)	H	K	0,603	0,960	8,626
	M(-)	K	H	-0,170	-0,321	9,581

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.5.9. Análisis estructural realizado con asistencia de computador a través de ETABS 2015®**

En la actualidad se pueden encontrar diversos software que se utilizan para realizar el análisis estructural de manera simplificada, ingresando una serie de datos. Para el análisis estructural de este proyecto se utiliza el software ETABS 2015® con los siguientes datos de entrada:

Datos de entrada:

Especificaciones generales

Concreto:  $f'c = 281 \text{ kg/cm}^2 - 4\ 000\text{PSI}$

Peso por unidad de volumen:  $2\ 400 \text{ kg/m}^3$

Módulo de elasticidad:  $251\ 000,00 \text{ kg/cm}^2$

Acero:  $f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$ ,

Coeficiente de Poisson: 0,2

Vigas: 0,25 m X 0,50 m

Columnas: 0,40 m X 0,40 m

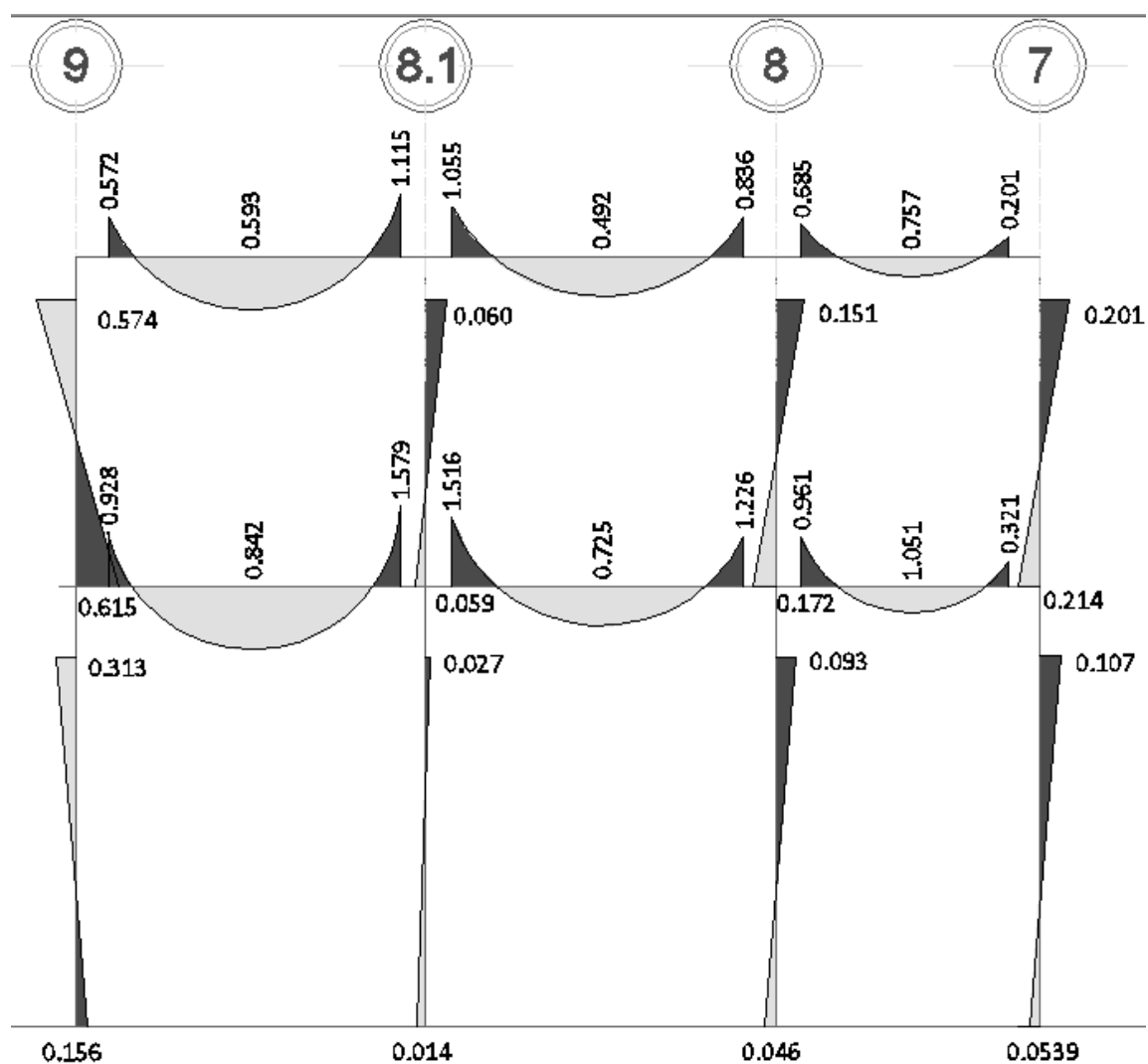
Carga viva en losa del primer nivel y pasillo:  $500 \text{ kg/m}^2$

Carga viva en losa del segundo nivel:  $100 \text{ kg/m}^2$

#### **2.1.5.10. Diagramas de fuerza cortante y momento flector**

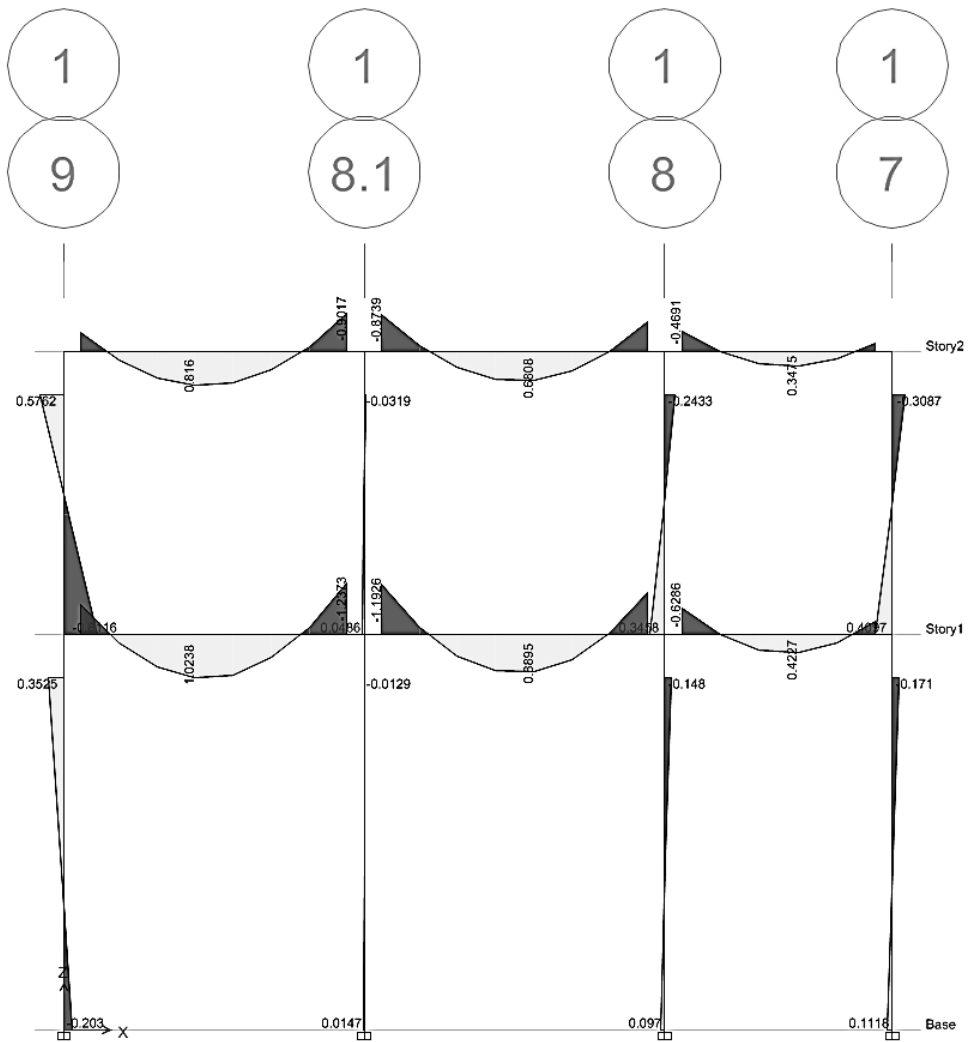
Estos diagramas son la representación gráfica de las fuerzas resultantes de la aplicación de una carga, ya sea puntual o distribuida, sobre el elemento que se está analizando. Los elementos se diseñan estructuralmente de manera que sean capaces de soportar, como mínimo, las magnitudes resultantes de la aplicación de dicha carga.

Figura 7. Diagrama de momentos de carga muerta marco H (tf-m)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 8. Diagrama de momentos de carga muerta marco H (tf-m)



Fuente: Elaboración propia, empleando ETABS 2015.

#### 2.1.5.11. Confrontación de resultados entre ambos métodos

El diseño a través del programa ETABS 2015 y método numérico utilizado presentan diferencias significativas en los resultados. Esto debido a que el

análisis del modelo computarizado se basa en una estructura de datos integrada y centralizada, eliminando así los problemas de redundancia y el control de datos. Además, este toma en cuenta el comportamiento torsional de los diafragmas de cada piso, para un análisis que abarca el ciclo de vida completo del edificio, contrario al método numérico. En él se desarrollan iteraciones infinitas y se analiza marco por marco en ambos sentidos de la estructura.

Y a pesar de todas sus ventajas, el modelo en computadora presenta la desventaja de desconocer las normas utilizadas en el país. Por ello solo se asumen normas internacionales similares para cada tipo de material utilizado y su aplicación. Además, los conocimientos resultan imprescindibles para una utilización correcta y eficaz sobre todo para la administración de la base de datos.

#### **2.1.6. Diseño estructural**

En esta sección se procederá a determinar las secciones finales de los elementos. Así como el refuerzo a compresión o flexión que necesiten para soportar los momentos, cargas axiales, determinadas en las secciones anteriores.

Para el diseño de los elementos estructurales se utilizan los siguientes datos:

Losas

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

$$Wc = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

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

$$Es = 2,0 \text{ E6 kg/cm}^2$$

$$Ec = 15\,100^2 \sqrt{f'c}$$

Vigas y columnas

$$\begin{array}{lll} f'c = 281 \text{ kg/cm}^2 & f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2 & E_c = 15\,100 \sqrt{f'c} \\ Wc = 2\,400 \text{ kg/m}^3 & E_s = 2,0 \text{ E6 kg/cm}^2 & \end{array}$$

Zapatas

$$\begin{array}{lll} f'c = 281 \text{ kg/cm}^2 & f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2 & E_c = 15,100 \sqrt{f'c} \\ Wc = 2\,400 \text{ kg/m}^3 & E_s = 2,0 \text{ E6 kg/cm}^2 & \end{array}$$

#### 2.1.6.1. Curva envolvente de momentos

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren al superponer los efectos de las cargas muerta, viva y sismo. Las combinaciones que se usan son del Código ACI 318-08 para concreto reforzado. La fuerza de corte y momentos flectores se toman a rostro para el diseño estructural. Para el diseño se toman los valores máximos.

$$\begin{array}{ll} \text{Comb 1} & M = 1,4M_{CM} + 1,7M_{CV} \\ \text{Comb 2} & M = 0,75 (1,4 M_{CM} + 1,7 M_{CV} + 1,87 M_{SISMO}) \\ \text{Comb 3} & M = 0,75 (1,4 M_{CM} + 1,7 M_{CV} - 1,87 M_{SISMO}) \\ \text{Comb 4} & M = 0,9M_{CM} + 1,43M_{SISMO} \\ \text{Comb 5} & M = 0,9M_{CM} - 1,43M_{SISMO} \end{array}$$

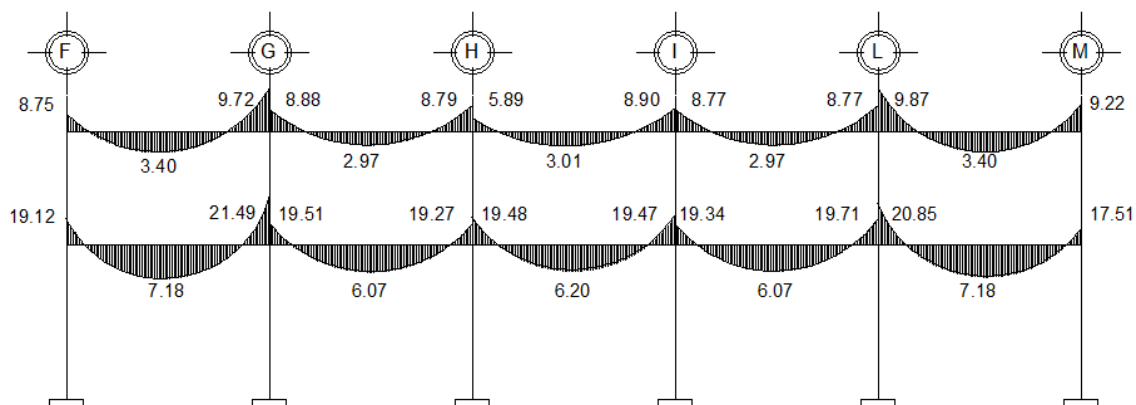
Analizando todas las combinación se concluye que la combinación 1 genera los momentos más críticos al centro de la viga, (+), ya que para el momento positivo no se considera la interacción del sismo. Únicamente las cargas vivas y muertas distribuidas uniformemente a lo largo del elemento. Para los momentos críticos en los extremos (-) se considera utilizar la combinación 2.

Tabla XIII. **Envolvente de momentos para marco H sobre el eje Y (t-m)**

Marco H									
Elemento		M <sub>CV</sub>	M <sub>CM</sub>	M <sub>SISMO</sub>	Comb1	Comb2	Comb 3	Comb 4	Comb 5
VIGA F-C	M(-) CF	0,167	0,572	3,582	1,084	5,836	-4,210	5,637	-4,607
	M(+)	0,090	0,593	0,000	0,984	0,758	0,758	0,534	0,534
	M(-) FC	0,191	1,115	3,122	1,886	5,793	-2,964	5,468	-3,460
VIGA F-I	M(-) FI	0,180	1,055	2,514	1,784	4,864	-2,189	4,545	-2,646
	M(+)	0,095	0,492	0,00	0,851	0,638	0,638	0,443	0,443
	M(-) IF	0,166	0,836	2,367	1,452	4,408	-2,230	4,136	-2,632
VIGA I-L	M(-) IL	0,105	0,685	3,682	1,138	6,017	-4,310	5,881	-4,648
	M(+)	0,123	0,757	0,00	1,268	0,951	0,951	0,681	0,681
	M(-) LI	0,056	0,201	4,432	0,377	6,499	-5,934	6,519	-6,157
VIGA B-E	M(-) BE	0,549	0,928	9,238	2,232	14,630	-11,282	14,045	-12,375
	M(+)	0,549	0,842	0,00	2,111	1,583	1,583	0,758	0,758
	M(-) EB	1,040	1,579	7,789	3,979	13,909	-7,940	12,560	-9,718
VIGA E-H	M(-) EH	0,987	1,516	6,163	3,799	11,493	-5,794	10,177	-7,449
	M(+)	0,465	0,725	0,00	1,805	1,354	1,354	0,652	0,652
	M(-) HE	0,770	1,226	5,985	3,024	10,662	-6,126	9,662	-7,456
VIGA H-K	M(-) HK	0,603	0,961	8,626	2,371	13,876	-10,320	13,200	-11,471
	M(+)	0,630	1,057	0,00	2,551	1,913	1,913	0,951	0,951
	M(-) KH	0,170	0,321	9,581	0,740	13,993	-12,883	13,991	-13,42

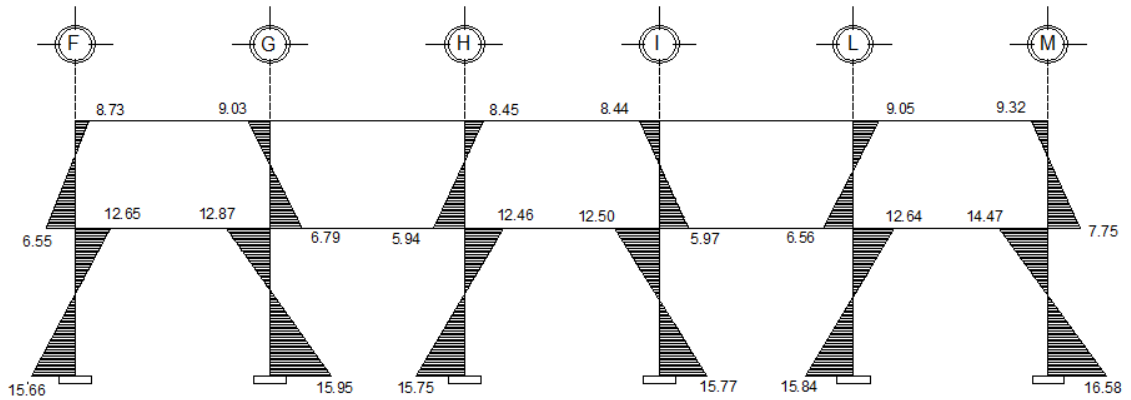
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Diagrama de momentos últimos para vigas marco 8,1 (t)**



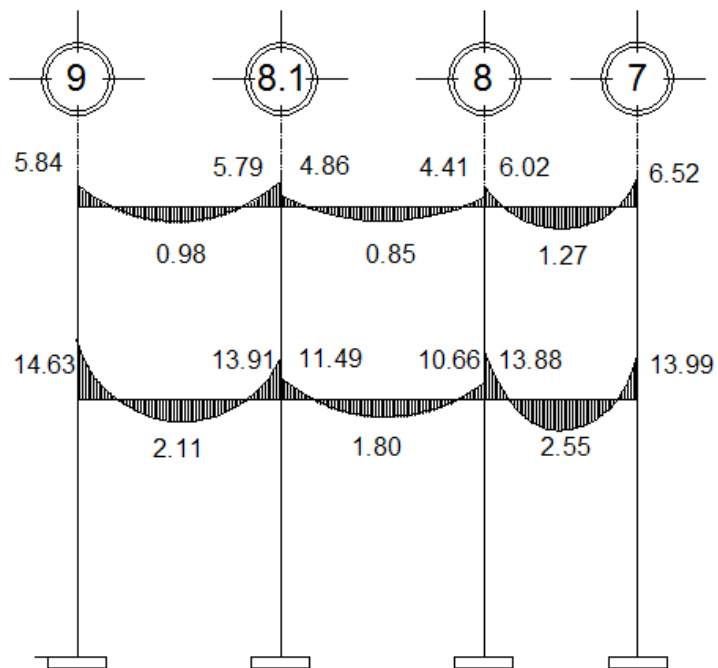
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 10. **Diagrama de momentos últimos para columnas marco 8,1 (t)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

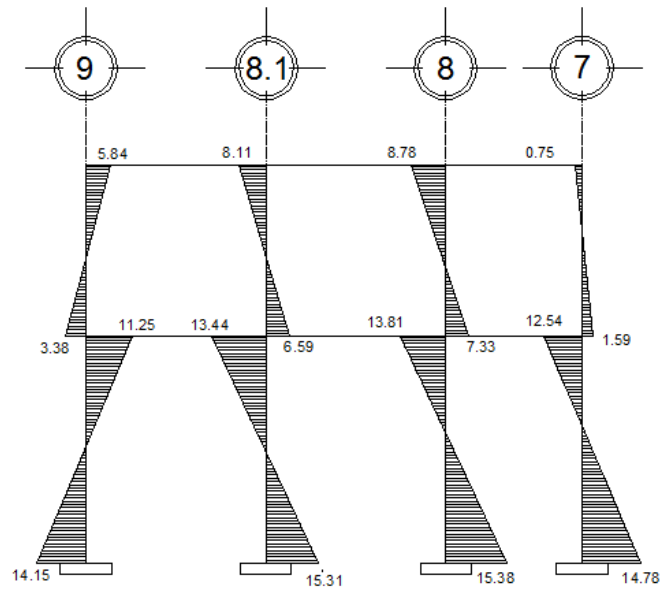
Figura 11. **Diagrama de momentos últimos para vigas marco H (t)**



Fuente: Elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

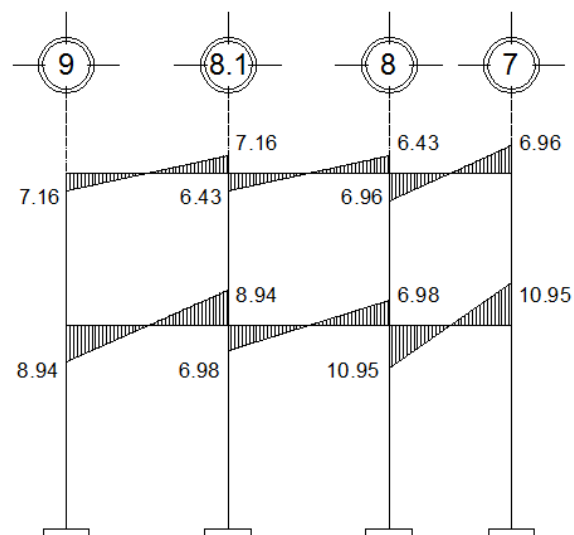


Figura 12. **Diagrama de momentos últimos para columnas marco H (t)**



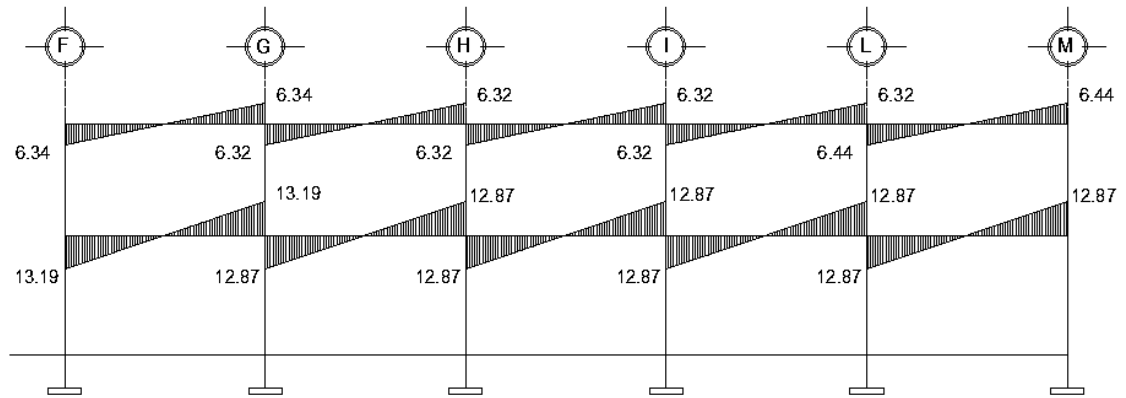
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 13. **Diagrama de corte último para vigas marco H (t)**



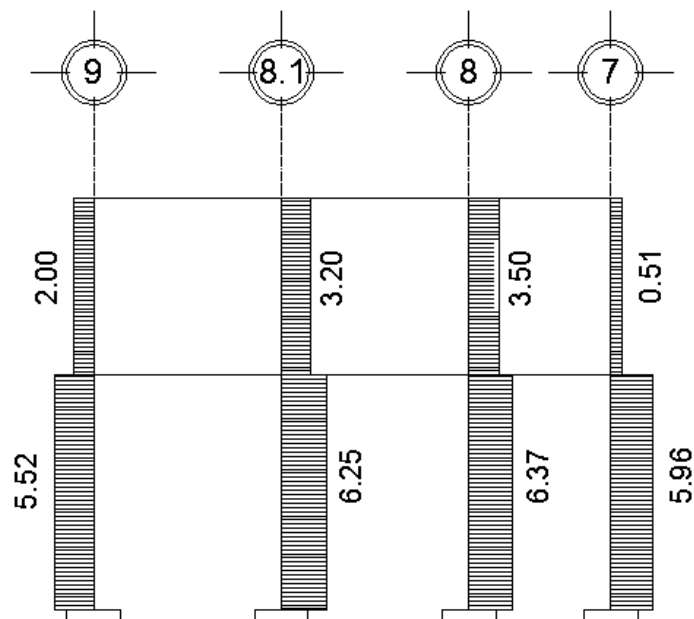
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 14. Diagrama de corte último para vigas marco 8,1 (t)



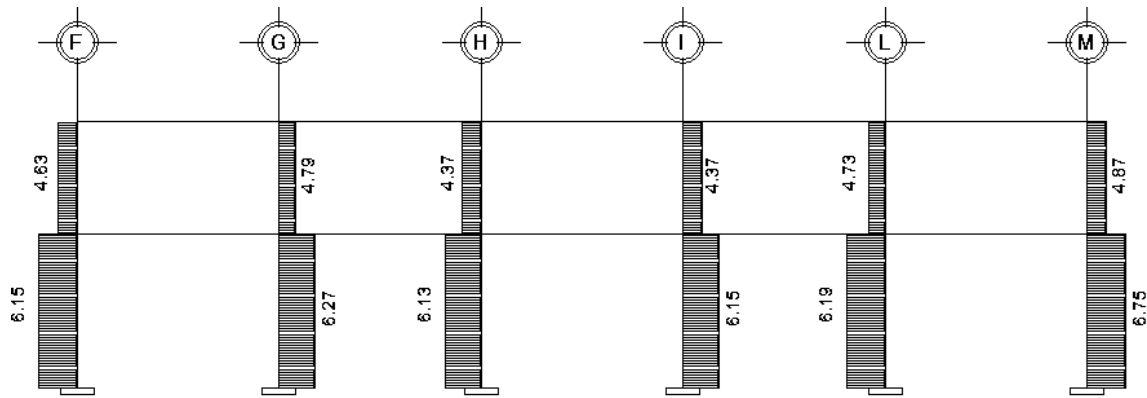
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 15. Diagrama de corte último para columnas marco H (t)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 16. **Diagrama de corte último para columnas marco 8,1 (t)**



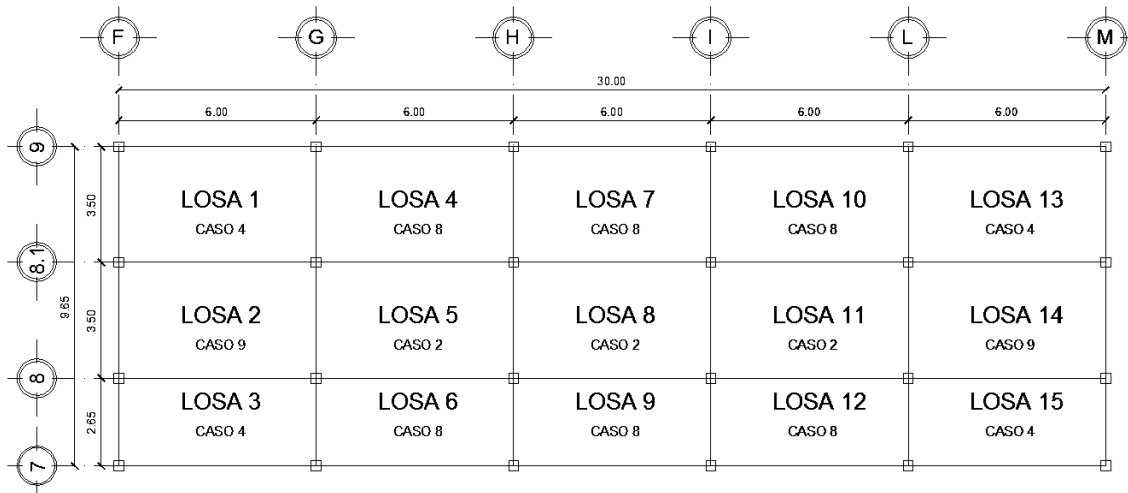
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### 2.1.6.2. Losas

Son elementos rígidos que separan los espacios verticales de la edificación formando así los diferentes pisos de forma adecuada y cumpliendo con la funcionalidad arquitectónica. Las losas cumplen con su función estructural, deben ser capaces de soportar las cargas de servicio, mobiliario y equipo, personas, entre otras (carga viva y muerta). Además forman un diafragma rígido intermedio para atender la función sísmica del conjunto.

Para el diseño de las losas de este proyecto se utilizará la Norma ACI 318, con sus tablas correspondientes.

Figura 17. **Planta típica distribución de losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Se realizará el cálculo correspondiente para las losas intermedias, nivel 1, de la siguiente manera:

- Espesor de losa (t)

Se utilizará el espesor de losa obtenido en la sección 1.1.5.1.  $t = 0,11$  m.

Relación m

$$m = a/b$$

Losas aulas  $m = 3,50/6,00 = 0,58$

Losas pasillos  $m = 2,65/6,00 = 0,44$

Las losas del pasillo (3, 6, 9, 12 y 15) trabajan en un sentido.

- Integración de cargas

Carga muerta

Peso losa = 264 kg/m<sup>2</sup>

Peso piso = 120 kg/m<sup>2</sup>

Peso muros = 150 kg/m<sup>2</sup>

Peso sobrecarga = 75 kg/m<sup>2</sup>

Total carga muerta= 609,00 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva

Pasillos = 500 kg/ m<sup>2</sup>

Aulas = 500 kg/ m<sup>2</sup>

Carga última

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

Losas aulas

$$CU = 1,4 (609) + 1,7 (500)$$

$$CU = 852,60 + 850 = 1\,702,6 \text{ Kg/m}^2$$

Losas pasillos

$$CU = 1,4 (609) + 1,7 (500)$$

$$CU = 852,6 + 850 = 1\,702,6 \text{ Kg/m}^2$$

Momentos actuantes

$$M_{a(-)} = C_i \cdot CU \cdot a^2 \quad M_{a(+)} = C_i \cdot CM_u \cdot a^2 + C_i \cdot CV_u \cdot b^2$$

$$M_{b(-)} = C_i \cdot CU \cdot b^2 \quad M_{b(+)} = C_i \cdot CM_u \cdot b^2 + C_i \cdot CV_u \cdot b^2$$

Donde:

$C_i$  = coeficiente de tablas ACI 318.

$C_U$  = carga última actuante sobre una franja unitaria.

$a$  = dimensión del lado corto de la losa.

$b$  = dimensión del lado largo de la losa.

$CM_u$  = carga muerta multiplicada por el factor de seguridad (1,4) actuante sobre una franja unitaria.

$CV_u$  = carga viva multiplicada por el factor de seguridad (1,7) actuante sobre una franja unitaria.

Cálculo de momentos actuantes

Losas 1 y 13 (caso 4,  $m=0,60$ )

$$M_{a(-)} = 0,089 * 1\,702,6 * 3,50^2 = 1\,856,26 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = 0,053 * 852,6 * 3,50^2 + 0,067 * 850 * 3,50^2 = 1\,251,19 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,011 * 1\,702,6 * 6,00^2 = 674,23 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 0,007 * 852,6 * 6,00^2 + 0,009 * 850 * 6,00^2 = 490,26 \text{ kg-m}$$

Losas 5, 8 y 11 (caso 2,  $m=0,60$ )

$$M_{a(-)} = 0,080 * 1\,702,6 * 3,50^2 = 1\,668,55 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = 0,048 * 852,6 * 3,50^2 + 0,065 * 850 * 3,50^2 = 1\,178,14 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,018 * 1\,702,6 * 6,00^2 = 1\,103,28 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 0,007 * 852,6 * 6,00^2 + 0,009 * 850 * 6,00^2 = 490,26 \text{ kg-m}$$

Losas 4, 7 y 10 (caso 8, m = 0,60)

$$M_{a(-)} = 0,081 * 1\,702,6 * 3,50^2 = 1\,689,40 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = 0,034 * 852,6 * 3,50^2 + 0,058 * 850 * 3,50^2 = 959,03 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,010 * 1\,702,6 * 6,00^2 = 612,94 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 0,004 * 852,6 * 6,00^2 + 0,007 * 850 * 6,00^2 = 336,97 \text{ kg-m}$$

Losas 2 y 14 (caso 9, m=0,60)

$$M_{a(-)} = 0,085 * 1\,702,6 * 3,50^2 = 1\,772,83 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = 0,036 * 852,6 * 3,50^2 + 0,059 * 850 * 3,50^2 = 990,33 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,006 * 1\,702,6 * 6,00^2 = 367,76 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 0,004 * 852,6 * 6,00^2 + 0,007 * 850 * 6,00^2 = 336,97 \text{ kg-m}$$

#### **2.1.6.2.1. Balance de momentos (MB)**

Cuando dos losas comparten un lado en común y, en el mismo ambas presentan una diferencia en la magnitud de los momentos actuantes, se deben balancear según el siguiente criterio:

Si  $80 \% M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$ ; entonces  $MB = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}})/2$

Si  $80 \% M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$ ; entonces  $MB = \text{proporcional a su rigidez}$

Balance de momentos entre losas 1 y 4

$$M_{\text{mayor}} = \text{Losa 4} = 1\,103,28 \text{ kg - m}$$

$$M_{\text{menor}} = \text{Losa 1} = 674,23 \text{ kg - m}$$

$0,80 (1\ 103,28) = 882,63\text{ kg-m} > 674,23\text{ kg-m}$ ; entonces, el balance de momentos se realiza por el método de rigideces.

$$K=1/L$$

$$FD_i = \frac{K_i}{\sum K_i}$$

$$\mu_i = FD_i * (M_B - M_A)$$

$$MBal_B = M_B - \mu_{iB} \quad MBal_A = M_A + \mu_{iA}$$

$$MBal_B = MBal_A$$

Donde:

A = datos del momento menor a balancear.

B = datos del momento mayor a balancear.

L = longitud de la luz de la losa en el sentido a balancear.

K = rigidez del elemento.

$\mu$  = factor de corrección de momento, se suma al momento menor y se resta del momento mayor.

FD= factor de distribución de losas.



Tabla XIV. **Balance de momentos métodos de rigideces**

	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Losa</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
Momento	674,23	1 103,28
L	6,00	6,00
K	0,167	0,167
FD	0,5	0,5
Dif (B-A)	429,06	429,06
$\mu$	214,53	214,53
BALANCE	888,757	888,757

Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos entre losas 1 y 2

$M_{\text{mayor}} = \text{Losa 1} = 1\,856,26 \text{ kg-m}$

$M_{\text{menor}} = \text{Losa 2} = 1\,772,83 \text{ kg-m}$

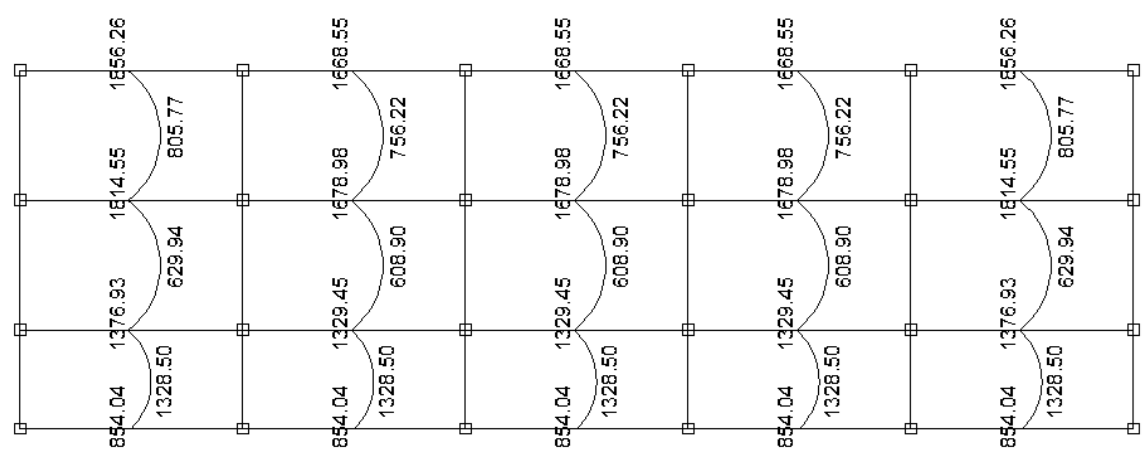
$0,80 (1\,856,26) = 1\,485,00 \text{ kg-m} < 1\,772,83 \text{ kg-m};$

Entonces, el balance de momentos se realiza por promedio.

$$M_{\text{bal}} = (M_B + M_A) / 2$$

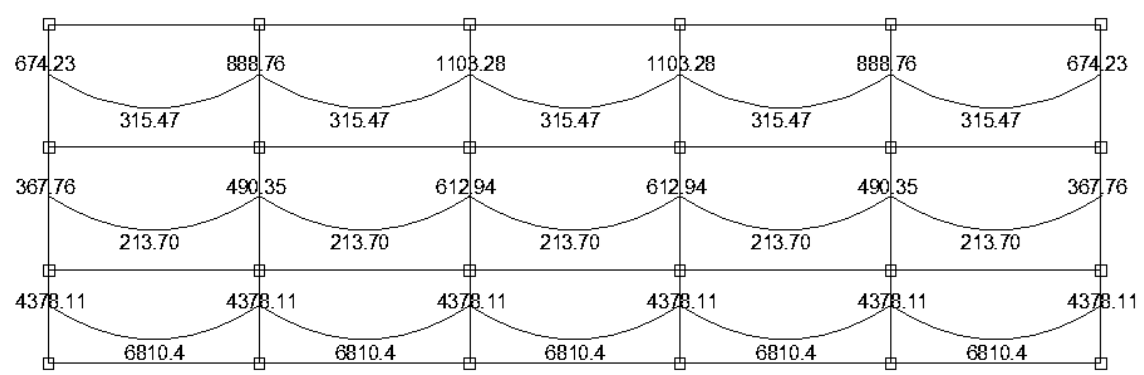
$$M_{\text{bal}} = (1\,856,26 + 1\,772,83) / 2 = 1\,814,55 \text{ kg-m}$$

Figura 18. Momentos balanceados primer nivel eje Y (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 19. Momentos balanceados primer nivel eje X (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### 2.1.6.2.2. Armado de losas

- Diseño del acero de refuerzo: para este diseño se propone utilizar varillas núm. 3, que poseen un área de acero de  $0,71 \text{ cm}^2$ .

Peralte efectivo (d)

$$d = t_{\text{losa}} - \text{rec} = 0,11 \text{ m} - 0,025 \text{ m} = 0,085 \text{ m} = 8,50 \text{ cm}$$

Cálculo de acero límite

Acero mínimo

$$A_{\text{Smin}} = 0,40 * (14,1/f_y) * b * d$$

Donde:

d = peralte efectivo de la losa

b = franja unitaria (100 cm)

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

$$A_{\text{Smin}} = 0,40 * (14,10/2\,810) * 100 * 8,50 = 1,71 \text{ cm}^2$$

Se calcula un espaciamiento (S) considerando una varilla núm. 3, de la siguiente manera:

$$S = A_v / A_s = 0,71/1,71 = 0,415 \text{ m} = 41,50 \text{ cm}$$

Tomando en cuenta lo establecido en el capítulo 13, sección 13.3.2 del ACI 318-08, que el espaciamiento (S) no debe exceder el doble del espesor de la losa, es decir:

$$S_{\max} = 2 * t_{\text{llosa}}$$

$$S_{\max} = 2 * 11 \text{ cm} = 22 \text{ cm}$$

Para facilidad en el proceso constructivo se utilizará, para las losas, un espaciamiento máximo de 20 cm.

El espaciamiento encontrado es mayor que el espaciamiento máximo. Por ello se procede a calcular el área de acero mínimo para espaciamiento máximo, de la siguiente forma:

$$A_{S\min} = 0,71 * 100 / 20 = 3,55 \text{ cm}^2$$

El armado de la losa resulta acero núm. 3 a cada 15 cm < 20 cm, cumple con el espaciamiento máximo.

Teniendo una nueva área de acero mínimo se procede a calcular el momento mínimo que soporta dicha área.

Cálculo de momento resistente para área de acero mínima ( $MR_{\min}$ )

$$MR_{\min} = 0,90 \left[ A_{S\min} * f_y * \left( d - \frac{A_{S\min} * f_y}{1,7 * f'_c * B} \right) \right]$$

$$MR_{\min} = 0,90 \left[ 3,55 * 2810 * \left( 8,5 - \frac{3,55 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right]$$

$$MR_{\min} = 738,167 \text{ Kg-m}$$

- Cálculo de áreas de acero: para los momentos menores que el  $MR_{\min}$  se utiliza el área de acero mínima y para los momentos mayores soportados se calcula su respectiva área de acero, utilizando la siguiente ecuación:

$$As = \left[ (b \cdot d) - \sqrt{\frac{M_U \cdot b}{0,003825 \cdot f'_c}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y}$$

Donde:

$M_U$  = Momento último (Kg-m)

b y d = en cm

$f'_c$  y  $f_y$  = en Kg/cm<sup>2</sup>

$As$  = resulta en cm<sup>2</sup>

- Chequeo por fuerzas cortantes: todas las losas resisten una fuerza cortante actuante. Dichos esfuerzos deben resistirse directamente por el concreto, por tal razón, deben chequear si el espesor de losa ( $t_{losa}$ ) que se utiliza es el adecuado. Este chequeo se realiza con las siguientes condiciones:

$$V_{Act} < V_C$$

$$V_{Act} = C_u \cdot L / 2$$

$$V_C = 45 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot t_{losa}$$

$$V_{Act} = 1\,702,60 \cdot 2,65 / 2$$

$$V_{Act} = 2\,255,95 \text{ Kg}$$

$$V_C = 45 \cdot \sqrt{210} \cdot 11$$

$$V_C = 7\,173,23 \text{ kg}$$

$$2\,255,95 \text{ kg} < 7\,173,23 \text{ kg}$$

La fuerza resistente al corte ( $V_C$ ) es mucho mayor que la fuerza cortante actuante ( $V_{act}$ ). Esto indica que el espesor de losa ( $t_{losa}$ ) utilizado 11 cm, es correcto. En caso contrario a este, se procedería a aumentar el espesor de la losa y realizar de nuevo el cálculo correspondiente.

Para el armado de losas se utilizarán varillas núm. 3 (3/8"), distribuidas @ 0,15 m en ambos sentidos, en el segundo nivel, mientras que en el primer nivel se colocarán varillas núm. 3 (3/8") @ 0,10 m.

Además, para ambos niveles se colocará un armado de núm. 3 @ 0,40 m, por concepto de acero por temperatura. (Ver plano de losas)

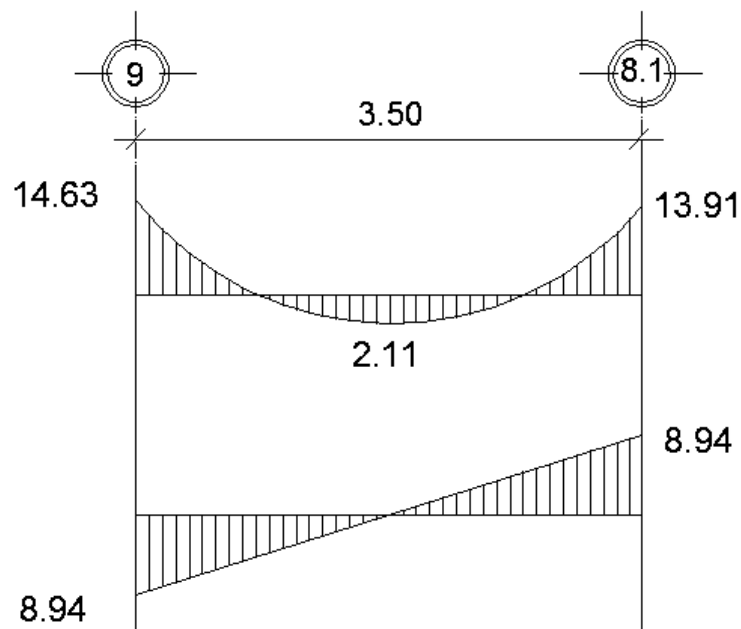
### **2.1.6.3. Vigas**

Son elementos que reciben las cargas de las losas y las transmiten hacia las columnas. Estos trabajan fundamentalmente a flexión, aunque deben resistir fuerzas cortantes y de torsión.

Se diseñará la viga crítica, es decir la que soporte mayores momentos actuantes, para cada eje y el armado de esta se tomará para el resto de las vigas.

- Diseño de viga crítica: para el eje Y, se diseñará la viga del primer nivel entre los ejes 9 y 8.1 del marco H. Ya que es la viga que presenta los momentos últimos mayores, obtenidos en la envolvente de momentos.

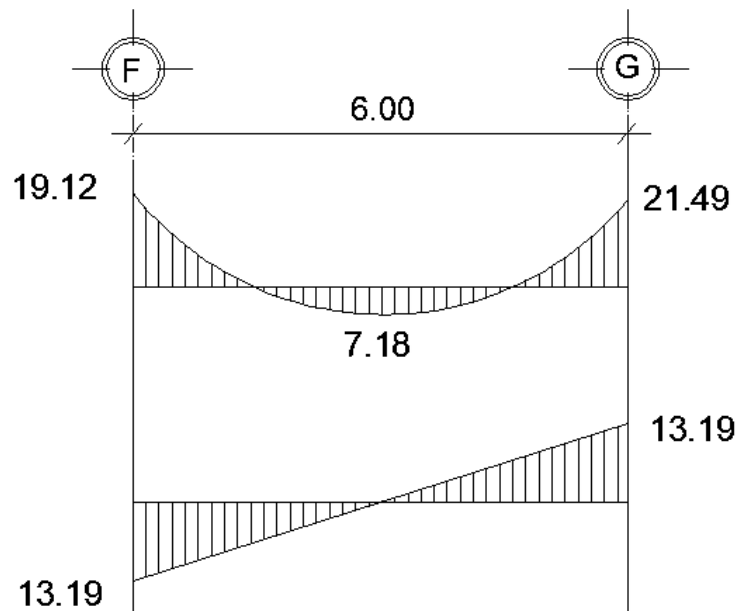
Figura 20. **Momentos últimos viga 9-8,1 marco H (t-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Para el eje X se diseñará la viga, del primer nivel, entre los ejes F y G del marco 8,1. Ya que es la viga que presenta los momentos últimos mayores, obtenidos en la envolvente de momentos.

Figura 21. **Momentos últimos viga F-G marco 8,1 (t-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

#### 2.1.6.3.1. Diseño a flexión

- Límites de acero de refuerzo

Acero mínimo

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d \quad ; \quad \rho_{min} = 14,1 / f_y$$

Donde:

$\rho_{min}$  = cuantía de acero mínimo

b = 25 cm

d = 46 cm

$f_y$  = 4 200 kg/cm<sup>2</sup>



$$\rho_{\min} = \frac{14,1}{4\,200} = 0,00335$$

$$A_{S\min} = 0,00335 \cdot 25 \cdot 46 = 3,86 \text{ cm}^2$$

Acero máximo

$$A_{S\max} = \Phi \cdot \rho_{\text{bal}} \cdot b \cdot d$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{6\,090}{6\,090 + f_y}$$

Donde:

$\rho_{\text{bal}}$  = cuantía de acero balanceado

$\Phi$  = factor de reducción según zona sísmica

$\beta_1$  = factor de reducción de  $f'_c$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 280}{4\,200} \cdot \frac{6\,090}{6\,090 + 4\,200} = 0,0285$$

$$A_{S\max} = 0,50 \cdot 0,0285 \cdot 25 \cdot 46 = 16,39 \text{ cm}^2$$

Cálculo de área de acero requerida por los momentos últimos

Diseño de viga crítica para el eje X, marco 8,1

$$M_{(-) \text{ F-G}} = 19,12 \text{ t-m} = 19\,120 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-) \text{ G-F}} = 21,49 \text{ t-m} = 21\,494 \text{ kg-m}$$

$$M_{(+)} = 7,18 \text{ t-m} = 7\,184 \text{ kg-m}$$

$$V = 13,19 \text{ t} = 13\,193 \text{ kg}$$

Para el diseño se tomará el momento negativo de G-F, ya que cubre ambos momentos requeridos y el valor momento positivo correspondiente.

$$A_s = \left[ (b \cdot d) - \sqrt{\frac{M_U \cdot b}{0,003825 \cdot f_c}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y}$$

Donde:

$M_U$  = Momento último (Kg-m)

$b$  y  $d$  = en cm

$f_c$  y  $f_y$  = en Kg/cm<sup>2</sup>

$A_s$  = resulta en cm<sup>2</sup>

$$A_s(-) = \left[ (25 \cdot 46) - \sqrt{\frac{21\,494 \cdot 25}{0,003825 \cdot 280}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot 280}{4\,200}$$

$$A_s(-) = 13,82 \text{ cm}^2$$

$$A_s(+) = \left[ (25 \cdot 46) - \sqrt{\frac{7\,184 \cdot 25}{0,003825 \cdot 280}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot 280}{4\,200}$$

$$A_s(+) = 4,27 \text{ cm}^2$$

Verificando los límites de acero

$$A_{smin} < A_s < A_{smax}$$

$$3,86 \text{ cm}^2 < 13,82 \text{ cm}^2 < 16,39 \text{ cm}^2$$

$$3,86 \text{ cm}^2 < 4,27 \text{ cm}^2 < 16,39 \text{ cm}^2$$

Se puede observar en los resultados que las áreas de acero calculadas para cada momento último, se encuentran dentro de los límites de acero permitidos.

A continuación se procede a proponer la sección de las barras de acero longitudinal para cubrir los momentos que actúan sobre la viga crítica sobre el eje X. El capítulo 21 del código ACI 318 -05 en la sección 21.3.3.2 indica las siguientes condiciones para distribuir el acero de refuerzo:

- Cama superior: colocar dos varillas corridas longitudinales como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:
  - $A_{Smin} = 3,86 \text{ cm}^2$
  - $33\% A_{S(-) \text{ mayor}} 13,82 \text{ cm}^2 = 4,56 \text{ cm}^2$

Utilizar  $A_{Smin} = 4,56 \text{ cm}^2$

2 varillas corridas núm. 6 =  $5,70 \text{ cm}^2$

Diferencia entre acero requerido =  $13,82 - 5,70 = 8,12 \text{ cm}^2$

3 bastones núm. 6 =  $8,55 \text{ cm}^2 > 8,12 \text{ cm}^2$

Área total =  $5,70 + 8,55 = 14,25 \text{ cm}^2 > 14,28 \text{ cm}^2$

- Cama inferior: colocar dos varillas corridas longitudinales como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:
  - $A_{Smin} = 3,86 \text{ cm}^2$
  - $50\% A_{S(+)} = 2,13 \text{ cm}^2$
  - $50\% A_{S(-) \text{ mayor}} = 6,91 \text{ cm}^2$

Utilizar  $50\% A_{S(-) \text{ mayor}} = 6,91 \text{ cm}^2$

$$2 \text{ varillas núm. 6} = 5,70 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diferencia entre acero requerido} = 6,91 - 5,70 = 1,21 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ núm. 5} = 1,98 \text{ cm}^2 > 1,21 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área total} = 5,70 + 1,21 = 6,91 \text{ cm}^2$$

Para vigas en la cual la separación de las camas excede 30,50 cm es necesario colocar refuerzo adicional, para prevenir el agrietamiento causado por las fuerzas internas producidas por el fraguado. En el Código ACI se especifica que deber ser 1,61 cm<sup>2</sup> por cada pie de altura.

$$50 \text{ cm} = 1,57 \text{ pies}$$

$1,57 * 1,61 = 2,53 \text{ cm}^2$ ; se colocarán 2 varillas núm. 4 = 2,54 cm<sup>2</sup>, una en cada extremo ubicadas en el eje neutro de la viga.

#### 2.1.6.3.2. Diseño a cortante

Luego del cálculo del acero que soportará los momentos flectores se procede al cálculo del acero de refuerzo. Esto para la resistencia de los esfuerzos cortantes, de la siguiente manera:

- Cálculo del corte resistente por el concreto

$$\phi V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

$\phi$  = factor de reducción de resistencia en vigas = 0,85

b y d = en cm

$f'_c$  = en kg/cm<sup>2</sup>

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 25 * 46$$

$$\phi V_c = 8\,684,52 \text{ Kg} = 8\,685 \text{ t}$$

- Cálculo del corte actuante

$$V_U = 0,75 (1,4 V_{CM} + 1,7 V_{CM} + 1,87 V_{sismo})$$

$$V_{CM} = C_M * L / 2$$

$$V_{CV} = C_V * L / 2$$

$$V_{sismo} = (\sum M_{sismo}) / L$$

$V_U$  viga critica marco 8,1 (eje X) = 8,09 t

$V_U$  viga critica marco H (eje Y) = 8,94 t

Si  $V_U < V_c$  ; la viga necesita los estribos solo para armado.

Si  $V_U > V_c$  ; se diseñan los estribos de manera que resista el corte actante, por medio de una relación de triángulos:

$$S = 2 A_v * f_y * d / V_u$$

$$l = L / 2 - l'$$

$$l' = (V_c * L / 2) / V_u$$

Donde:

S = espaciamiento de estribos en longitud de confinamiento

$A_v$  = área de varilla a utilizar (Nº. 3 = 0,71 cm<sup>2</sup>)

L = longitud de la viga

$l'$  = longitud no confinada

l = longitud de confinamiento

$V_u$  viga crítica marco 8,1 (eje X) = 8,09 t

Debido a que el corte actuante es menor que el corte que resiste el concreto, se colocaran estribos de acuerdo a las especificaciones que requiere el código ACI, como se calculará más adelante.

$V_u$  viga crítica marco H (eje Y) = 8,94 t

$$S = (2 \cdot 0,71 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 46) / 8 \cdot 940 = 30,69 \text{ cm}$$

$$l' = (8,685 \cdot 3,50 / 2) / 8,94 = 1,70 \text{ m}$$

$$l = 3,5 / 2 - 1,70 = 0,05 \text{ m}$$

Cálculo del espaciamiento máximo para el acero de refuerzo

Del código ACI 318-08, se obtienen las siguientes condiciones:

- $S_{max}$  para longitud no confinada no debe ser mayor que:
  - $d/2 = 46/2 = 23 \text{ cm}$
  - 30 cm
- $S_{max}$  para longitud de confinamiento no debe ser mayor que:
  - $d/4 = 46/4 = 11,5 \text{ cm}$
  - 8 veces el diámetro del refuerzo longitudinal mayor =  $8(1,91) = 15,28 \text{ cm}$
  - 24 veces el diámetro del refuerzo transversal =  $24(0,95) = 22,80 \text{ cm}$
  - 30 cm

Para la longitud de confinamiento se utilizará un espaciamiento de 10 cm mientras que para la longitud no confinada se utilizará un espaciamiento de 20 cm, para todas las vigas. (Ver plano de detalles de vigas)

#### 2.1.6.4. Columnas

Son el soporte vertical de la estructura, generalmente están sometidos a esfuerzos de flexocompresión. Las cargas de entrepisos son transmitidas hacia las vigas. Estas las transmiten a las columnas, y luego estas la cimentación y suelo fundación.

Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales propias del elemento, en cada nivel. Esta carga se determina a través de las áreas tributarias. Los momentos flectores son tomados del análisis estructural, y se toman, para diseñar la columna, el mayor de los dos actuantes en los extremos.

Para ejemplificar el diseño de las columnas se tomará la columna cuyas condiciones sean críticas, es decir mayor área tributaria soportada y mayores momentos flectores actuantes en los extremos. En este caso se muestra el análisis para la columna del nivel 2, entre los ejes 8,1 y H.

- Carga axial

$$P_u = A_t * C_{U_{tot}} + P_{p_{vigas}} * F_{CU} ; \quad F_{CU} = C_{U_{tot}} / C_{tot} ; \quad C_{tot} = C_V + C_M$$

Donde:

$P_u$  = carga última actuante

$A_t$  = área tributaria que soporta la columna

$P_{p_{vigas}}$  = peso de viga que soporta la columna

$F_{CU}$  = factor de carga última

$C_{U_{tot}}$  = carga última mayorada

$C_{tot}$  = carga total

Datos:

$$CM = 364 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$At = 21 \text{ m}^2$$

$$L \text{ vigas} = 3 + 3 + 1,75 + 1,75 = 9,5 \text{ m}$$

Calculando

$$C_{tot} = C_v + C_m = 100 + 364 = 464 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_{tot} = 1,4 C_m + 1,7 C_v = 1,4 (364) + 1,7 (100) = 679,60 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU = 679,60 / 464,00 = 1,465$$

$$P_{pvigas} = b * h * L * \gamma_{concreto} = 0,25 * 0,50 * 9,5 * 2400 = 2850 \text{ kg}$$

$$P_u = At * CU_{tot} + P_{pviga} * FCU$$

$$P_u = 21 * 679,60 + 2850 * 1,465 = 18445,867 \text{ kg}$$

- Esbeltez (E): el comportamiento de las columnas depende, en gran parte, de su esbeltez, es decir, de la relación entre su longitud efectiva y las dimensiones de la sección transversal. Otro factor importante que define el comportamiento de las columnas son las condiciones de apoyo en sus extremos.

De acuerdo con su relación de esbeltez, las columnas se pueden clasificar en: cortas, intermedias y largas o esbeltas. Esta clasificación tiene como objetivo, ubicar las columnas en un rango. Esto para determinar su comportamiento bajo las cargas sometidas y diseñarlas en base a este criterio:

- Columnas cortas:  $E < 22$ , se diseñan con los datos originales del diseño estructural.



- Columnas intermedias:  $22 < E < 100$ , se diseñan magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas:  $E > 100$ , no se recomienda construirla.

Para determinar la esbeltez de la columna se utiliza la ecuación de Euler:

$$E = \frac{K_c * L_u}{\sigma}$$

Por lo que es necesario encontrar los valores del coeficiente de rigidez de la columna,  $K_c$ , la longitud efectiva de pandeo,  $L_u$ . El radio de giro de la sección transversal respecto al eje de flexión,  $\sigma$ , se tomará el 30 % del lado menor de la columna.

Donde:

$$K_c = ((20 - \Psi_p) / 20) * \sqrt{1 + \Psi_p} ; \text{ Para } \Psi_p < 2$$

$$K_c = 0,90 * \sqrt{1 + \Psi_p} ; \text{ para } \Psi_p \geq 2$$

$$\Psi_p = \sum K_{\text{columnas}} / \sum K_{\text{vigas}}$$

$$K = b * h^3 / L$$

Donde:

$K$  = rigidez

$b$  = base

$h$  = altura

$L$  = longitud del elemento

Sentido X-X

Sentido Y-Y

Datos:

L viga izq = 6,00 m

Lviga der= 6,00 m

Lcol 1 = 4,60 m

Lcol 2 = 3,30 m

Sec viga= b \*h =0,25\*0,50 m

Sec col= b\* h = 0,40\*0,40 m

Datos:

L viga izq = 3,50 m

Lviga der = 3,50 m

$$I_{viga} = b \cdot h^3 / 12 = (25) (50)^3 / 12 = 260\,416,67 \text{ cm}^4$$

$$I_{col} = b \cdot h^3 / 12 = (40) (40)^3 / 12 = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$K_{vigaX} = I_{viga} / L_{viga} = 260\,416,67 / 600 = 434,028$$

$$K_{vigaY} = 260\,416,67 / 3\,500 = 74,405$$

$$K_{col2} = 213\,333,33 / 330 = 646,465$$

$$K_{col1} = 213,333.33 / 460 = 463,768$$

$$\Psi_a = \frac{646,465 + 463,768}{434,028 + 434,028 + 74,405 + 74,405} = 0,47$$

$\Psi_b = 0$ ; Porque se asume una condición de empotramiento

$$\Psi_p = (0,47 + 0) / 2 = 0,235 < 2;$$

$$K_c = \frac{20 - 0,235}{20} \cdot \sqrt{1 + 0,235} = 1,098$$

$$E = \frac{K_c \cdot L_u}{\sigma}$$

$$E_{col1} = \frac{1,098 \cdot 4,60}{0,30 \cdot 0,40} = 42$$

$$E_{col2} = \frac{1,098 \cdot 3,30}{0,30 \cdot 0,40} = 30$$

Las columnas de ambos niveles se clasifican entre el rango de las columnas intermedias. Por ello se deben magnificar los momentos actuantes, para su diseño.

- Magnificación de momentos: para el diseño se utilizarán los mayores momentos actuantes sobre esta columna, obtenidos de la envolvente de momentos.

Es necesario la modificación de los valores antes mencionados, con el objeto de tomar en cuenta los efectos de desplazamientos. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método de magnificación de momentos del ACI 318-08, sección 10.10.5, descrito a continuación:

Los cálculos se realizarán ejemplificando el diseño para la columna 8,1-H en el segundo nivel.

Sentido X-X

Factor de flujo plástico

$$\beta_d = \frac{CM_U}{CU} = \frac{1,4 \cdot 364}{1,4 \cdot 364 + 1,7 \cdot 100} = 0,75$$

Rigidez EI

$$EI = \frac{0,40 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$

Donde:

$$E_c = \text{Esfuerzo del concreto} = 15\,100 \sqrt[3]{281} = 253\,122,13$$

$$I_g = \text{inercia} = b \cdot h^3 / 12 = 213\,333,33$$

$$EI = \frac{0,40 \cdot 253\,122,13 \cdot 213\,333,33}{1 + 0,75} = 1\,232,178 \text{ t-m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler (Pcr)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K_c \cdot L_u)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 1\,234,375}{(1,098 \cdot 3,30)^2} = 927,118 \text{ T}$$

Cálculo del magnificador de momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}}$$

$\phi = 0,75$  Si se usan estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{18,445}{0,75 \cdot 927,118}} = 1,027 \text{ para ambos ejes}$$

Momentos de diseño

$$M_d = \phi * M_u$$

$$M_x = 8,11 \text{ T-m}$$

$$M_y = 8,46 \text{ T-m}$$

$$M_{dx} = 1,027 * 8,11 = 8,33 \text{ t-m}$$

$$M_{dy} = 1,027 * 8,46 = 8,69 \text{ t-m}$$

Para calcular el acero longitudinal de la columna se utilizan los diagramas de interacción. Esto para calcular la carga máxima que resiste la columna. Con excentricidad en ambos sentidos se utiliza la ecuación de Bresler, que es un método aproximado para el cálculo del perfil de la superficie de falla. Como se presenta a continuación:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} + \frac{1}{P'_{uo}}}$$

Por indicaciones del ACI, el área de acero en una columna debe ser mayor que el 1 % de su sección transversal pero, no mayor al 6 % de la misma, para estructuras en zonas sísmicas. Por lo tanto:

$$A_{smin} = 1 \% (40*40) = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 6 \% (40*40) = 96 \text{ cm}^2$$

Para el diseño de esta columna se propone un armado de 4 núm. 8 + 4 núm. 5 equivalente a  $28,19 \text{ cm}^2 = 1,76\%$  del área de la sección transversal de la columna.

- Valores de la curva: se procede a calcular la cuantía de acero a utilizar en el diagrama de interacción, de la siguiente manera:

$$\rho_{\mu} = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot A_g}$$

$$\rho_{\mu} = \frac{28,19 \cdot 4200}{0,85 \cdot 281 \cdot 1600} = 0,25$$

- Valores de la gráfica

$$\gamma_{x,y} = \frac{d-d'}{h_{xy}} = \frac{0,36-0,04}{0,40} = 0,80$$

Donde:

$\gamma_{x,y}$  = relación de las secciones para cada sentido

$h_{xy}$  = dimensión de la columna en el sentido correspondiente al análisis

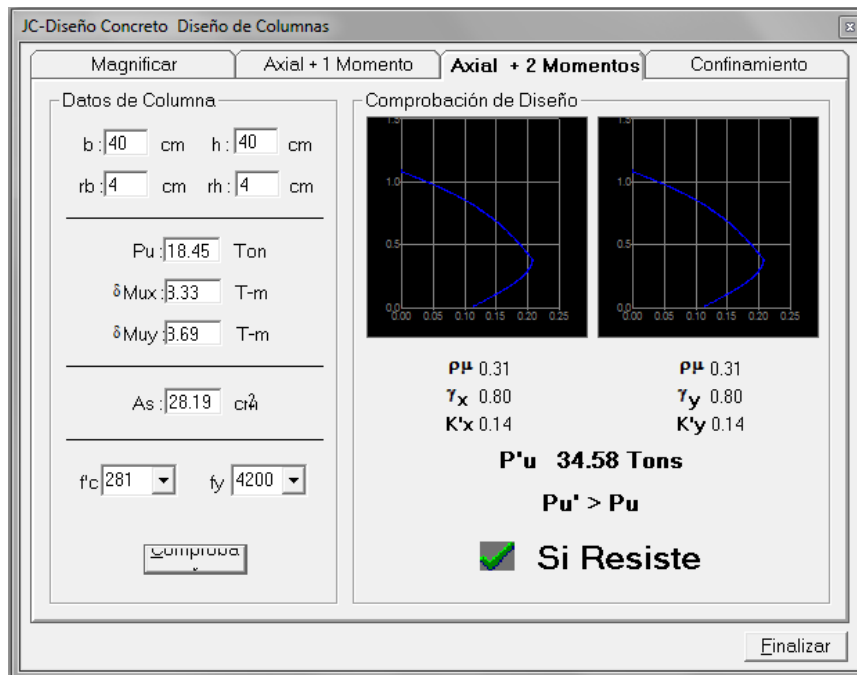
Cálculo de parámetros independientes:

$$\left[ \frac{e}{h} \right]_x = \left[ \frac{M_{dx}}{P_u \cdot h} \right]_x = \left[ \frac{8,33}{18,445 \cdot 0,40} \right] = 1,129 \text{ m}$$

$$\left[ \frac{e}{h} \right]_y = \left[ \frac{M_{dy}}{P_u \cdot h} \right]_y = \left[ \frac{8,69}{18,445 \cdot 0,40} \right] = 1,177 \text{ m}$$

- Valores de los coeficientes del diagrama de interacción: para la obtención del diagrama de interacción se utilizará el software JC-Diseño Concreto, con los datos de entrada calculados anteriormente.

Figura 22. Diagrama de interacción columna 8,1-H nivel 2



Fuente: elaboración propia, empleando JC-Diseño Concreto.

Como se observa en la figura anterior,  $K'x = 0,14$  y  $K'y = 0,14$ . Con estos valores se calculan las cargas de resistencia de la columna con ambas excentricidades, con el uso de las siguientes ecuaciones:

$$P'_x = K'_x \cdot f'_c \cdot A_g \quad ; \quad P'_y = K'_y \cdot f'_c \cdot A_g$$

$$P'_x = 0,14 \cdot 281 \cdot 1600 = 62,944 \text{ t}$$

$$P'_y = 0,14 \cdot 281 \cdot 1600 = 62,944 \text{ t}$$

Luego se procede a calcular la carga última que resiste la columna sin excentricidad:

$$P'_o = \phi [0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + (f_y A_{st})]$$

$$P'_o = 0,70 [0,85 \cdot 281 \cdot (1\,600 - 22,80) + (4\,200 \cdot 22,80)] = 330,73 \text{ t}$$

Aplicando la ecuación de Bressler:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{62,944} + \frac{1}{62,944} + \frac{1}{330,73}} = 34,78 \text{ t}$$

Para la aceptación del diseño de esta columna,  $P'_u$  debe ser mayor que  $P_n$ , que es la carga última magnificada por cuestiones de seguridad:

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{18,445 \text{ ton}}{0,70} = 26,35 \text{ t}$$

$P'_u > P_n$  ; Entonces el diseño es aceptable.

- Cálculo del acero transversal: para que la columna resista los esfuerzos cortantes que provoca la fuerza de sismo es necesario proveerla de estribos. Para darle ductilidad a las columnas, estos se deben confinar en los extremos de la misma.

El resultado del confinamiento es un aumento del esfuerzo de ruptura del concreto y además permite una deformación unitaria mayor para el elemento.

Verificando la resistencia al corte de la sección de la columna:



$$\phi V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 40 * 36 = 10,855 \text{ t}$$

$$\phi V = 10,8 \text{ ton} > V_u = 4,37 \text{ t}$$

Si el corte concreto es mayor que el corte último se colocan estribos a  $S=d/2$ ; si el corte último es mayor que el resistente por el concreto se debe diseñar el espaciamiento correspondiente. Para este diseño se considerará la sección de la varilla núm. 3.

$S = 36 / 2 = 18 \text{ cm}$ ; se utilizará una separación de 15 cm.

El espaciamiento del refuerzo en la zona de confinamiento ( $S_o$ ) no debe exceder a la menor de las siguientes opciones:

- La cuarta parte de la menor dimensión de la columna
- 6 veces el diámetro de las varilla longitudinal mayor (núm. 8)
- $S_o = A_v / (\rho_s - (h - 2rec))$  ;  $\rho_s = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left( \frac{0,85 * f'_c}{f_y} \right)$   $\rho_s > 0,12 * f'_c / f_y$

$$\rho_s = 0,45((40*40)/(32*32)-1)((0,85*281)/4200) = 0,014 ; \rho_s > 0,008$$

$$40 \text{ cm} / 4 = 10 \text{ cm}$$

$$6 * 2,54 \text{ cm} = 15,24 \text{ cm}$$

$$S_o = 0,95 / (0,014 * (40 - 2(4))) = 2,12 \text{ cm}$$

Se colocarán estribos núm. 3 @ 2 cm en longitud de confinamiento, en ambos extremos de la columna.

La longitud de confinamiento ( $l_o$ ) debe ser la mayor de las siguientes opciones:

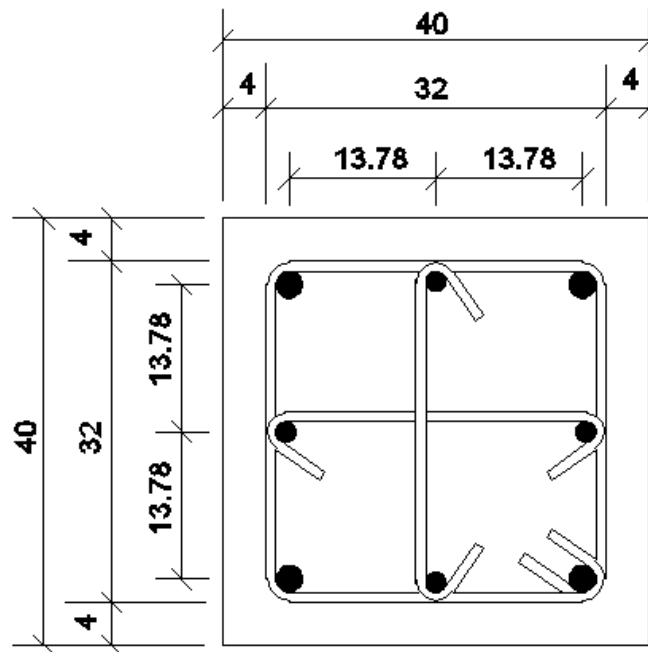
- La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir la fluencia por flexión (40 cm).
- Un sexto de la luz libre del elemento =  $(330-40)/6 = 48$  cm.
- $16 \Theta_{long} = 16 * 2,54 = 40,60$  cm.
- $48 \Theta_{trans} = 48 * 0,95 = 45,60$  cm.

La longitud de confinamiento a utilizar será de 50 cm en ambos extremos de la columna.

Se colocarán estribos cerrados núm. 3 + eslabones núm. 3 en las varillas intermedias, en ambos sentidos de la columna, según el código ACI 318-05, en el capítulo 7.10.5. Esto debido a la separación de las barras longitudinales en las caras.

El mismo procedimiento se aplicó a la columna 8,1-H nivel 1, dando como resultado un armado de 4 varillas núm. 8 + 4 varillas núm. 6 y refuerzo transversal núm. 3 @ 2 cm. Estos confinados en 75 cm en cada extremo y a cada 15 cm en la zona de no confinamiento.

Figura 23. **Sección típica de columna**

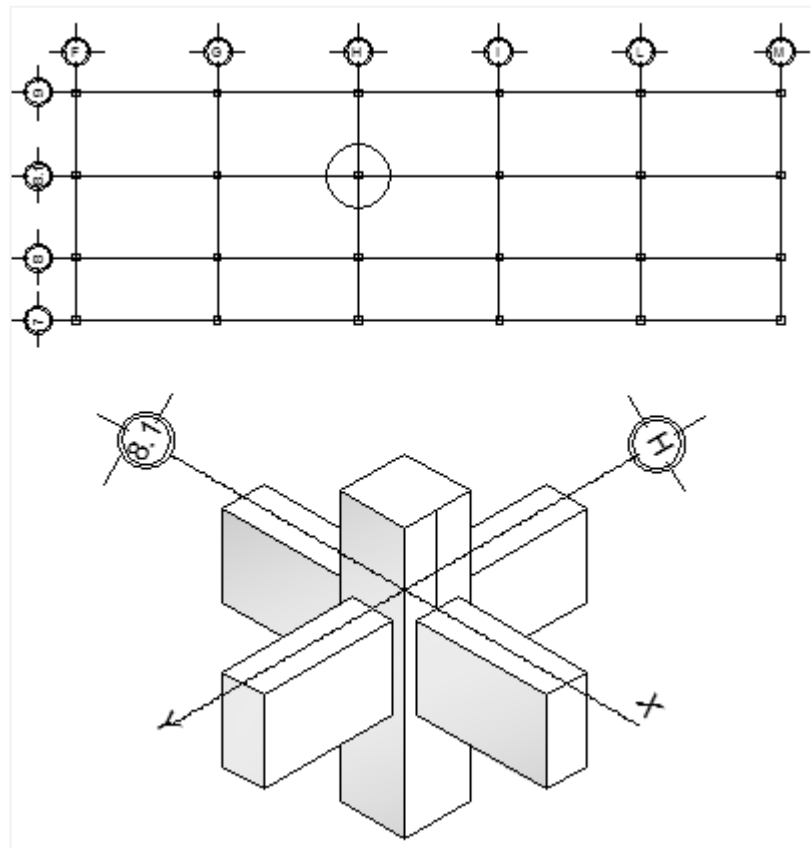


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

#### **2.1.6.5. Diseño de conexión viga-columna (nudos)**

Según ACI 352RS-02, una conexión viga-columna (nudo) se define como la porción de la columna localizada dentro de la altura de la viga más alta de las que lleguen a la columna.

Figura 24. **Conexión viga-columna a analizar (nudo 8,1-H)**

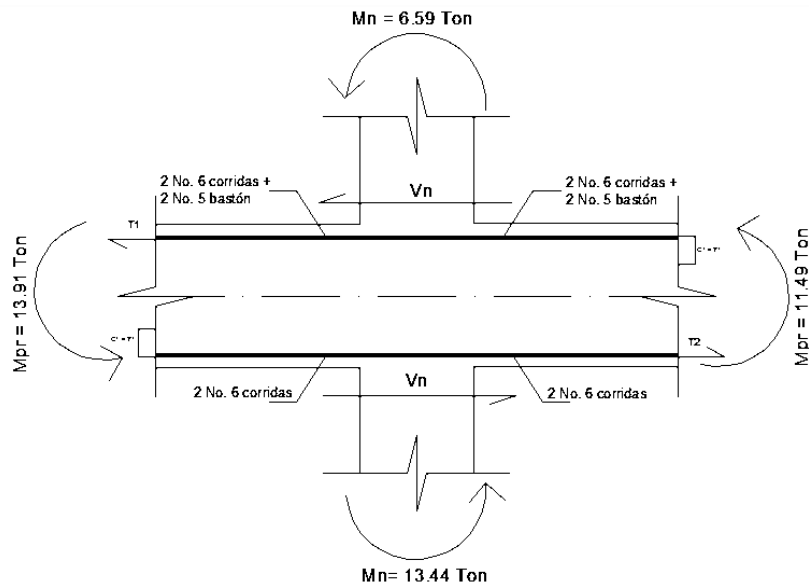


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Análisis del nudo sobre el eje Y

Chequeo de la resistencia a corte del nudo en sentido Y:

Figura 25. Diagrama de fuerzas actuantes en nudo sentido Y-Y'



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 201a.

Calculando momentos probables actuantes sobre el nudo:

As superior = 9,66 cm<sup>2</sup> (2 núm. 6 corridas + 2 bastones núm.5)

$$Mpr = A_s \alpha f_y \left( d - \frac{A_s \alpha f_y}{1,7 f' c * b} \right)$$

$$Mpr = 9,66 * 1,25 * 4\ 200 \left( 46 - \frac{9,66 * 1,25 * 4\ 200}{1,7 * 281 * 25} \right) = 2\ 117\ 523,77\ \text{kg-cm}$$

$$Mpr = 21\ 175,23\ \text{kg-m}$$

As inferior = 5,70 cm<sup>2</sup> (2 núm. 6 corridas)

$$M_{pr}^+ = A_s \alpha f_y \left( d - \frac{A_s \alpha f_y}{1,7 f' c b} \right)$$

$$M_{pr}^- = 5,70 * 1,25 * 4200 \left( 46 - \frac{5,70 * 1,25 * 4200}{1,7 * 281 * 25} \right) = 1301565,23 \text{ kg-cm}$$

$$M_{pr}^- = 13015,65 \text{ kg-m}$$

- Corte en nudo: el cortante horizontal de la columna ( $V_n$ ), puede obtenerse con la suposición de que las vigas en los pisos adyacentes también se deformarán formando articulaciones plásticas en las proximidades de su nudo, bajo efectos de los  $M_{pr}$  actuantes. Partiendo de que los momentos plásticos en el final de las vigas son resistidos por las columnas, arriba y abajo del nudo, de forma inversamente proporcional a su longitud, el cortante horizontal que actúa sobre la cara del nudo es aproximadamente:

$$V_n = \frac{2 (M_{pr}^+ + M_{pr}^-)}{H_{n1} + H_{n2}}$$

Donde:

$V_n$  = corte actuante en la cara del nudo, tanto superior como inferior.

$M_{pr}$  = momentos probables en las vigas, en los dos sentidos.

$H_n$  = distancia desde el nudo al centro de la columna en el nivel correspondiente.

$$V_n = \frac{2 (21175,23 + 13015,65)}{\frac{4,60}{2} + \frac{3,30}{2}} = 19,62 \text{ t}$$

- Fuerza cortante neta: es obtenida como la diferencia entre la fuerza de tracción del refuerzo superior a flexión de la viga del marco (con un esfuerzo de fluencia de 1,25 fy, según la sección 21.5.3.1. del ACI 318-05 y el corte horizontal de la columna superior, de la siguiente forma:

$$V_u = T_1 + T_2 - V_n ; T = 1,25 f_y * A_s$$

$$T_1 = 1,25 * 4200 * 9,66 = 50\,175,00 \text{ kg}$$

$$T_2 = 1,25 * 4200 * 5,70 = 29\,925,00 \text{ kg}$$

$$V_u = 50\,175,00 + 29\,925,00 - 19\,620,00 = 60\,480,00 \text{ kg}$$

- Clasificación del nudo: según ACI 318 -08, sección 21.7.3.2;  $b_{viga} > \frac{3}{4} h_{col}$ , para considerar que el elemento que llega al nudo sea confinado:

$$h_{col} = 40 \text{ cm}$$

$$b_{viga} = 25 \text{ cm}$$

$25 < 40 * \frac{3}{4} = 30 \text{ cm}$ ; por lo tanto el no proporciona confinamiento al nudo.

Corte resistido por el concreto:

$$\Phi V_c = \Phi 3,2 \sqrt{f'_c} A_j$$

Donde:

$\Phi$  = factor de reducción para corte y torsión = 0,75 (ACI 318-05 sección 9.3.2.3.)

$A_j = b_j * h_{col}$ ; según ACI 318-05, sección 21.5.3.1. El ancho efectivo del nudo,  $b_j$ , no debe exceder el menor de (a) y (b):

(a) el ancho de la viga más la altura del nudo,

(b) dos veces la distancia perpendicular más pequeña del eje longitudinal de la vigas al lado de la columna.

Entonces:

$$(a) b_{viga} + h_{col} = 25 + 40 = 65 \text{ cm}$$

$$(b) b_{viga} + 2 X = 25 + 2(7,5) = 40 \text{ cm}$$

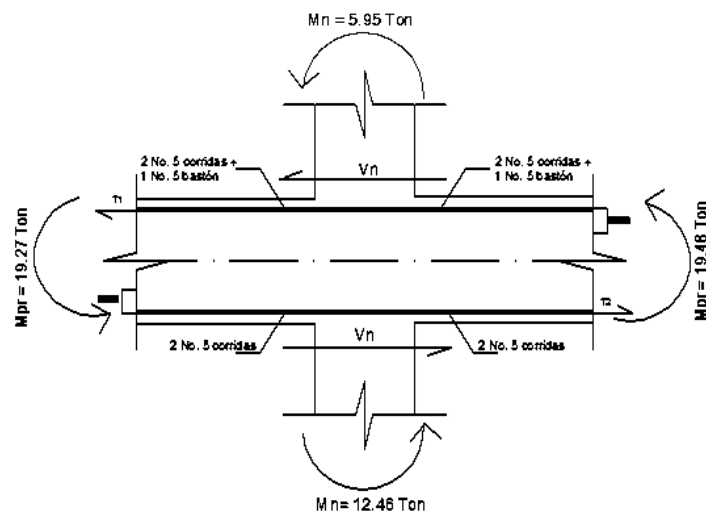
$$A_j = 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1\,600 \text{ cm}^2$$

$$\Phi V_c = 0,75 \times 3,2 \sqrt{281} \times 1\,600 = 64\,370,13 \text{ kg}$$

$$\Phi V_c = 64\,370,13 \text{ Kg} > V_u = 60\,480,00 \text{ kg}$$

- Análisis del nudo sobre el eje X

Figura 26. Diagrama de fuerzas actuantes en nudo sentido X-X'



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.



Calculando momentos probables actuantes sobre el nudo:

As superior= 5,94 cm<sup>2</sup> (2 núm. 5 corridas + 1 bastón núm.5)

$$Mpr^{-} = A_s \alpha f_y \left( d - \frac{A_s \alpha f_y}{1,7 f' c b} \right)$$

$$Mpr^{-} = 5,94 * 1,25 * 4 \ 200 \left( 46 - \frac{5,94 * 1,25 * 4 \ 200}{1,7 * 281 * 25} \right)$$

As inferior= 3,96 cm<sup>2</sup> (2 núm. 5 corridas)

$$Mpr^{+} = A_s \alpha f_y \left( d - \frac{A_s \alpha f_y}{1,7 f' c b} \right)$$

$$Mpr^{+} = 3,96 * 1,25 * 4 \ 200 \left( 46 - \frac{3,96 * 1,25 * 4 \ 200}{1,7 * 281 * 25} \right)$$

- Calculando corte en el nudo

$$Vn = \frac{2 (Mpr^{+} + Mpr^{-})}{Hn_1 + Hn_2}$$

$$Vn = \frac{2 (19,27 + 19,48)}{\frac{4,60}{2} + \frac{3,30}{2}} = 19,62 \text{ t}$$

- Calculando la fuerza cortante neta, Vu

$$Vu = T1 + T2 - Vn$$

$$T1 = A_s (1,25 f_y) = 5,94 (1,25 * 4 200 \text{ Kg/cm}^2) = 31 185 \text{ kg}$$

$$T2 = A_s (1,25 f_y) = 3,96 (1,25 * 4 200 \text{ Kg/cm}^2) = 20 709 \text{ kg}$$

$$V_u = 31 185 + 20 709 - 19 620 = 32 274 \text{ kg.}$$

- Clasificación del nudo

Ancho viga < 0,75(ancho columna)

$$25 \text{ cm} < 0,75 (40\text{cm})$$

25 cm < 30cm; por lo tanto, el nudo no se considera confinado.

- Corte resistido por el concreto:

$$\Phi V_c = \Phi 3,2 \sqrt{f'_c} A_j$$

Donde:

$$A_j = b_{\text{efec}} * h_{\text{col}}$$

$$(a) b_{\text{viga}} + h_{\text{col}} = 25 + 40 = 65 \text{ cm}$$

$$(b) b_{\text{viga}} + 2 X = 25 + 2(7,5) = 40 \text{ cm}$$

$$A_j = 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1 600 \text{ cm}^2.$$

Entonces;

$$\Phi V_c = 0,85 * 3,2 \sqrt{281} * 1 600 = 72 952,81 \text{ Kg}$$

$$\Phi V_c = 72 952,81 \text{ Kg} > V_u = 42 084 \text{ Kg}$$

El corte resistente del concreto es mayor que el corte actuante en el nodo, por lo tanto se puede considerar adecuado.

Nótese que si la resistencia al corte del concreto en el nudo, calculado anteriormente fuera inadecuado, se debe considerar aumentar las dimensiones de la columna (y por lo tanto  $A_j$ ) o incrementar la altura de la sección de la viga (para reducir la cantidad de refuerzo por flexión requerida y por lo tanto las fuerzas de tensión  $T$ ), ya que el refuerzo transversal se considera que no tiene un efecto significativo en la capacidad nominal de corte del nudo.

Datos iniciales:

Vigas (V-8 en ambos extremos)

Cama superior: 2 varillas núm. 5 corridas + 1 bastón núm. 5 = 5,94 cm<sup>2</sup>.

Cama inferior: 2 varillas núm. 5 corridas = 3,96 cm<sup>2</sup>.

Eje neutro: 2 varillas núm. 4 corridas = 2,53 cm<sup>2</sup>.

Longitud: 6,00 m

Sección: 25 cm x 50 cm = 1 250 cm<sup>2</sup>.

Columnas:

Superior (2do. Nivel):

Acero: 4 varillas núm. 8 + 4 varillas núm. 5 + estribos cerrados y eslabones núm. 3 = 28,19 cm<sup>2</sup>.

Sección: 40 cm x 40 cm = 3 600 cm<sup>2</sup>.

Longitud: 3,30 m

Inferior (1er. nivel):

Acero: 4 varillas núm. 8 + 4 varillas núm. 5 + estribos cerrados y eslabones No. 3 = 31,67 cm<sup>2</sup>.

Sección: 40 cm x 40 cm = 3 600 cm<sup>2</sup>.

Longitud: 4,60 m

De la envolvente de momentos realizada en la sección anteriormente se muestran las siguientes fuerzas y momentos

#### **2.1.6.6. Módulo de gradas**

Las escaleras son estructuras que sirven para comunicar los distintos niveles. Sus elementos principales son la estructura sustentante y los escalones. Existen distintos tipos y formas de escaleras. Para este módulo se utilizarán en forma de U, compuesta por dos tramos rectos, unidos por un descanso.

La construcción de la mayoría de los tramos de la escalera incluye el uso de una rampa de concreto colocada en forma continua. Aún en el terreno más estable se recomienda que se emplee una armadura de refuerzo que soporte los esfuerzos cortantes producidos por las cargas durante el momento más crítico en un sismo y que proteja de los asentamientos diferenciales. Ya que estas serán el único medio de evacuación en dicho caso.

Por tal situación, estas también deben cumplir con especificaciones mínimas que se establecen en el normativo para el diseño arquitectónico de edificaciones educativas oficiales del Mineduc, las cuales son:

Circulación vertical (escaleras): su ancho útil se calcula tomando en cuenta la adición total de educandos. Esto desde el nivel más alto (tercer y segundo nivel) hasta el nivel de patios en hora de mayor demanda y evacuación en caso de emergencia.

- El ancho útil de escaleras debe ser igual o mayor a los pasillos de la planta que sirve.
- La distancia máxima entre el escritorio del educando más alejado del módulo de escaleras debe ser igual o menor de 30,00 m.
- Debe construirse un módulo de escaleras por cada 160 educandos por planta de mayor población. Si el número de educandos excede el número máximo establecido deberá construir los módulos de gradas necesarios.
- Las escaleras deben contar con pasamanos a una altura mínima de 0,84 m en sentido de la circulación.
- En edificios de 3 plantas (niveles) la (las) escalera debe tener en todo su desarrollo el ancho para la circulación del total de educandos del sector al que sirve en los dos niveles.
- Todas las escaleras deben contar con un descanso del mismo ancho de la escalera a medio desarrollo de la misma.
- Para el dimensionamiento de huella y contrahuella en las escaleras ver tabla XVI.

Tabla XV. **Ancho útil de escalera**

Número de educandos utilizando la escalera	1	41
	40	160
Circulación vertical		
Ancho de escaleras	1.20	1.80

Fuente: Mineduc. *Normativo para el diseño de edificios educativos*. p. 139.

Tabla XVI. **Dimensionamiento de huellas y contrahuellas**

Nivel de educación		Huella máxima	Contrahuella máxima
Primario		0.25	0.15
Medio	Básico	0.30	0.20
	Diversificado		

Fuente: Mineduc. *Normativo para el diseño de edificios educativos*. p. 139.

Apegándose a las solicitantes anteriores se concluye que se utilizará una contrahuella de 16,5 cm y una huella de 30 cm. El ancho útil de las escaleras será de 2,00 m, lo cual cumple con los requisitos de la tabla XVI. El descanso, situado a medio desarrollo de la escalera contará con un ancho igual al de la escalera, 2,00 m.

- Relaciones de comodidad

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

$$16,5 \leq 20 \text{ cm}$$

$$\text{Huella} = H > c$$

$$30 \text{ cm} > 16,5 \text{ cm}$$

$$2c + H \leq 64 \text{ cm}$$

$$2(16,5) + 30 = 63 \text{ cm} \leq 64 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} < c + H < 48 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} < 46,5 < 48 \text{ cm}$$

$$480 \text{ cm}^2 < c * H < 500 \text{ cm}^2$$

$$480 \text{ cm}^2 < 495 < 500 \text{ cm}^2$$

- Diseño del módulo de gradas

Datos:

Altura a salvar  $h = 3,30 \text{ m}$

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

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$

Acabados  $= 75 \text{ kg/m}^2$

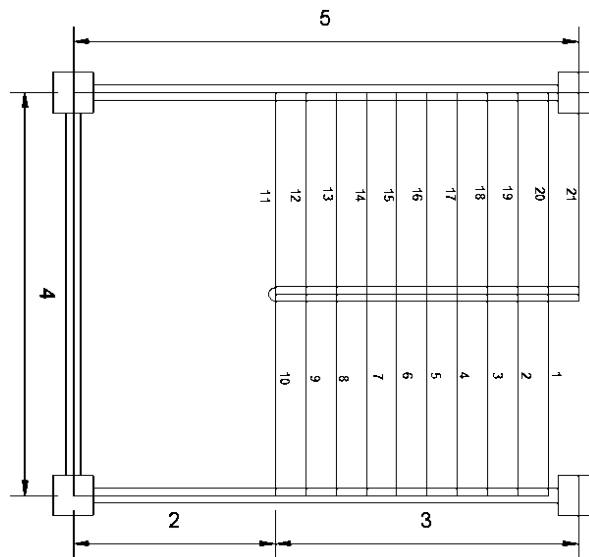
Peso concreto  $= 2\ 400 \text{ kg/m}^3$

$c = 16,5 \text{ cm}$

Número de escalones  $= h/c = 3,30/0,165 = 20$  escalones.

Número de contrahuella  $= \text{núm. } c+1 = 20+1 = 21$  contrahuellas

Figura 27. **Planta del módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Espesor de losa

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180} = \frac{2(5+4)}{180} = 0,10$$

Se utilizará un espesor de losa para las gradadas igual a 15 cm. Esto debido a que los momentos que actúan en esta parte son muy críticos y a la vibración que se produce por la carga viva elevada.

- Integración de cargas

Carga muerta

$$CMu = 1,4 * (P_{\text{gradas}} + P_{\text{acabados}})$$

Peso propio de gradadas

$$P_{\text{gradas}} = \gamma_{\text{concreto}} (t + c/2) \quad ; \quad P_{\text{acabados}} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$CMu = 1,4 [2400(0,15 + 0,165/2) + 60] = 865,20 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva

$$\text{En módulo de gradadas} = 500 \text{ kg/m}^2$$

Carga última

$$CU = 865,20 + 1,7 (500) = 1715,20 \text{ kg/m}^2$$



- Cálculo de momentos actuantes

$$M (+) = w \cdot L^2 / 9$$

$$M (-) = w \cdot L^2 / 14$$

Donde:

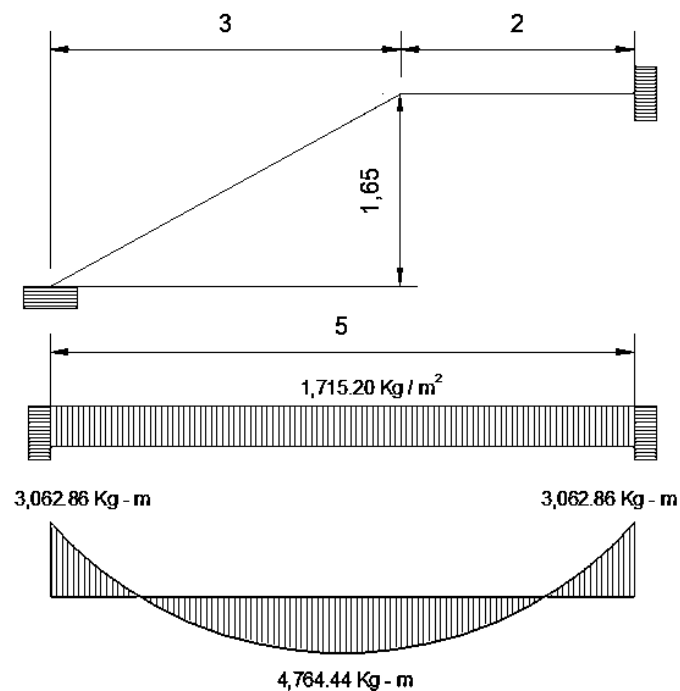
$w = CU$  = carga última distribuida

$L$  = longitud total de la escalera

$$M(+)= 1\,715,20 \cdot 5^2 / 9 = 4\,764,44 \text{ kg-m}$$

$$M(-)= 1\,715,20 \cdot 5^2 / 14 = 3\,062,86 \text{ kg-m}$$

Figura 28. **Diagrama de momentos en gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Áreas de acero

$$A_{Smin} = (14,1/f_y) * b * d = (14,1/4200) * 100 * 12,5 = 4,20 \text{ cm}^2$$

$$A_{Smax} = \Phi * \rho_{bal} * b * d$$

$$A_{Smax} = 0,50 * 0,0285 * 100 * 12,5 = 17,80 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left[ (b * d) - \sqrt{\frac{M_U * b}{0,003825 * f_c}} \right] * \frac{0,85 * f_c}{f_y}$$

$$M(+) = 4\,764,44 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$A_s (+) = 10,92 \text{ cm}^2$$

$$M(-) = 3\,062,86 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$A_s (-) = 6,81 \text{ cm}^2$$

Para facilidad del armado se utilizaran varillas núm. 5 @ 15 cm para ambos momentos.

- Acero por temperatura

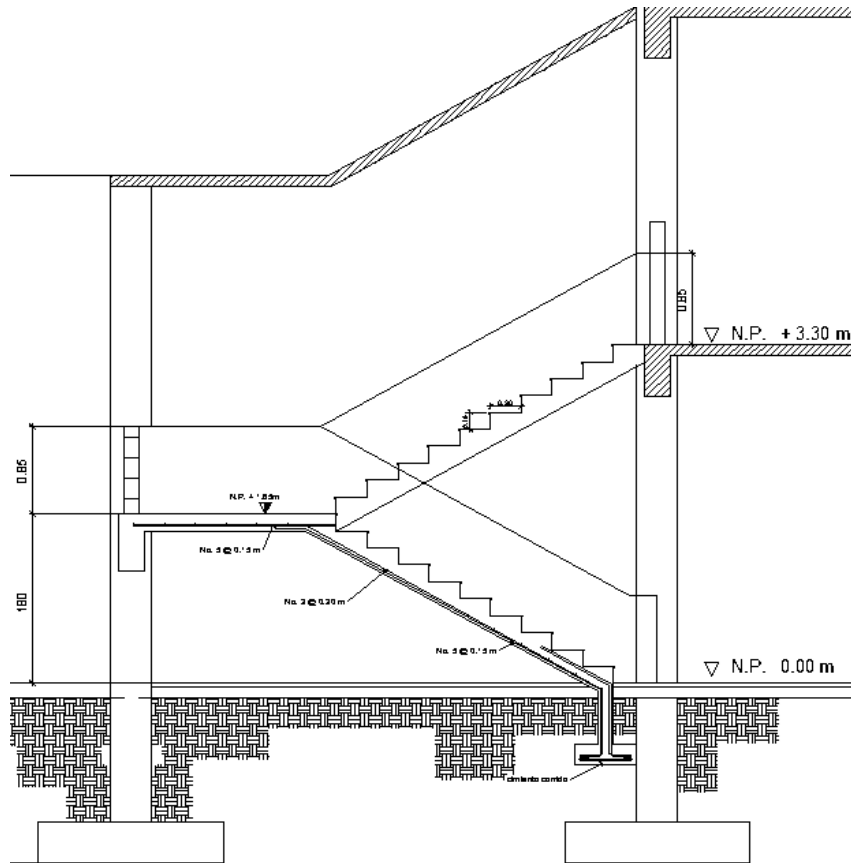
$$A_{sT} = 0,002 * b * d$$

$$A_{sT} = 0,002 * 100 * 12,5 = 2,50 \text{ cm}^2$$

Utilizar varillas núm. 3 @ 30 cm

El acero por temperatura debe colocarse en el sentido contrario al refuerzo principal de manera alterna cuando exista cama doble del refuerzo principal y colocándolo entre el espacio formado por la cama superior e inferior.

Figura 29. Elevación de módulo de gradas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### 2.1.6.7. Cimentaciones

La cimentación es la parte de la estructura que permite la transmisión de las cargas actuantes. Esto hacia el suelo o hacia la roca subyacente.

Siempre que sea posible, se preferirá que los cimientos estén solicitados por cargas centradas. Esto porque las excéntricas pueden provocar empujes diferenciales. Se buscará siempre que el terreno de apoyo sea resistente y, si eso no fuese posible, habrá que buscar soluciones alternativas.

En muchos casos, los cimientos no solo transmiten compresiones, sino que mediante esfuerzos de fricción y adherencia. Estas llegan a soportar cargas horizontales y de tracción, anclando el edificio al terreno, si fuese necesario.

Además de estas funciones principales, los cimientos han de cumplir otros propósitos:

- Ser suficientemente resistentes para no romper por cortante.
- Soportar esfuerzos de flexión que produce el terreno, para lo cual se dispondrán armaduras en su cara inferior, que absorberán las tracciones.
- Acomodarse a posibles movimientos del terreno.
- Soportar las agresiones del terreno y del agua y su presión, si la hay.

#### **2.1.6.7.1. Zapata concéntrica**

Son generalmente aisladas, su geometría, igual que toda cimentación. Esto depende de las características del suelo como cohesión, ángulo de fricción, entre otros.

Para este diseño utilizaremos como ejemplo el cálculo realizado para la zapata de la columna 8,1-H.

- Integración de cargas

Datos

Sección vigas = 0,25 x 0,50 m

Sección col = 0,40 x 0,40 m

$A_{losa} = 21 \text{ m}^2$

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

Tabla XVII. **Integración de cargas verticales**

Nivel	Muerta	Viva	CU (kg/m <sup>2</sup> )
NIVEL 1	609	500	1 702,6
NIVEL 2	364	100	679,6
TOTAL	973	600	2 382,2

Fuente: elaboración propia.

$$FCU = 2\,382,2 / (973 + 600) = 1,514$$

$$P_u = A_{losa} * CU + P_{viga} * FCU + P_{col} ; \text{ para cada nivel}$$

Tabla XVIII. **Carga axial última en zapata concéntrica**

Nivel	Losa	Vigas	Columna	Peso (Kg)
NIVEL 1	35 754,6	4 316,325	1 766,40	41 837,325
NIVEL 2	14 271,6	4 316,325	1 267,20	19 730,125
Carga última para zapata				61 692,450

Fuente: elaboración propia.

Para asegurarse que la zapata soporte la carga, se magnifican esas cargas, como medida de seguridad. Siendo el factor 1,5 veces la carga actual.

$$\text{Siendo la nueva carga última } P_u = 1,5 (61\,692,450 \text{ kg}) = 92\,538,675 \text{ kg}$$

Datos:

Mx = Momento actuante en columna en el eje x = 15,31 t-m

My = Momento actuante en columna en el eje y = 15,75 t-m

Pu = 92,54 t

$$FCU = 1,51$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2\,400 \text{ kg / m}^3$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,13 \text{ t / m}^3$$

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

$$f_y = 4\,200 \text{ kg / cm}^2$$

$$V_{\text{suelo}} = 29,26 \text{ t/m}^2, \text{ calculado en la sección 1.1.2.5.}$$

Cálculo de cargas de trabajo

$$P'_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{92,54 \text{ t}}{1,51} = 61,285 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{\sigma M_x}{FCU} = \frac{15,31 \text{ t-m}}{1,51} = 10,14 \text{ ton-m}$$

$$M_{ty} = \frac{\sigma M_y}{FCU} = \frac{15,74 \text{ t-m}}{1,51} = 10,42 \text{ ton-m}$$

- Predimensionamiento de la zapata

$$A_z = 1,50 P'_t / \gamma_{\text{suelo}} = 1,50 * 61,285 / 43,89 = 2,095 \text{ m}^2$$

Se propone utilizar una zapata cuadrada de  $B = 1,90 \text{ m}$ ,  $A_z = 3,61 \text{ m}^2$

- Presión sobre el suelo: estas presiones resultan como reacción de las cargas transmitidas por la zapata hacia el suelo.

$$q_{\text{max}} \text{ ó } q_{\text{min}} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_{tx}}{I_x} \pm \frac{M'_{ty}}{I_y}$$

$$I_x = I_y = (b \cdot h^3)/12 = (1,90 \cdot (1,90^3))/12 = 1,087$$

$$P = P't + P_{\text{suelo}} + P_{pz}$$

$$P't = 61,284 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{suelo}} = \gamma_{\text{suelo}} \cdot Z \cdot (A_z - A_{\text{col}})$$

$$P_{\text{suelo}} = 1,13 \text{ ton/m}^3 \cdot 1,20(3,61 - (0,4 \cdot 0,4)) = 4,895 \text{ t}$$

$$P_{pz} = V_z \cdot \gamma_{\text{concreto}} = 1,90 \cdot 1,90 \cdot 0,45 \cdot 2,4 = 3,90 \text{ t}$$

$$P = 70,08 \text{ t}$$

$$q_{\text{max}} = \frac{70,08}{3,61} + \frac{10,14}{1,51} + \frac{10,42}{1,51} = 38,337 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{min}} = \frac{70,08}{3,61} - \frac{10,14}{1,51} - \frac{10,42}{1,51} = 0,488 \text{ t/m}^2$$

Presión última

$$Q_{\text{dis}} = q_{\text{max}} \cdot F_{\text{CU}}$$

$$Q_{\text{dis}} = 38,337 \cdot 1,51 = 57,888 \text{ t/m}^2$$

- Espesor de la zapata: teniendo el dimensionamiento del área de la zapata, se procede al cálculo del espesor adecuado para la misma. Para realizar el cálculo se asume un espesor, luego se realizan los chequeos correspondientes. En caso de no cumplir con alguno se debe asumir otro

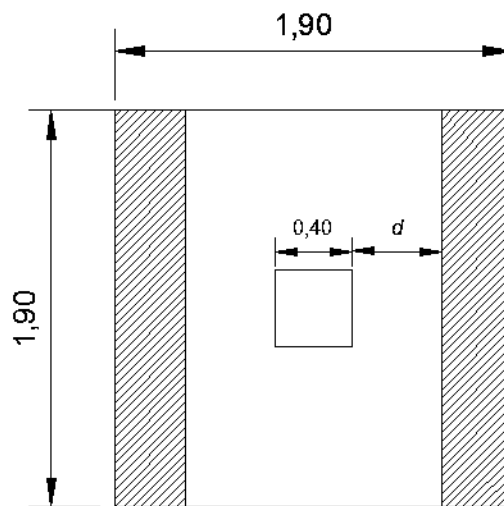
espesor y chequear nuevamente. Para este análisis se asume un espesor de 45 cm.

- Chequeo por corte simple: la falla de la zapata por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a "d" del borde de la columna. Por tal razón se debe comparar en ese límite el corte resistente y el actuante, siendo este menor que el primero para que el espesor sea adecuado.

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

$$d = 45 - 7,5 - \frac{1,91}{2} = 36,54 \text{ cm}$$

Figura 30. **Corte simple en zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

$$V_{act} = Q_{dis} * \left( \frac{B_z - B_{col}}{2} - d \right) * H_z$$



$$V_{act}=57,888*\left(\frac{1,90-0,40}{2}-0,3654\right)*1,90= 42,296 \text{ t}$$

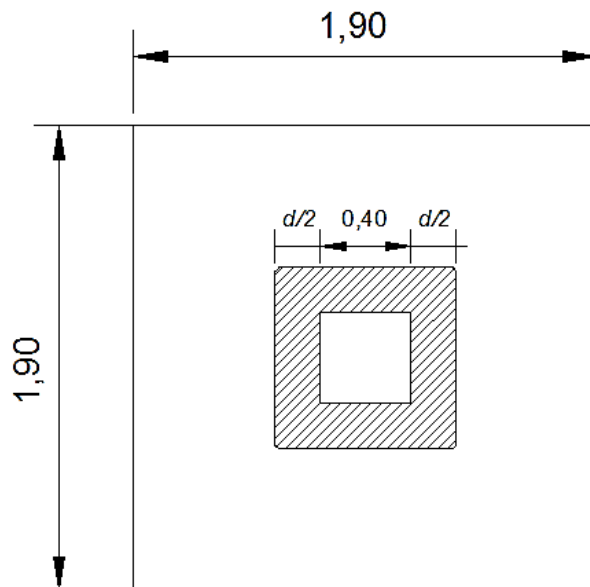
$$V_{res}= \phi*0,53*\sqrt{f_c}*B_z*d$$

$$V_{res}= 0,85*0,53*\sqrt{281}*1,90*\frac{36,54}{1\,000}= 52,436 \text{ t}$$

$V_{res} > V_{act}$ ; por lo tanto el espesor utilizado resiste el cortante actuante.

- Chequeo por corte punzante: este se genera por la fuerza que se produce en el perímetro de la columna. Esto debido a las cargas axiales que transmite. La falla para este chequeo se produce a una distancia " $d/2$ " de la cara de la columna.

Figura 31. **Corte punzante en zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

$$b_o = 4(c+d) = 4(0,40+0,365) = 3,262 \text{ m}$$

$$V_{act} = Q_{dis} * (A_z - (c+d)^2)$$

$$V_{act} = 57,888 * (3,61 - (0,40+0,365)^2) = 175,060 \text{ t}$$

$$V_{res} = \phi * 1,06 * \sqrt{f_c} * b_o * d$$

$$V_{res} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{281} * 3,262 * \frac{36,545}{1000} = 179,717 \text{ t}$$

$V_{res} > V_{act}$ ; por lo tanto el espesor seleccionado es correcto.

- Diseño del refuerzo: la zapata de ser capaz de resistir el momento que generan las presiones actuantes del suelo. Por ello es necesario reforzarla con acero para soportar los mismos.

Momento último

$$M_u = \frac{Q_{dis} * L^2}{2} = \frac{57,888 * \left(\frac{1,90-0,40}{2}\right)^2}{2} = 16,281 \text{ t-m}$$

Área de acero

$$A_{smin} = 14,1 * 100 * 36,54 / 4200 = 12,27 \text{ cm}^2$$

Para el  $M_u$ , el área de acero es  $12,14 \text{ cm}^2$ , no cumple con el acero mínimo requerido por lo que se utilizará el  $A_{smin}$ .

Cama inferior

Varillas núm. 6

$$S = \frac{A_v \cdot b}{A_s} = \frac{2,85 \cdot 100}{12,27} = 23,23 \text{ cm}$$

Se utilizará un espaciamiento de 20 cm en ambos sentidos.

Cama superior

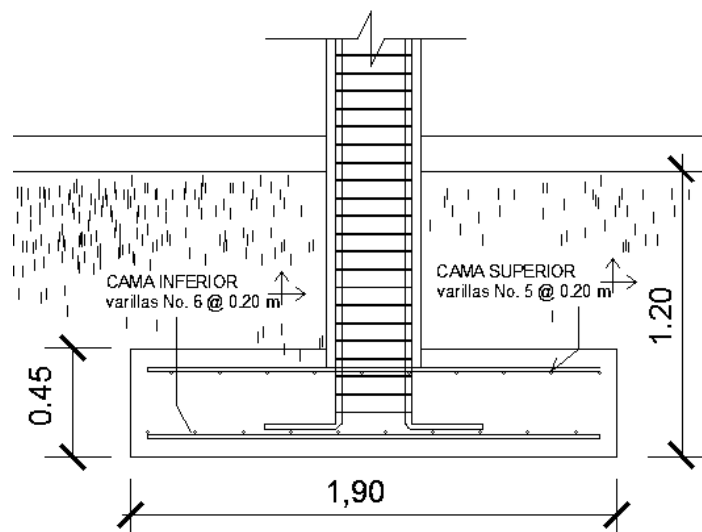
Varilla núm. 5

$$A_s T = 0,002 \cdot b \cdot t = 0,002 \cdot 100 \cdot 45 = 9 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot b}{A_s} = \frac{1,98 \cdot 100}{9} = 22 \text{ cm}$$

Se utilizará un espaciamiento de 20 cm en ambos sentidos.

Figura 32. **Detalle armado zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### 2.1.6.7.2. Zapatas excéntricas

Se encontrará este tipo de zapatas ante la imposibilidad de cimentar por colindancias en el terreno. Por ello se tiene que descentrar la columna y colocarla a un lado de la zapata.

Las zapatas colindantes se deben diseñar para contrarrestar los momentos de volteo que se producen debido a las cargas que recaen sobre su centro de gravedad. Esto se puede lograr mediante el diseño de una estructura en forma de diamante sobre la zapata base, aumentando su rigidez y estabilidad.

Para ejemplo se utilizará el diseño de la zapata para la columna 8-F.

Datos:

$M_x$  = momento actuante en columna en el eje x = 15,78 t-m

$M_y$  = momento actuante en columna en el eje y = 15,58 t-m

$P_u$  = 1,5 (33,64 t) = 50,46 t

$FCU$  = 1,515

$\gamma_{\text{concreto}}$  = 2 400 kg / m<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{suelo}}$  = 1,13 t / m<sup>3</sup>

$f'_c$  = 281 kg / cm<sup>2</sup>

$f_y$  = 4 200 kg / cm<sup>2</sup>

$V_{\text{suelo}}$  = 43,89 t/m<sup>2</sup>, calculado en la sección 1.1.2.5.

Cálculo de cargas de trabajo

$$P'_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{50,46 \text{ t}}{1,51} = 33,31 \text{ t}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{FCU} = \frac{15,78 \text{ t-m}}{1,515} = 10,42 \text{ t-m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{FCU} = \frac{15,58 \text{ t-m}}{1,515} = 10,28 \text{ t-m}$$

- Predimensionamiento de la zapata: por la excentricidad que generan los momentos se tomará para el diseño del área de la zapata un  $V_s$  menor que el establecido, se utilizarán 40 ton/m<sup>2</sup>.

$$A_z = (1,50 P't)/V_{\text{suelo}} = (1,50 \cdot 33,31)/40 = 1,25 \text{ m}^2$$

Se propone utilizar una zapata cuadrada de  $B = 1,90 \text{ m}$ ,  $A_z = 3,61 \text{ m}^2$

Excentricidad de aplicación de la carga  $P't$ :

$$e = \frac{L_z - b_{\text{col}}}{2} = \frac{1,90 - 0,40}{2} = 0,75 \text{ m}$$

Al aplicar las fuerzas iguales a  $P't$  en el centro de gravedad, pero en sentido contrario. Se obtienen los siguientes esfuerzos:

Esfuerzo de compresión máxima:

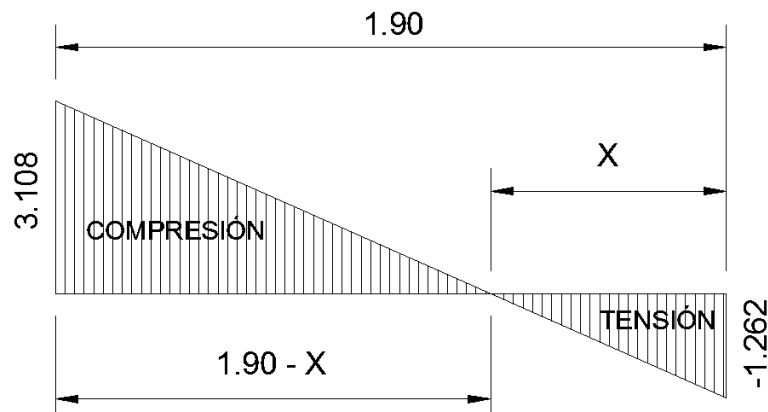
$$\sigma_c = \frac{P't}{A_z} * \left(1 + \frac{6 * e}{L_z}\right) = \frac{33\,310}{36\,100} * \left(1 + \frac{6 * 75}{190}\right) = 3\,108,09 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo de tensión mínima:

$$\sigma_t = \frac{P_t}{A_z} * \left(1 - \frac{6 * e}{L_z}\right) = \frac{33\,310}{36\,100} * \left(1 - \frac{6 * 75}{190}\right) = -1\,262,66 \text{ kg/cm}^2$$

Es necesario ubicar el punto en el que se cambia de esfuerzo de compresión a tensión para continuar con el predimensionamiento de la zapata. Este se obtiene con una relación de triángulos semejantes, de la siguiente manera:

Figura 33. **Esfuerzos resultantes en el suelo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

$$3,108 / (1,90 - x) = 1,262 / x; x = 0,55$$

Esfuerzo en el eje neutro:

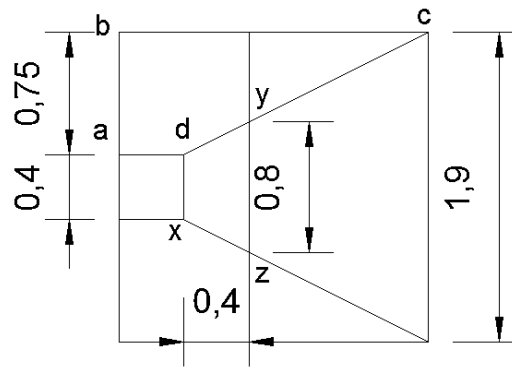
$$\sigma_n = \frac{\sigma_c \left(\frac{L}{2} - x\right)}{L - x} = \frac{3,108 * \left(\frac{1,90}{2} - 0,55\right)}{1,90 - 0,55} = 922,68 \text{ kg/cm}^2$$

- Altura del diamante: para la altura del diamante se asume una inclinación de 15° sobre la base.

$$h = \tan \theta * (L - col) = \tan 15^\circ * (1,90 - 0,4) = 0,402 \text{ m}$$

Se asumirá una altura de 40 cm.

Figura 34. **Análisis de zapata excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Fuerza resultante en el trapecio xdyz:

$$P_1 = \sigma_n * \left( \frac{\overrightarrow{xd} + \overrightarrow{yz}}{2} \right) * h = 922,68 * \left( \frac{40 + 80}{2} \right) * 40 = 2\,214,44 \text{ Kg}$$

Distancia del centro de gravedad del trapecio desde la línea xd, en la que se aplica la carga  $P_1$ .

$$y_1 = \frac{h}{3} \left( \frac{2 * \overrightarrow{yz} + \overrightarrow{xd}}{\overrightarrow{yz} + \overrightarrow{xd}} \right) = \frac{0,40}{3} * \left( \frac{2 * 0,80 + 0,40}{0,80 + 0,40} \right) = 0,222 \text{ m}$$

Momento resultante para esa sección

$$M_1 = P_1 * y_1 = 2\,214,44 \text{ kg} * 0,222 \text{ m} = 492,00 \text{ kg-m}$$

Esfuerzo perpendicular a  $y_1$ .

$$\sigma = \frac{3,108}{2} = 1,554 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo calculado anteriormente se distribuye en el área abcd, de la figura anterior.

$$A = 5\,600 \text{ cm}^2$$

Esta resultante se aplica sobre el centro de gravedad de la superficie:

$$P_2 = 1,2626 * 5\,600 = 7\,070,56 \text{ kg}$$

$$y_2 = \frac{\overrightarrow{ab}}{3} * \left( 2 * \frac{h + \overrightarrow{ad}}{B + \overrightarrow{ad}} \right) = \frac{0,75}{3} * \left( 2 * \frac{1,90 + 0,40}{1,90 + 0,40} \right) = 0,487 \text{ m}$$

Momento 2 provocado por esta fuerza:

$$M_2 = P_2 * y_2 = 5\,110,14 * 0,487 = 3\,443,11 \text{ kg-m}$$

Cargas de trabajo a utilizar:

$$P't = \frac{P_u}{FCU} = \frac{50,463 \text{ t}}{1,515} = 33,31 \text{ t}$$



$$M'_{tx} = \frac{M_x - M_1}{FCU} = \frac{15,78 - 0,492}{1,515} = 10,088 \text{ t-m}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y - M_2}{FCU} = \frac{15,58 - 3,44}{1,515} = 8,00 \text{ t-m}$$

- Chequeo de presiones sobre el suelo: estas presiones resultan como reacción de las cargas transmitidas por la zapata hacia el suelo.

$$q_{\max} \text{ ó } q_{\min} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_{tx}}{I_x} \pm \frac{M'_{ty}}{I_y}$$

$$P = P't + P_{\text{suelo}} + P_{pz}$$

$$P't = 33,31 \text{ kg}$$

$$P_{\text{suelo}} = \gamma_{\text{suelo}} * Z * (A_z - A_{col})$$

$$P_{\text{suelo}} = 1,13 \text{ t/m}^3 * 1,20 * (1,90 * 1,90 - (0,4 * 0,4)) = 4,70 \text{ t}$$

$$P_{pz} = 1,90 * 1,90 * 0,45 * 2,40 = 3,90 \text{ t}$$

$$P = 75,22 \text{ t}$$

$$I_x = I_y = (b * h^3) / 12 = (1,90 * 1,90^3) / 12 = 1,33$$

$$q_{\max} = 53,97 / 3,61 + 9,64 / 1,33 + 8,33 / 1,33 = 37,50 \text{ t/m}^2 < V_s$$

$$q_{\min} = 53,97 / 3,61 - 9,64 / 1,33 - 8,33 / 1,33 = 4,174 \text{ t/m}^2 > 0$$

Presión última

$$Q_{dis} = q_{\max} * FCU = 37,50 * 1,515 = 56,81 \text{ t/m}^2$$

- Chequeo por corte simple: la falla de las zapatas por el esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a "d" del borde de la columna. Por tal razón se debe comparar en ese límite, si el corte del concreto es mayor que el actuante.

$d = t_z - \text{rec} - \Theta/2$ ; se propone un espesor de 45 cm y un armado con varilla núm. 6

$$d = 45 - 7,5 - 1,91/2 = 36,545 \text{ cm}$$

$$V_{\text{act}} = Q_{\text{dis}} * \left( \frac{B_z - B_{\text{col}}}{2} - d \right) * H_z$$

$$V_{\text{act}} = 56,81 * \left( \frac{1,90 - 0,40}{2} - 0,365 \right) * 1,90 = 38,81 \text{ t}$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 1,90 * 0,365 * 10 = 52,43 \text{ t}$$

El espesor asumido puede utilizarse, ya que el corte actuante es menor que el corte que resiste el concreto.

- Chequeo por corte punzante: la columna tiende a punzar la zapata debido a la carga axial que transporta. Este genera una falla alrededor de la sección de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia  $d/2$  de la sección de la columna. La revisión se realiza de la siguiente manera:

$$A_{\text{punz}} = (B_{\text{col}} + d)^2 = (0,40 + 0,365)^2 = 0,586 \text{ m}^2$$

$$b_o = 4(c + d) = 4(40 + 36,5) = 326,18 \text{ cm}$$

$$V_{act}=Q_{dis}*(Az-(c+d)^2)$$

$$V_{act}=56,81*(3,61-(0,4+0,365)^2)=171,81 \text{ t}$$

$$V_c=0,85*1,06*\sqrt{281*326,18 \text{ cm}}*36,54=180,04 \text{ t}$$

El espesor propuesto soporta ampliamente el corte punzante actuante. Por ello puede ser utilizado.

- Diseño del refuerzo

$$A_{smin} = 14,1/4 \cdot 200 \cdot 100 \cdot 36,54 = 12,27 \text{ cm}^2$$

Momento último

$$M_x = (Q_{dis} * Bz^2) / 2 = 56,81 * 1,90^2 / 2 = 25,637 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_y = (Q_{dis} * (0,50*Bz - 0,50*Bcol)^2) / 2$$

$$M_y = 56,81 * ((1,90/2) - (0,40/2))^2 / 2 = 15,979 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Para estos momentos se obtienen las siguientes áreas de acero:

$$A_{sx} = 19,47 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} = 11,91 \text{ cm}^2 < A_{smin}; \text{ se utiliza } A_{smin} = 12,27 \text{ cm}^2$$

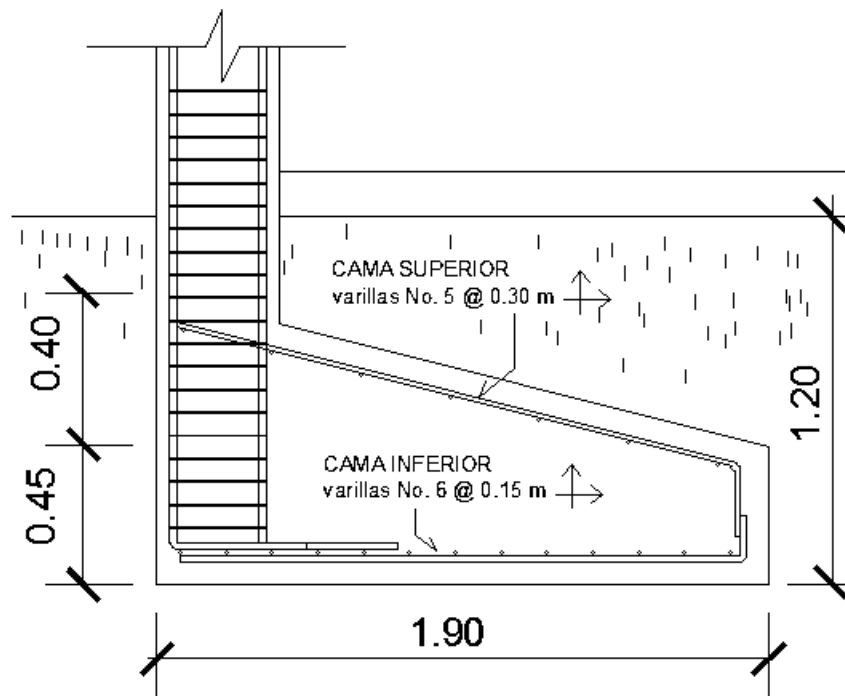
$$\text{Cant. var} = 19,47/2,85 = 6,83, \text{ utilizar } 7 \text{ varillas}$$

$$S = 100/7 = 14,28 \text{ cm, utilizar } 15 \text{ cm}$$

Por cuestiones de reflexión de momentos se utilizará para el armado de la cama inferior varillas núm. 6 @ 15 cm, en ambos sentidos.

Para la cama superior (acero por temperatura) un armando de varillas núm. 5 @ 30 cm, en ambos sentidos.

Figura 35. **Detalle de zapata excéntrica (cotas en metros)**



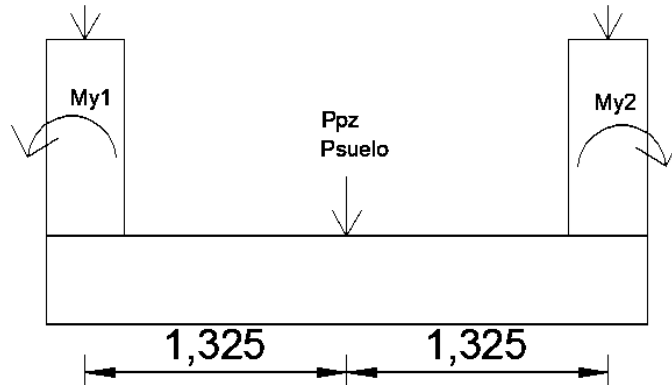
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

#### 2.1.6.7.3. Zapatas combinadas

Son aquellas fundaciones que soportan dos o más columnas. Se opta por esta solución cuando las distancias entre columna son muy cortas y al predimensionarlas sus áreas traslapan.

- Cálculo de cargas de trabajo

Figura 36. **Zapata combinada, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Datos:

$$P_u = 30,53 \text{ t}$$

$$M_{y1} = 15,38 \text{ t-m}$$

$$M_{y2} = 14,64 \text{ t-m}$$

$$M_{x1} = 15,78 \text{ t-m}$$

$$M_{x2} = 15,58 \text{ t-m}$$

$$V_s = 43,89 \text{ t/m}^2$$

$$FCU = 1,515$$

$$q = V_s = 43,89 \text{ t/m}^2$$

Cálculo de cargas de trabajo

$$P_t = P_u / FCU = (30,53 \text{ t}) / 1,515 = 20,15 \text{ t}$$

$$M'_{tx1} = M_{x1}/FCU = (15,38)/1,515 = 10,15 \text{ t-m}$$

$$M'_{ty1} = M_{y1}/FCU = (14,64)/1,515 = 9,66 \text{ t-m}$$

$$M'_{tx2} = M_{x2}/FCU = (15,78)/1,515 = 10,41 \text{ t-m}$$

$$M'_{ty2} = M_{y2}/FCU = (15,58)/1,515 = 10,28 \text{ t-m}$$

- Predimensionamiento de la zapata combinada: para el predimensionamiento de este tipo de zapatas se deben considerar las siguientes restricciones:

$$L = 2(m+n) = 2(0,20+1,325) = 3,05 \text{ m}$$

$$R = P_{u1} + P_{u2} = 30,53 + 30,53 = 61,06 \text{ t}$$

$$B = R / (q \cdot L) = (61,06) / (43,89 \cdot 3,05) = 0,68 \text{ m}$$

Tomando en cuenta que, de no chequear estas dimensiones, el área de la zapata se debe incrementar conservando L y modificando B. Se asume que las siguientes dimensiones: Se utilizará una zapata de B=2,00 m y L= 3,05 m.

$$A_z = B \cdot L = 2,00 \cdot 3,05 = 6,04 \text{ m}^2$$

Integración de cargas sobre zapata al centro de gravedad:

$$P_{cg} = P_{t1} + P_{t2} + P_{suelo} + P_{pz}$$

$$P_{t1} = P_{t2} = 20,15 \text{ t}$$

$$P_{suelo} = 6,04 \cdot 1,2 \cdot 1,13 = 8,27 \text{ t}$$

$$P_{pz} = 0,45 \cdot 6,04 \cdot 2,4 = 6,59 \text{ t}$$

$$P_{cg} = 55,17 \text{ t}$$

$$M_{cgY} = (10,28 + 1,325 \cdot 20,15) - (1,325 \cdot 20,15 + 9,66) = 0,62 \text{ t-m}$$

$$M_{cgX} = (10,41 + 10,15) = 20,56 \text{ t-m}$$

- Presiones actuantes

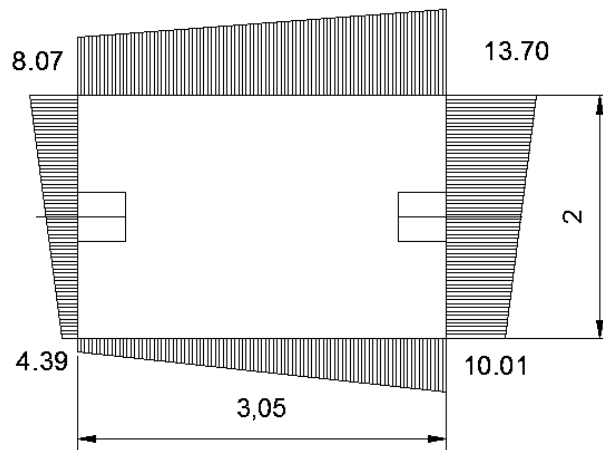
Presiones en el suelo

$$I_y = (3,05 \cdot 2,00^3)/12 = 2,03 \quad ; \quad I_x = (2,00 \cdot 3,05^3)/12 = 4,73$$

$$q_{\max} = 55,17/6,04 + 20,56/4,73 + 0,62/2,03 = 13,70 \text{ t/m}^2 < V_s$$

$$q_{\min} = 55,17/6,04 - 20,56/4,73 - 0,62/2,03 = 4,39 \text{ t/m}^2 > 0$$

Figura 37. **Presiones en el suelo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Presión promedio sobre el centro de gravedad

$$q_{m1} = (8,07 + 4,39)/2 = 6,23 \text{ t/m}^2$$

$$q_{m2} = (13,70 + 10,01)/2 = 11,85 \text{ t/m}^2$$

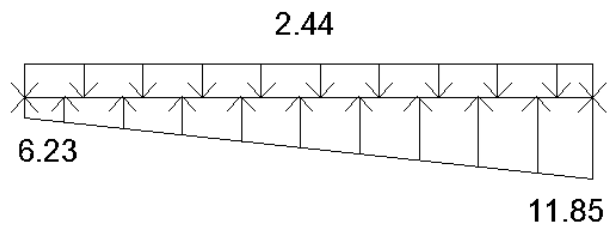
Presiones sobre el cimiento

$$q_{\text{suelo}} = 1,20 \cdot 1,13 = 1,356 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{concreto}} = 0,45 \cdot 2,40 = 1,08 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{cimiento}} = 1,356 + 1,08 = 2,44 \text{ t/m}^2$$

Figura 38. **Presiones actuantes sobre el cimiento ( $\text{t/m}^2$ )**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Presiones últimas de diseño

$$q_{\text{max}} = 11,85 - 2,44 = 9,41 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{min}} = 6,23 - 2,44 = 3,79 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{\text{dis}_{\text{max}}} = 9,41 \cdot 1,515 = 14,27 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{\text{dis}_{\text{min}}} = 3,79 \cdot 1,515 = 5,75 \text{ t/m}^2$$

Por medio de la relación de triángulos (ver figura 39), se determina una ecuación que permita determinar los valores de las presiones,  $q(x)$ . A lo largo del cimiento.

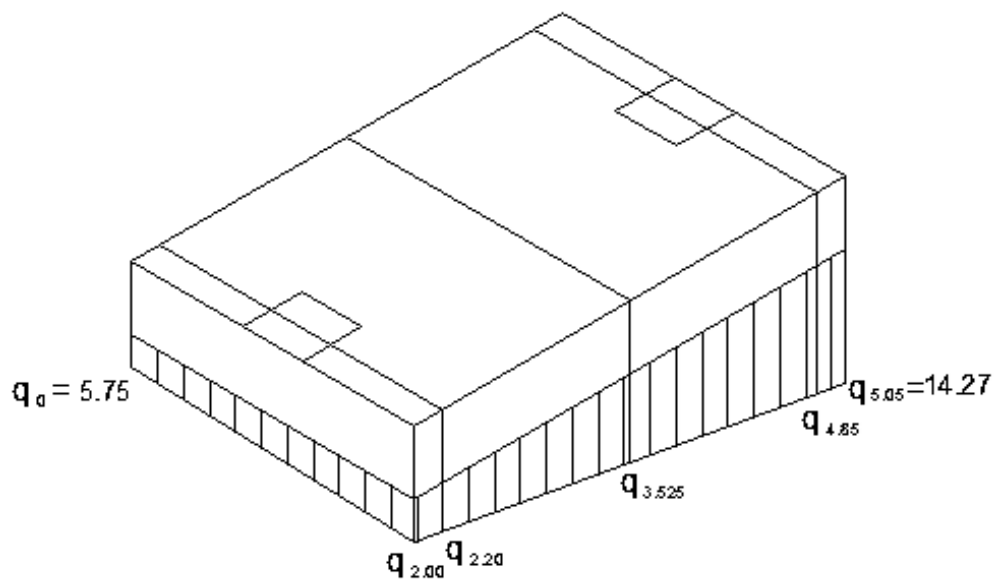
$$\frac{5,05}{(14,27 - 5,75)} = \frac{x}{q_{d(x)} - 5,75}$$

$$q_{d(x)} = 1,686 x + 5,75$$



$$\begin{aligned}
 x=0 \text{ m} ; q_{d(0)} &= 5,75 \text{ t/m}^2 \\
 x=2,00 \text{ m} ; q_{d(2,00)} &= 9,12 \text{ t/m}^2 \\
 x=2,20 \text{ m} ; q_{d(2,20)} &= 9,46 \text{ t/m}^2 \\
 x=3,525 \text{ m} ; q_{d(3,525)} &= 11,70 \text{ t/m}^2 \\
 x=4,85 \text{ m} ; q_{d(4,85)} &= 13,893 \text{ t/m}^2 \\
 x=5,05 \text{ m} ; q_{d(5,05)} &= 14,27 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Figura 39. **Distribución de presión última de diseño en zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Las presiones encontradas se distribuyen a lo largo de la base, B. Esto para encontrar las presiones por metro lineal que actúan sobre el cimiento.

$$W = B * q; B = 2,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 qd(2,00) &= 9,12 \text{ t/m}^2 ; W=18,25 \text{ t/m} \\
 qd(2,20) &= 9,46 \text{ t/m}^2 ; W=18,92 \text{ t/m} \\
 qd(3,525) &= 11,70 \text{ t/m}^2 ; W=23,39 \text{ t/m} \\
 qd(4,85) &= 13,93 \text{ t/m}^2 ; W=27,86 \text{ t/m} \\
 qd(5,05) &= 14,27 \text{ t/m}^2 ; W=28,54 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

Se debe obtener las W en el centro de gravedad. Por lo que se genera una ecuación, por medio de semejanza de triángulos. Esta indica cual será la W para cualquier distancia de la zapata.

$$\frac{3,05}{(28,44-18,25)} = \frac{x}{W_{(x)}-18,25}$$

$$W_{(x)} = 3,37 x + 18,25$$

$$W_{cg} = 3,37 (1,525) + 18,25 = 23,28 \text{ t/m}$$

- Cálculo de cortante y momento actuante

Cálculo del corte:

$$V_{ab} = (18,25 + 18,92) * 0,2 / 2 = 3,72 \text{ t}$$

$$V_b = V_{ab} - P = 3,72 - 20,15 = -16,44 \text{ t}$$

Para  $V_c = 0$

$$V_{(c)} = 3,37y^2 + 18,25y - 16,44 ; y = 0,7869 \text{ m}$$

$$x = 0,20 + 0,7869 = 0,987 \text{ m}$$

$$V_{dc} = (27,86 + 28,54) * 0,2 / 2 = 5,64 \text{ t}$$

$$V_c = 20,15 - 5,64 = 14,51 \text{ t}$$

Cálculo del momento

$$M_{ab} = \frac{1}{3} \left( \frac{18,25 \cdot 0,20^2}{2} + \frac{(18,92 - 18,25) \cdot 0,20^2}{2} \right) = 0,37 \text{ t-m}$$

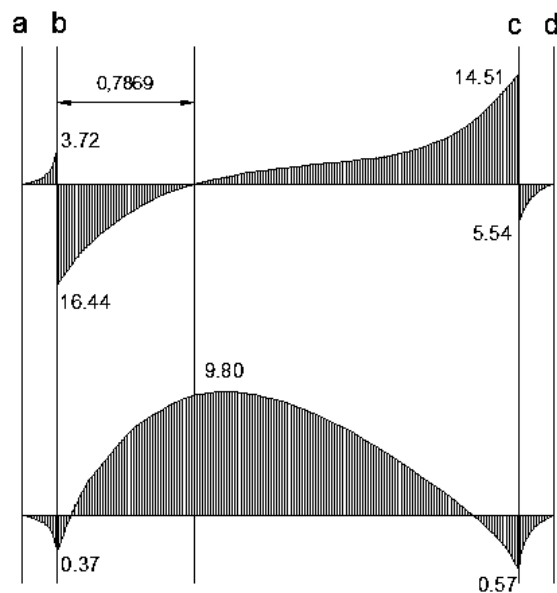
$$M_{max} = \frac{(-M'_{ty} + W_{2,20}) \cdot y^2}{2} + \frac{(W_{cg} - W_{2,20}) \cdot y^2}{6} + (V_b \cdot y)$$

$$M_{max} = \frac{(-10,28 + 18,92) \cdot 0,787^2}{2} + \frac{(23,40 - 18,92) \cdot 0,787^2}{6} + (-16,44 \cdot 0,787)$$

$$M_{max} = (-)9,80 \text{ ton-m}$$

$$M_{cd} = \frac{27,86 \cdot 0,20^2}{2} + \frac{2}{3} \left( \frac{(28,54 - 27,86) \cdot 0,20^2}{2} \right) = 0,57 \text{ t-m}$$

Figura 40. Diagramas de corte y momento en zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Chequeos

Chequeo de corte simple

$$V_{con}=0,85*0,53*\sqrt{281}*200*36,54/1\ 000 = 55,13\ t > V_{max}$$

Chequeo de corte punzante

$$V_{act}= P_U - Q_{dismax} * Az = 30,53 - (14,27 * 0,445) = 24,17\ t$$

$$Az= (40+36,54)*(40+36,54/2)/10\ 000=0,445\ m^2$$

$$V_{con}=0,85*1,06*\sqrt{281}*200*(40+36,54)/1\ 000 = 231,08\ t > V_{act},$$

Por lo tanto la sección y el peralte propuestos son aceptables, ya que resisten las fuerzas cortantes actuantes.

Cheque por flexión

$$A_{smin}(1,00\ m)= 14,10*100*36,54/4\ 200 =12,25\ cm^2$$

$$A_{smin}\ (B) =14,10*200*36,54/4\ 200=24,50cm^2$$

$$Mr=0,90[4200*24,50*(36,54-(24,50*4\ 200)/(1,7*281*200))]/(100*1\ 000)$$

$$Mr = 32,81\ t\cdot m > M_{max}$$

- Diseño del refuerzo

$$S=\frac{2,85*200}{24,50} = 23,25\ cm$$

Se utilizará varillas núm. 6 @ 20 cm en ambos sentidos.

- Acero por temperatura

$$A_s T = 0,002 * 200 * 36,54 = 14,60 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1,98 * 200}{14,60} = 41 \text{ cm}$$

Utilizar varillas núm. 5 @ 30 cm en ambos sentidos

- Vigas transversales: se asumirá una viga de  $(c+0,75d)$  se chequeará y se considerará la misma viga para las dos columnas.

$$d_{y-y} = d_{x-x} - \Phi_x/2 - \Phi_y/2 ; \text{ se asume una varilla núm. 6 de } \Phi \text{ 1,91 cm}$$

$$d_{y-y} = 36,54 - 1,91/2 - 1,91/2 = 34,60 \text{ cm}$$

$$c + 1,5d = 40,0 + 0,75 * 34,6 = 45,40 \text{ cm}$$

La viga transversal se diseñará con la presión que genera la carga puntual de la columna:

$$q = \frac{P}{B * (c + 0,75d)}$$

$$q = \frac{30,53 \text{ t}}{2,00 \text{ m} * (0,454 \text{ m})} = 23,15 \text{ t/m}^2$$

- Chequeo por corte simple

$$V_{act} = q * b' * (c + 0,75d) = 23,15 * 0,455 * 0,346 = 3,64 \text{ t}$$

$$V_{con} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 45,5 * 34,6 / 1000 = 11,86 \text{ t} > V_{act}; \text{ es aceptable.}$$

- Chequeo por flexión

$$M_{act} = (23,15 \cdot 0,45^2) / 2 = 2,39 \text{ t-m}$$

Para este momento se obtiene un área de acero de  $1,84 \text{ cm}^2$

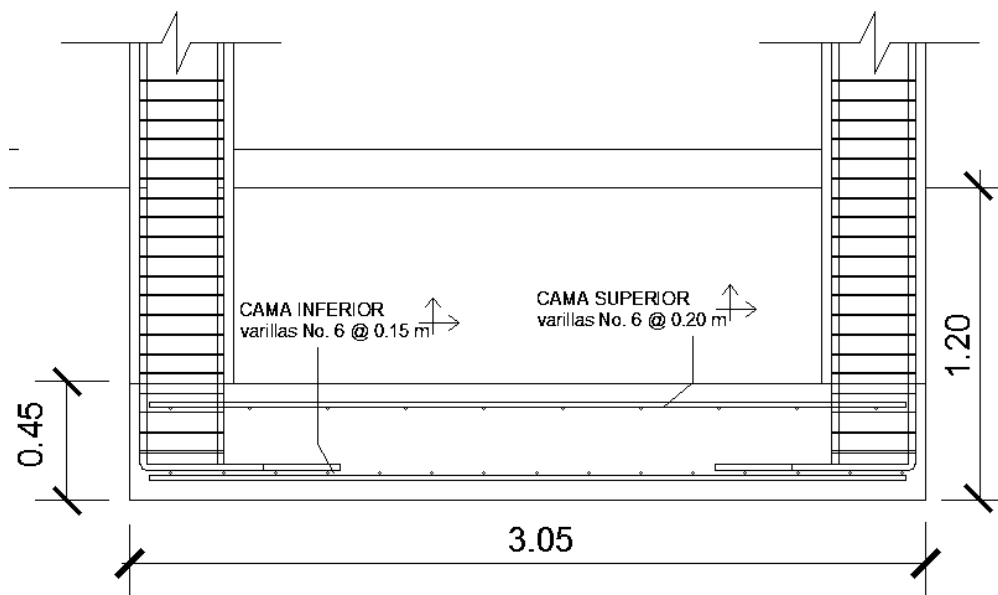
$$A_{smin} = 14,1 \cdot 45,4 \cdot 34,60 / 4 \cdot 200 = 5,27 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el área de acero mínima para continuar con el diseño.

$$S = 2,85 \cdot 34,60 / 5,27 = 18,7 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas núm. 6 @ 15 cm para ambas vigas.

Figura 41. **Detalle de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

#### **2.1.6.8. Cimiento corrido**

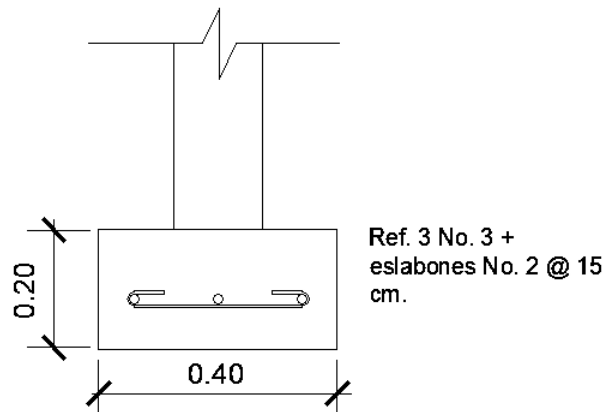
Se coloca distribuido a lo largo de todo el muro, dándole soporte a este y transmitiendo su peso hacia el suelo. Debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se propone el diseño de los cimientos corridos de acuerdo al Fondo de Hipotecas Aseguradas (FHA). Se considera que los muros del primer nivel tendrán una altura de más de 3 m.

Las dimensiones mínimas para cimientos corridos son:

- Viviendas de un nivel 15 cm x 30 cm
- Viviendas de dos niveles 20 cm x 40 cm
- El refuerzo mínimo para cimientos corridos es el siguiente:
- Viviendas de un nivel 2 núm. 3 con eslabones núm. 3 a cada 30 centímetros o núm. 2 a cada 15 centímetros
- Viviendas de dos niveles 3 núm. 3 con eslabones núm. 3 a cada 20 centímetros o núm. 2 a cada 15 centímetros.

Para este caso se colocarán 3 núm. 3 con eslabones núm. 2 a cada 15 centímetros.

Figura 42. **Detalle de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### **2.1.7. Instalaciones del edificio**

Son el conjunto de redes y equipos fijos que permiten el suministro y operación de los servicios que ayudan a los edificios a cumplir las funciones para las que han sido diseñados.

#### **2.1.7.1. Instalación eléctrica**

- Red de iluminación: para determinar la cantidad de luminarias para esta red de iluminación, el diseño se realizó a través del método de cavidad zonal. En general, la teoría de este método se basa en que la luz producida por una lámpara se refleja en todas las superficies del área a iluminar.

Este método asume que cada ambiente está constituido por tres cavidades: techo, piso y local o pared. Estas se tratan de manera conjunta, ya que cada cavidad tiene un efecto sobre las otras para producir una luz uniforme.



- Cavidad de Techo ( $H_{cc}$ ): es el área medida desde el plano de las lámparas al techo. Para las colgantes existirá una cavidad de techo. Para empotradas en el mismo, no existirá cavidad de techo, como es el caso para este diseño.
- Cavidad de Local ( $H_{ca}$ ): es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior de la luminaria; el plano de trabajo se encuentra localizado normalmente arriba del nivel del piso. En algunos casos, donde el plano de trabajo es considerado a nivel del piso, el espacio desde la luminaria al piso se considera como cavidad de local.
- Cavidad de Piso ( $H_{cp}$ ): se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo o bien el nivel donde se realiza la tarea específica. Si el trabajo se realizará directamente en el piso, no existe cavidad de piso. La altura a tomar como plano trabajado será la altura de los escritorios, a considerar 0,75 m.

Para el cálculo, se deben tomar en cuenta los siguientes datos: se utilizará color beige para las paredes y piso y color blanco para el techo. Para los datos anteriores se obtiene un factor de mantenimiento de 0,80.

Datos

$H_{ca} = 2,25 \text{ m}$

$H_{cp} = 0,75 \text{ m}$

$H_{cc} = 0 \text{ m}$

Nivel lumínico (NL) = 300 luxes

FM= 0,80

P= 40 Watts (se utilizarán lámparas de 2 tubos)

Área de salones= 6 m x 7 m

Estimación de valores de relación de cavidad zonal

$$P_p = 0,50; P_c = 0,70; P_f = 0,30$$

$$R_{ca} = \frac{5 \cdot H_{ca} \cdot (L+B)}{L \cdot B} = \frac{5 \cdot 2,25 \cdot (7+6)}{7 \cdot 6} = 3,48$$

$$R_{cp} = \frac{5 \cdot H_{cp} \cdot (L+B)}{L \cdot B} = \frac{5 \cdot 0,75 \cdot (7+6)}{7 \cdot 6} = 1,16$$

$$R_{cc} = \frac{5 \cdot H_{ca} \cdot (L+B)}{L \cdot B} = \frac{5 \cdot 0 \cdot (7+6)}{7 \cdot 6} = 0$$

Con los datos obtenidos, se procede a ubicar en las tablas, lo siguiente:

- Reflectancia efectiva de cavidad de cielo y piso

$$P_p=0,50; P_f=0,30; R_{cp}=1,16, \text{ se obtiene un } P_{cc}= 26$$

- Coeficientes de utilización K

$$P_{cc}= 26, P_p=0,50; R_{ca}= 3,48; \text{ resultando } K=0,63$$

- Flujo lumínico

$$\Phi = \frac{(L \cdot B) \cdot N \cdot L}{F_m \cdot K}$$

$$\Phi = \frac{(7 \times 6) \times 300}{0,80 \times 0,63} = 25\,000 \text{ luxes}$$

Sabiendo que 1Watt = 80 lúmenes

$$P = 2 \text{ tubos} \times 40 \text{ watts} \times 80 = 6\,400 \text{ luxes/lámpara}$$

Número de lámparas:

$$\text{Núm. Lámparas} = \Phi / P = 25\,000 / 6\,400 = 3,90 \text{ lámparas}$$

Para que la iluminación sea efectiva en los salones se deben colocar 4 lámparas incandescentes de dos tubos cada una.

Figura 43. **Tipo de iluminación por ambiente**

<b>Ambiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Núm. Lámparas</b>	<b>Cant. Tubos</b>
Aulas	6,00 x 7,00 m	4	2
Pasillos	2,65 x 30,00 m	3	2
Dirección	3,50 x 6,00 m	2	2
Servicios sanitarios	3,50 x 7,00 m	2	1
Escaleras	4,10 x 5,10 m	1	2

Fuente: elaboración propia.

- Conductores
  - En circuitos de iluminación se recomienda, como mínimo, conductores de 1,5 o 2,5 mm<sup>2</sup> según la potencia (VA) de la carga.

- Para bajadas de centro de llave (interruptor), conductores de 1,5 mm<sup>2</sup>
- Para circuitos de tomacorrientes conductores de 1,5 mm<sup>2</sup> o 2,5 mm<sup>2</sup> según la carga.
- Para la línea principal conductores de 4,00 mm<sup>2</sup> o 6,00 mm<sup>2</sup>.
- La intensidad admisible o nominal del conductor debe ser siempre mayor a la intensidad del equipo.
- Cada 9 m de tubería se debe colocar una caja de registro.
- Dentro de la tubería debe haber como máximo 6 conductores (ver tabla de cantidad de conductores por caño.)
- Las cajas para tomacorriente se deben ubicar a una altura de 30 cm sobre el nivel del piso y las cajas para interruptores a 1,20 m del piso.

Tabla XIX. **Sección de conductores**

Sección (mm <sup>2</sup> ) de Cu	Intensidad MAX(A)
1	8
1,5	11
2,5	15
4	20
6	26
10	36
16	50
25	65

Fuente: CALLONI, JUAN CARLOS. *Prácticas eléctricas en inmuebles*. p. 39.

Tabla XX. Cantidad de conductores dentro de un tubo

Cantidad de conductores	1	1,5	2	2,5	3	4	6	10	16	25	Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )
1	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	15,4	15,4	18,6	diámetro interior de la tubería (mm)
2	12,5	12,5	12,5	12,5	15,4	15,4	18,6	21,7	28,1	28,1	
3	12,5	15,4	15,4	15,4	15,4	18,6	18,6	28,1	28,1	34,0	
4	15,4	15,4	15,4	18,6	18,6	21,7	21,7	28,1	34,0	34,0	
5	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	21,7	21,7	34,0	40,8	40,8	
6	18,6	18,6	18,6	21,7	21,7	21,7	25,1	34,0	40,8	40,8	

Fuente: CALLONI, JUAN CARLOS. *Prácticas eléctricas en inmuebles*. p. 47.

Para los circuitos de iluminación se utilizará alambre de cobre calibre 10 AWG (5,26 mm<sup>2</sup>). Para los circuitos de fuerza calibre 14 AWG (2,08 mm<sup>2</sup>), en tuberías de PVC de ¾" y ½" de diámetro, respectivamente.

Tabla XXI. Tablero de circuitos eléctricos para cada nivel

Circuito	Tipo de carga	Potencia unitaria	Cantidad unidades	Potencia total (W)	Corriente (A)	FS 1,25	Flip On	Calibre conductor
A	Iluminación	80	25	2 000	16,67	20,83	1 x 20	10
B	Iluminación	80	24	1 920	16,00	20,00	1 x 20	10
C	Iluminación	80	15	1 200	10,00	12,50	1 x 15	10
D	Fuerza	200	8	1 600	13,33	16,67	1 x 20	14
E	Fuerza	200	8	1 600	13,33	16,67	1 x 20	14
F	Fuerza	200	8	1 600	13,33	16,67	1 x 20	14
G	Fuerza	200	8	1 600	13,33	16,67	1 x 20	14
H	Fuerza	200	8	1 600	13,33	16,67	1 x 20	14
I	Fuerza	200	8	1 600	13,33	16,67	1 x 20	14
J	Fuerza	200	8	1 600	13,33	16,67	1 x 20	14
K	Fuerza	200	8	1 600	13,33	16,67	1 x 20	14

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.7.2. Instalación hidráulica**

La red de distribución de agua se debe diseñar para que todos los artefactos funcionen correctamente y sin interrupciones. Esto para satisfacer las necesidades de los usuarios, de acuerdo con los siguientes criterios:

- La dotación de agua diaria es de 50 litros por persona.
- El servicio se debe mantener constante durante las 24 horas del día.
- Las redes se deben diseñar por circuitos cerrados.
- La tubería mínima a utilizar es de PVC  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro para los ramales principales y de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro para las conexiones a los diferentes artefactos.
- La tubería de agua potable debe colocarse alejada de los drenajes y siempre en un nivel superior a estas.
- En una intersección de tubería de agua potable y tubería de drenaje. La primera debe quedar como mínimo, 20 cm arriba de la segunda y se debe proteger con mortero por una longitud de un metro, para cada lado de la intersección.
- Si la cantidad o presión del agua no es suficiente, para abastecer el sistema y suplir las necesidades de los usuarios, se deben instalar sistemas que proporcionen abastecimiento adecuado, tales como cisternas con equipo hidroneumático.

- Cantidad de artefactos a utilizar.

Existen diversas formas y criterios para establecer el número mínimo de artefactos sanitarios a utilizar o que requieren los edificios. Para este caso se utiliza la siguiente tabla que relaciona la cantidad de aparatos y el número de usuarios.

Tabla XXII. **Cantidad de aparatos por usuario para escuelas y colegios elementales**

Tipo de edificio	Inodoros		Urinarios	Lavabos
	H	M		
Escuelas y colegios elementales	Uno por cada 100	Uno por cada 100	Uno por cada 30 hombres	Uno por cada 60 personas

Fuente: RODRÍGUEZ, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p.33.

De los antecedentes obtenidos en la Escuela se tienen aproximadamente reciben a una cantidad de 700 alumnos asistentes en su jornada. Esto con una relación aproximada de 1/1, con este dato procedemos a realizar el cálculo correspondiente:

- Cantidad de mingitorios:

$350/30 = 11,66$  por cuestión de espacio se construirá un urinario común a lo largo del muro.

- Cantidad de inodoros hombres:

$350/100 = 3,5$ , se colocarán 4 inodoros + 1 inodoro con espacio para discapacitados.

- Cantidad de inodoros mujeres:

$350/100 = 3,5$ , se colocarán 5 inodoros + 1 inodoro con espacio para discapacitados.

- Cantidad de lavabos hombres:

$350/60 = 5.83$ , se colocarán 6 lavabos.

- Cantidad de lavabos mujeres:

$350/60 = 5,83$ , se colocarán 6 lavabos.

Esta cantidad de artefactos se utilizarán para cada nivel.

Además se colocarán: una pila en el área de cocina. Inodoro y lavabos para el área de dirección, en el primer nivel y también para el salón de maestros en el segundo nivel.

El diseño del sistema se realizó por el método de Hunter, el cual toma en cuenta las demandas de agua de cada artefacto dentro de la red. Para encontrar un caudal necesario y el respectivo diámetro para que el sistema funcione.



Tabla XXIII. **Demanda de accesorios para el método de Hunter**

<b>Pieza o accesorio</b>	<b>Peso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>
Inodoro con caja de descarga	0,30	12	3,6
Lavabo	0,50	14	7,0
Mingitorio	0,30	12	3,6
Pila	0,50	1	0,5
		<b>TOTAL</b>	<b>14,7</b>

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. Tabla 6, p. 126.

El cálculo del caudal se realiza de la siguiente manera:

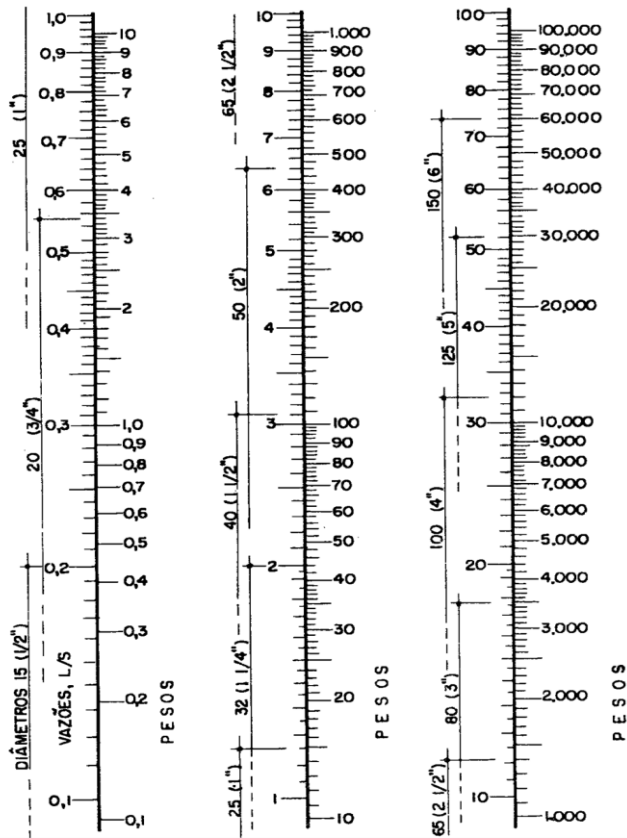
$$Q = 0,30^2 \sqrt{\sum P}$$

$$Q = 0,30^2 \sqrt{14,7} = 1,15$$

Con el valor del caudal establecido se procede a ubicarlo en la siguiente figura. Esto para determinar el diámetro efectivo a utilizar.

Para obtener el diámetro se localiza el valor del caudal en la columna de la derecha y el del peso en la derecha y se observa el valor dentro del rango de diámetros de la izquierda. En este caso para un peso de 14,7 y caudal de 1,15 l/s, la tubería asignada es de 1" para la red principal y de ½" para las ramificaciones que alimentan los accesorios. La tubería debe cumplir con la Norma ASTM D2241 y los accesorios, cédula 40, con la Norma ASTM D2466.

Figura 44. **Ábaco cálculo de diámetro para tubería de agua fría**



Fuente: ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. Ábaco 1, p. 128.

### 2.1.7.3. Instalación sanitaria 1

Para el diseño de las instalaciones sanitarias se procede a asignar un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario. El edificio consta de 12 inodoros, 14 lavabos, una pila y los mingitorios de los sanitarios de hombres. Y se trabajará con una pendiente de 2/100

Tabla XXIV. **Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje**

Mueble o aparato	Unidades mueble	Diámetro (in)
lavamanos	1	1 1/4
inodoro con tanque	4	3
ducha	2	1 1/4
tina	3	1 1/4
lavadero de cocina	3	1 1/4
lavadero de ropa	3	1 1/4
drenaje de piso	3	3

Fuente: ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. Ábaco 1, p. 105.

Tabla XXV. **Diámetro de las derivaciones del colector**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1150	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	13500

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 72

Con datos de las tablas anteriores y de acuerdo a las unidades mueble, de la cantidad de artefactos, se determina el total de cargas del sistema. Esto para determinar el diámetro de la tubería principal.

Para este proyecto se utilizará un tubería principal, subterránea de 4 pulgadas, para el primer nivel, y de 3 pulgadas para el segundo nivel. Además del diámetro específico para cada artefacto.

#### **2.1.7.4. Instalación sanitaria 2**

Para el diseño de las instalaciones sanitarias se procede a asignar un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario. El edificio consta de 12 inodoros, 14 lavabos, una pila y los mingitorios de los sanitarios de hombres. Y se trabajará con una pendiente de 2/100

**Tabla XXVI. Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje**

<b>Mueble o aparato</b>	<b>Unidades mueble</b>	<b>Diámetro (pulgadas)</b>
lavamanos	1	1 1/4
inodoro con tanque	4	3
ducha	2	1 1/4
tina	3	1 1/4
lavadero de cocina	3	1 1/4
lavadero de ropa	3	1 1/4
drenaje de piso	3	3

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 105

Tabla XXVII. **Diámetro de las derivaciones del colector**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1150	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	13500

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios. p. 72

Con datos de las tablas anteriores y de acuerdo a las unidades mueble, de la cantidad de artefactos, se determina el total de cargas del sistema. Esto para determinar el diámetro de la tubería principal.

Para este proyecto se utilizará un tubería principal, subterránea de 4 pulgadas, para el primer nivel, y de 3 pulgadas para el segundo nivel. Además del diámetro específico para cada artefacto.

#### **2.1.7.5. Instalación pluvial**

Para determinar el caudal de diseño se debe conocer la intensidad de lluvia de la zona y el área del techo cubierta por cada tubo. Aquí bajarán las aguas de lluvia.

El proyecto se encuentra ubicado entre las líneas de 140 y 160 mm/h (ver figura 45). Se utilizará para la estimación del cálculo del caudal medio de 150mm/h, para una intensidad de 5 minutos y periodo de retorno de 10 años. Con lo que se procede a calcular:

$$Q_{dis} = C \cdot I \cdot A / 360$$

Donde:

$Q_{dis}$  = caudal de diseño (pluvial)

$I$  = intensidad de lluvia

$C$  = coeficiente de escorrentía = 0,90 para techos

$A$  = área de techo, 6,00m x 9,65 m = 57,9 m<sup>2</sup> = 0,00579 hectáreas

$$Q_{dis} = 0,90 \cdot 150 \cdot 0,00579 / 360$$

$$Q_{dis} = 0,002 \text{ l/s}$$

Se propone una tubería de PVC de 3" de diámetro para cada bajada de agua pluvial con una pendiente de 1 %. Por ello, se procede a realizar si la propuesta es aceptable para transportar dicho caudal, de la siguiente forma:

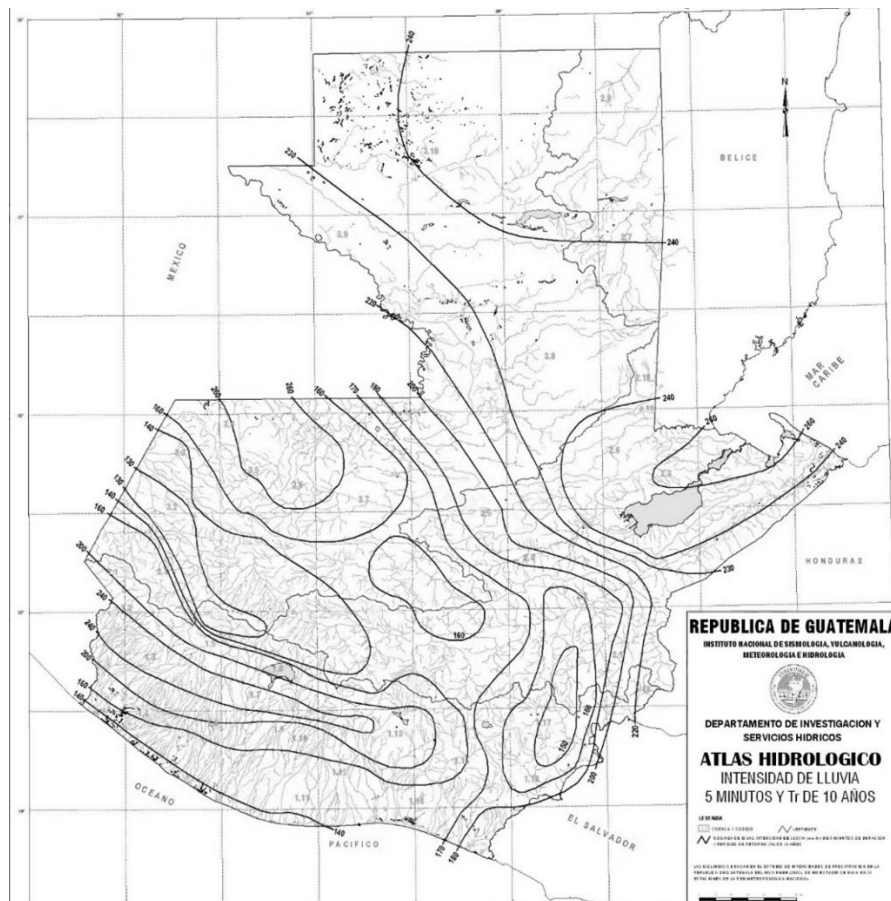
$$V = \frac{0,03429 \cdot 3^{2/3} \cdot 0,01^{1/2}}{0,01019} = 0,70 \text{ l/s}$$

$$A = \frac{(\pi \cdot 3 \cdot 0,0254)^2}{4} = 0,00546 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,00456 \cdot 0,70 \cdot 1\,000 = 3,19 \text{ l/s}$$

El caudal de diseño es mucho menor que el caudal teórico para ese diámetro de tubería, por lo tanto es adecuada.

Figura 45. **Mapa intensidad de lluvia de 5 minutos de duración y periodo de retorno de 10 años**



Fuente: INSIVUMEH. *Atlas Hidrológico*.

### 2.1.8. Presupuesto

Este se realizó integrando los costos directos, materiales de construcción y mano de obra, y los indirectos, como supervisión, imprevistos, y otros.

Para la integración de los precios unitarios se aplicó 35 % por gastos indirectos. Los precios de materiales fueron cotizados en centros de distribución

de la región y la mano de obra calificada y no calificada se utilizó con precios referidos en proyectos realizados por la misma entidad.

Tabla XXVIII. **Presupuesto de Escuela La Aurora**

Núm.	RENGLÓN	U	CANT	PU	TOTAL
1.0	<b>PREELIMINARES</b>				
1.1	Rótulo de identificación del proyecto.	U	1	Q 350,00	Q 350,00
1.2	Construcción de bodega de materiales.	global	1	Q 3 250,00	Q 3 250,00
1.3	Limpieza y nivelación.	m <sup>2</sup>	1 030	Q 8,75	Q 9 012,50
1.4	Trazo y estaqueado.	ml	1 096	Q 3,80	Q 4 163,81
2.0	<b>CIMENTACIÓN</b>				
2.1	Excavación estructural.	m <sup>3</sup>	185,076	Q 28,39	Q 5 253,60
2.2	Relleno estructural.	m <sup>3</sup>	125,457	Q 30,60	Q 3 838,98
2.3	Zapata Z-1 (concéntrica).	U	34	Q 9 958,96	Q 338 604,59
2.4	Zapata Z-2 (excéntrica).	U	12	Q 11 478,94	Q 137 747,26
2.5	Zapata Z-3 (combinada).	U	14	Q 16 267,33	Q 227 742,59
2.6	Columnas C-1 (hasta nivel 0,00).	U	70	Q 2 536,14	Q 177 530,12
2.7	Cimiento corrido.	ml	231,42	Q 236,52	Q 54 735,53
3.0	<b>MUROS</b>				
3.1	Muros 1er. nivel de <i>block</i> 14x19x39 cm.	m <sup>2</sup>	460,879	Q 272,24	Q 125 471,12
3.2	Muros 2do. nivel de <i>block</i> 14x19x39 cm.	m <sup>2</sup>	389,795	Q 272,24	Q 106 119,00
3.3	Muros 1er. nivel tabiques 09x20x40 cm.	m <sup>2</sup>	57	Q 263,81	Q 15 036,92
3.4	Muros 2er. nivel tabiques 09x20x40 cm.	m <sup>2</sup>	29	Q 263,81	Q 7 650,36
3.6	Solera hidrófuga.	ml	177,9	Q 194,62	Q 34 623,39
3.7	Solera intermedia.	ml	177,9	Q 194,62	Q 34 623,39
3.8	Sillar.	ml	198,64	Q 324,34	Q 13 956,45
3.1	Dintel.	ml	236,04	Q 324,34	Q 26 086,85
4.0	<b>COLUMNAS</b>				
4.1	Columna tipo C-1.	U	70	Q 7 779,62	Q 544 573,13
4.2	Columna tipo C-4.	U	74	Q 4 015,59	Q 297 153,46
4.3	Columna tipo C-2.	U	31	Q 588,77	Q 18 251,74
4.4	Columna tipo C-3.	U	120	Q 324,34	Q 38 921,07



Continuación de la tabla XXVIII.

5.0	<b>VIGAS</b>				
5.1	Vigas tipo V-1.	U	12	Q 5 710,20	Q 68 522,45
5.2	Vigas tipo V-2.	U	12	Q 5 153,98	Q 61 847,81
5.3	Vigas tipo V-3.	U	19	Q 5 356,65	Q 101 776,28
5.4	Vigas tipo V-4.	U	28	Q 5 298,18	Q 148 349,04
5.5	Vigas tipo V-5.	U	12	Q 5 312,25	Q 63 746,95
5.6	Vigas tipo V-6.	U	12	Q 5 138,41	Q 61 660,96
5.7	Vigas tipo V-7.	U	24	Q 3 652,43	Q 87 658,25
5.8	Vigas tipo V-8.	U	38	Q 3 803,16	Q 144 520,13
5.9	Vigas tipo V-9.	U	17	Q 2 707,03	Q 46 019,53
5.10	Vigas tipo V-10.	U	9	Q 3 054,04	Q 27 486,37
5.11	Vigas tipo V-11.	U	9	Q 2 860,56	Q 25 745,04
5.1	Vigas tipo V-12.	U	17	Q 3 144,96	Q 53 464,38
6.0	<b>LOSAS</b>				
6.1	Losa 1er. nivel.	m <sup>2</sup>	770,5525	Q 534,48	Q 411 841,75
6.2	Losa 2do. nivel.	m <sup>2</sup>	770,5525	Q 534,48	Q 411 841,75
7.0	<b>MÓDULO DE GRADAS</b>				
7.1	Módulo de gradas.	global	2	Q 42 180,59	Q 84 361,19
8.0	<b>ACABADOS</b>				
8.1	Repello en losas.	m <sup>2</sup>	289,5	Q 45,80	Q 13 259,10
8.2	Piso de granito (aulas, pasillos, servicios sanitarios).	m <sup>2</sup>	289,5	Q 300,38	Q 86 958,56
9.0	<b>BANQUETA</b>				
9.1	Banqueta de pasillo.	m2	211,6025	Q 95,78	Q 20 267,29
10.0	<b>HERRERÍA</b>				
10.1	Ventana tipo V-1.	U	63	Q 3 214,58	Q 215 376,53
10.2	Ventana tipo V-2.	U	3	Q 3 218,50	Q 6 123,00
10.3	Ventana tipo V-3.	U	1	Q 405,06	Q 405,06
10.4	Ventana tipo V-4.	U	1	Q 1 365,90	Q 7 536,00
10.5	Ventana tipo V-5.	U	4	Q 314,00	Q 2 512,00
10.6	Ventana tipo V-6.	U	4	Q 3 650,25	Q 14 601,00
10.7	Ventana tipo V-7.	U	4	Q 596,60	Q 2 386,40
10.8	Ventana tipo V-8.	U	2	Q 690,80	Q 1 381,60
10.9	Puerta tipo P-1 (1.20x2.10 m).	U	25	Q 1 980,00	Q 49 500,00

Continuación de la tabla XXVIII.

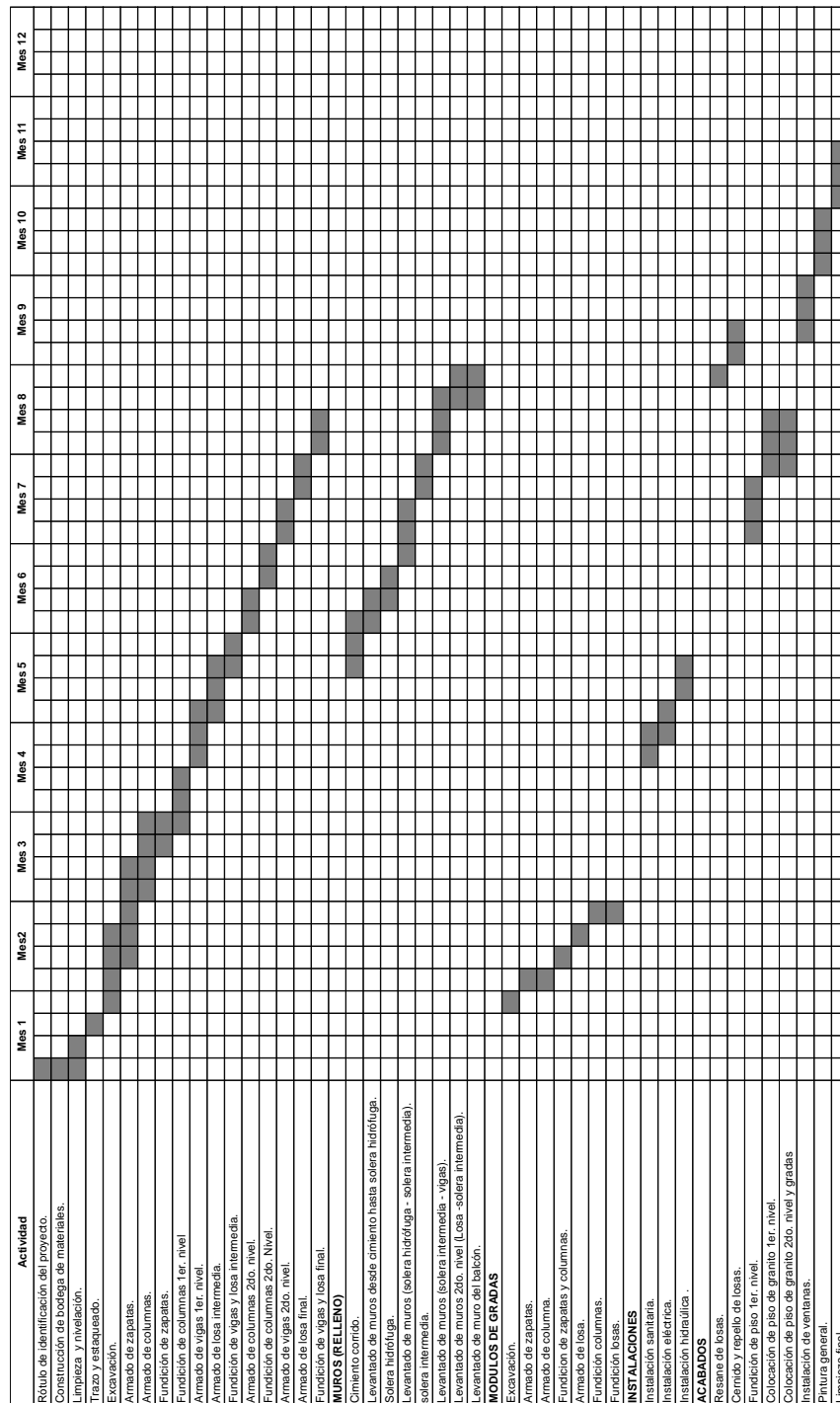
10.10	Puerta tipo P-2 (0,90x2,10 m).	U	2	Q 1 700,00	Q 3 400,00
10.11	Puerta tipo P-3 (1,00x2,10 m).	U	4	Q 1 500,00	Q 6 000,00
10.12	Puerta tipo P-4 (0,80x2,10 m).	U	2	Q 1 000,00	Q 2 000,00
10.13	Puerta tipo P-5 (0,70x2,10 m) madera.	U	18	Q 520,00	Q 10 400,00
10.14	Puerta tipo P-6 (0,90x2,10 m) madera.	U	4	Q 710,00	Q 2 840,00
11.0	<b>INSTALACIONES</b>				
11.1	Instalación eléctrica.	global	1	Q43 850,00	Q 43 850,00
11.2	Instalación sanitaria (incluye aparatos sanitarios).	global	1	Q30 000,00	Q 30 000,00
11.3	Instalación hidráulica.	global	1	Q18 500,00	Q 18 500,00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 4 560 834,24</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.9. Cronograma de ejecución

En la planificación y programación de obras define el tiempo en que se realizarán las actividades, por lo que se requiere la realización de un cronograma preciso. El cronograma ha de asumir una función de síntesis, integrando la intervención de los participantes y ha de ser el instrumento que asegure la coordinación de las actividades a realizar por todos ellos, de acuerdo con unos objetivos generales predefinidos.

Tabla XXIX. Cronograma de ejecución de la Escuela La Aurora



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10. Estudio de impacto ambiental

Es un instrumento técnico-legal de carácter predictivo que sirve para identificar, comprender, conocer y gestionar los impactos ambientales que el proyecto a realizar puede causar.

La normativa legal ambiental vigente en Guatemala (general) establece que para cada proyecto que se desee implementar se deberá elaborar un estudio de impacto ambiental. Esta es la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68 de 1986).

Para este proyecto se evalúan los daños que se pueden ocasionar durante la etapa de ejecución del mismo. Se mitigaron los impactos causados por los trabajos de realización de las distintas instalaciones y la construcción en general. El objetivo es crear un ambiente adecuado para los usuarios del centro educativo y comunidades aledañas.

Tabla XXX. Estudio de impacto ambiental

Núm.	Actividad	Impacto negativo	Medidas de mitigación
1	Limpieza inicial: Chapeo Trazo Nivelación Excavación	Aumento de erosión. Movimiento de tierras. Eliminación de capa vegetal. Tala de árboles. Ingreso de maquinaria pesada.	Realizar las actividades de limpieza general únicamente en las áreas indispensables para la ejecución del proyecto. Reducir la tala en exceso y fomentar la reforestación de la zona. Ubicar zonas adecuadas y seguras para la colocación del material demolido. Señalización de zona de construcción.
2	Desarrollo del proyecto: Ingreso de maquinaria pesada y liviana.	Deterioro de las vías de acceso. Congestionamiento vial. Ruido excesivo. Producción de desechos sólidos.	Señalizar las vías de acceso de maquinaria pesada y liviana. Asignar personal guía de tránsito. Utilizar vías alternas. Optimizar las horas de trabajo mientras no se encuentra la población estudiantil. Colocar contenedores para los desechos.

Continuación de la tabla XXX.

	Transporte de materiales Ingreso de cuadrillas de trabajadores.	Accidentes dentro del proyecto. Daños a terceros. Aumento de vectores.	Proveer al personal de un equipo de seguridad adecuado. Utilización de andamios. Circular el área de trabajo. Asignar y ubicar un botiquín de primeros auxilios dentro de la construcción. Establecer letrinas para el uso de los trabajadores.
3	Periodo operativo: Profesores y alumnos	Posibles accidentes de la población estudiantil. Incendios. Sismos.	Señalización de salidas de emergencia y puntos de reunión. Mantener despejados los módulos de gradas. Colocación de extintores de fuego.

Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de colonia Mazat-Ahui

Se considera un servicio básico, sin embargo la cobertura de estas redes en las comunidades en desarrollo es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable. Esto genera importantes problemas sanitarios. Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales estaba más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado. Actualmente la existencia de redes de alcantarillado es una necesidad latente dentro de las comunidades, por lo que se propone para esta colonia, el diseño de un sistema de alcantarillado eficiente y duradero.

### 2.2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario

Se deben utilizar las normas vigentes en el país. Se deben conocer los puntos de evacuación y estos no deben afectar al medio ambiente ni a otros

sistemas cercanos, material a utilizar, distancias a cubrir, entre otras cualidades que se dan a conocer a continuación.

#### **2.2.1.1. Descripción del proyecto**

La colonia Mazat-Ahui carece de un sistema de alcantarillo sanitario. Debido a eso algunos utilizan pozos ciegos o fosas sépticas para suplir esa necesidad, pero la mayoría de la población se ve obligada a conducir sus aguas negras a las calles. Esta opción genera condiciones insalubres, presencia de vectores, enfermedades en la piel y gastrointestinales y otras de transmisión hídrica.

El diseño y ejecución de un sistema de alcantarillado sanitario permitirá a los vecinos tener una colonia más limpia. Evitará los problemas que conllevan las medidas tomadas para la evacuación de las aguas residuales, desde el punto de vista social y ambiental.

Este proyecto consiste en una red de alcantarillado sanitario, que servirá como colector y conductor de las aguas negras. El flujo del caudal será por gravedad por lo que se utilizarán las pendientes que proporciona el terreno. Cuidando que estas no excedan los parámetros de diseño que establecen las normas a utilizar.

#### **2.2.2. Normas a utilizar**

Para este proyecto se han empleado las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados indicadas por el Instituto de Fomento Municipal (Infom). Cabe mencionar que en la mayoría de tramos no se utilizó el porcentaje de pendiente mínimo, que se menciona en dichas normas (2 %), por razones constructivas y económicas. Esta consideración evita que la tubería de coronamiento principal

resulte a una profundidad mayor, bajo la superficie y así evitar diseños de tuberías auxiliares y la construcción de pozos muy profundos. Por la tanto una disminución considerable en los costos de excavación y materiales de construcción.

Las especificaciones del material a utilizar para colectores y conductores se considera la Norma ASTM para tubería de PVC.

### **2.2.3. Levantamiento topográfico**

Es la descripción detallada de la superficie en la cual se llevará a cabo el proyecto. Para el levantamiento topográfico se tomaron en cuenta las áreas edificadas y el desarrollo futuro, incluyendo la localización exacta de las calles. Los resultados se observan en los planos correspondientes.

Se realizó la medición de niveles en todos aquellos puntos que influyan en el diseño, tales como, zanjas, esquinas, elevaciones, monumentos, y otros.

### **2.2.4. Partes de un alcantarillado**

El buen funcionamiento de todo el sistema dependerá de la utilización y colocación adecuada de cada una de sus partes.

Principalmente de una tubería adecuada, además de las conocidas obras de arte hidráulicas. Estas son pequeñas instalaciones que sirven para acumular caudales y hacer futuras verificaciones del sistema. A continuación se describen brevemente.

#### **2.2.4.1. Colector**

Es el medio que se utiliza para reunir, transportar y evacuar las aguas residuales y los desechos generados por la población, hacia un lugar donde se le dé un tratamiento adecuado. Estos deben funcionar hidráulicamente como canales abiertos. El diámetro mínimo de diseño depende del tipo de material a utilizar, para tubería de concreto será de 8 plg de diámetro y para tubería de PVC será de 6 plg de diámetro.

Para este sistema de alcantarillado se utilizará tubería de PVC que cumpla con las especificaciones técnicas de la Norma ASTM D 3034.

#### **2.2.4.2. Pozos de visita**

Son estructuras construidas con el objeto de proporcionar acceso, tanto a los ramales como a los colectores. El propósito es inspeccionar y darles mantenimiento. Están contruidos de mampostería de ladrillo tayuyo de punta, concreto armado, de forma cilíndrica que remata generalmente en su parte superior, en forma de cono truncado con tapadera removible. Esta se construye con el objeto de permitir el acceso y darle mantenimiento al pozo y al colector.

Las paredes del pozo deben estar impermeabilizadas con repello y cernido liso, el fondo puede estar conformado de concreto armado y concreto ciclópeo para darle la dirección del flujo. También es necesaria la incorporación de escalones, los cuales serán de acero generalmente de 3/8 de plg que están empotrados en las paredes del pozo. La profundidad que poseen estos pozos es variable.



### **2.2.4.3. Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central. También se les conoce como acometidas y constan de las siguientes partes:

#### **2.2.4.3.1. Caja o candela**

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 cm. Si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 plg; deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al sistema de alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de 1 m.

#### **2.2.4.3.2. Tubería secundaria**

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria. Esta tiene un diámetro mínimo de 6 plg en tubería de concreto y de 4 plg en tubería de PVC. Esta debe tener una pendiente mínima de 2 %, a efecto de evacuar adecuadamente los desechos.

La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior y a un ángulo de 45° aguas abajo. Al realizar el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en la cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar. Aunque en algunos casos resulta imposible por la topografía del terreno y deben considerarse otras formas de realizar dicha conexión.

### **2.2.5. Diseño del sistema**

A continuación se presenta la descripción de factores que afectan el diseño del sistema de alcantarillado sanitario tales como la cantidad de población a servir, el tiempo de vida útil, es decir el periodo de diseño del sistema, caudal a evacuar, entre otros.

#### **2.2.5.1. Período de diseño**

Es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable. Este período varía de acuerdo con el crecimiento de la población, capacidad de administración, operación y mantenimiento, entre otros. El período estimado para este proyecto es de 25 años.

#### **2.2.5.2. Población futura**

Es la cantidad estimada de población para la cual se diseñará el sistema de alcantarillado. Esta se calcula con una proyección de población obtenida según el censo realizado en el lugar. Para su obtención se utilizó el método geométrico que utiliza la población actual y la tasa de crecimiento. La fórmula de este método se expresa de la siguiente manera:

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Po= población inicial

r = tasa de crecimiento, 2,12 % (Fuente IARNA, URL)

n = período de diseño

### **2.2.5.3. Determinación de caudales**

El caudal es la cantidad de agua que corre por una tubería en cada unidad de tiempo, sus dimensionales se dan en litros por segundo o metro cúbico por segundo. Para la estimación del caudal que recorrerá por el colector se debe conocer una dotación de agua por habitante. La cantidad de artefactos que producen aguas residuales y negras y un factor de retorno de los mismos.

#### **2.2.5.3.1. Dotación de agua potable**

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población. Comúnmente se expresa en litros por habitante por día: l/hab./día. Para la elección adecuada de la dotación deberán tomarse en cuenta los factores siguientes: clima, nivel de vida, actividades productivas, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad y cantidad del agua, medición, administración del sistema y presiones.

Si los hubiere deberán tomarse en cuenta estudios de demanda de la población o poblaciones similares. La guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano indica que a falta de estos se tomarán los valores siguientes:

- Servicio a base de llena cántaros exclusivamente: 30 a 60 l/hab/día.
- Servicio mixto de llena cántaros y conexiones prediales: 60 a 90 l/hab/día.
- Servicio exclusivo de conexiones prediales fuera de la vivienda: 60 a 120 l/hab/día.

- Servicio de conexiones inter domiciliarias con opción a varios grifos por vivienda de 90 a 170 l/hab/día.
- Servicio de pozo excavado o hincado con bomba manual mínimo 20 l/hab/día.
- Servicio de aljibes 20 l/hab/día.

Para el diseño de este sistema de alcantarillado sanitario se utilizará una dotación de agua potable de 150 l/hab/día, considerando el clima cálido.

#### **2.2.5.3.2. Factor de retorno al sistema**

Es el porcentaje de agua, que después de ser utilizada, vuelve al alcantarillado. Este valor puede oscilar entre 0,70 a 0,90. La decisión de tomar cualquiera de estos valores influirá mucho en los costos que el proyecto representará. Un valor mayor dará como resultado caudales y diámetros de tuberías grandes, lo que implicaría altos costos. Por el contrario, un valor pequeño de este factor dará caudales pequeños y por consiguiente, diámetros de tuberías pequeños, por lo que se reducirían los costos. El factor de retorno para el proyecto será de 0,80.

#### **2.2.5.3.3. Caudal sanitario**

Está formado por las aguas servidas producto de: caudal domiciliar, industrial, comercial, por conexiones ilícitas y por infiltración.

#### **2.2.5.3.4. Caudal domiciliar**

Es el agua que resulta de utilizar el agua potable en distintas actividades, como lavado de utensilios de cocina, lavado de ropa, duchas, inodoros, aseo personal y otros. Tiene que ser desechada y conducida hacia la red del sistema de alcantarillado. Este caudal está relacionado con la dotación y se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{dot} \cdot \text{No.Hab.} \cdot \text{F.R}}{86\,400}$$

Donde:

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

dot = dotación = 150 l/hab/d

No. hab= número de habitantes por tramo

F.R. = Factor de retorno = 0,80

#### **2.2.5.3.5. Caudal industrial**

Es el que proviene de las industrias, tales como procesadoras de alimentos, fábrica de textiles, licoreras, embotelladoras y otros. La dotación depende de acuerdo al establecimiento que se encuentre en el lugar. Para este proyecto no se tomó en cuenta este caudal, debido a que no existe ninguna industria a lo largo de toda la línea del alcantarillado.

#### 2.2.5.3.6. Caudal comercial

Es el agua desechada por las edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, mercados, algunos edificios públicos, entre otros. Por lo general, la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar.

En uno de los ramales de este proyecto se encuentra ubicado el Centro de Salud Municipal, que cuenta con 6 servicios sanitarios, 60 trabajadores de turno diario y atienden a un promedio de 100 personas al día. Por lo que se utiliza, para determinar el caudal, una dotación de 40 l/trabajador/día y para los usuarios del Centro una dotación de 15 l/día.

$$Q_{com}=Q_{trabajadores}+Q_{usuarios}$$

$$Q_{trabajadores} = \frac{\text{dot} \cdot \text{No. trab.} \cdot \text{F.R.}}{86\,400} = \frac{40 \cdot 60 \cdot 0,80}{86\,400} = 0,022 \text{ l/s}$$

$$Q_{Usuarios} = \frac{\text{dot} \cdot \text{No. Usu.} \cdot \text{F.R.}}{86\,400} = \frac{15 \cdot 100 \cdot 0,80}{86\,400} = 0,014 \text{ l/s}$$

$$Q_{com} = 0,022 + 0,014 = 0,036 \text{ l/s}$$

#### 2.2.5.3.7. Caudal por conexiones ilícitas

Es el caudal producido por la introducción de las aguas pluviales a la red de alcantarillado sanitario. El caudal de conexiones ilícitas se calculará por medio de los parámetros regulados por las normas del Infom y este se puede calcular como un 10 %, mínimo, del caudal domiciliar. Por escases de un sistema de recolección de aguas pluviales y por la gran cantidad de precipitación que se presenta en

esta región en la temporada de invierno. Se incrementará este parámetro a un 50 % para evitar sobrecarga a futuro, dentro de las tuberías.

$$Q_{ilic} = 0,50 Q_{dom}$$

#### **2.2.5.3.8. Caudal por infiltración**

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas se tomará en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea, con relación a la profundidad de las tuberías y el tipo de tubería. Los caudales por cada kilómetro de tubería que contribuya al tramo se estimarán, calculando los tubos centrales y los de conexión domiciliar así, en litros por segundo:

- Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático:
  - Tuberías de cemento:  $q_i = 0,025 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$
  - Tuberías de PVC:  $q_i = 0,01 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$
- Para tuberías que quedarán bajo el nivel freático:
  - Tuberías de cemento:  $q_i = 0,15 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$
  - Tuberías de PVC:  $q_i = 0,02 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$

Entonces:

$$Q_i = 0,01 \cdot 6 = 0,06 \text{ l/s}$$

#### **2.2.5.3.9. Factor de caudal medio**

Este factor es el que se utiliza para regular la aportación del caudal en la tubería. Este valor según el Infom debe estar entre el rango de 0,002 a 0,005.

Para facilitar la obtención de este valor las instituciones que se han dedicado al diseño de sistemas de alcantarillado sanitario, establecen con base en la experiencia:

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

#### **2.2.5.3.10. Factor de Harmon**

Flujo instantáneo es un factor de seguridad que ayuda a determinar el caudal máximo que puede fluir en determinado tramo de tubería. Este factor involucra el número de habitantes a servir en cada tramo. Se puede determinar de la siguiente forma:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P/1\,000}}{4 + \sqrt{P/1\,000}}$$

#### **2.2.5.3.11. Caudal de diseño**

Es el caudal con el que se diseñan los tramos del sistema de alcantarillado. Este caudal es único para cada tramo y dependerá de cada uno de los factores determinados anteriormente. Se estimará de la siguiente manera:

$$Q_{\text{dis}} = F.H. \cdot f_{\text{qm}} \cdot \text{No. Hab. fut.}$$



Donde:

$Q_{dis}$  = Caudal de diseño

FH = Factor de Harmon

Fqm = factor de caudal medio

#### **2.2.5.4. Fundamentos hidráulicos**

Los sistemas de alcantarillado sanitario, teóricamente, deben funcionar como sistemas de canales abiertos. Las tuberías nunca se diseñan a sección llena y el flujo queda determinado por la pendiente y la superficie del material a utilizar.

Generalmente, en los sistemas de alcantarillado, por utilizarse tuberías cerradas, las aguas se ven influenciadas por la presión atmosférica. Otras generadas por los gases que se forman de los desechos transportados.

##### **2.2.5.4.1. Ecuación de Manning para flujos en canales**

Esta expresión se utiliza para el cálculo de las velocidades del agua dentro de la tubería y en canales. Se basa a condiciones de flujo constante, pese a que los alcantarillados funcionan con caudales variados. Este se calcula de la siguiente manera:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

D = Diámetro de la sección circular (pulgadas)

S = porcentaje de pendiente del canal

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

#### **2.2.5.4.2. Relación de diámetros y caudales**

Las relaciones de diámetros y caudales que se deben considerar en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario son: la relación  $d/D$  debe ser mayor o igual a 0,10 y menor o igual a 0,75. El caudal de diseño tiene que ser menor al caudal a sección llena en el colector, tomando en cuenta que estas relaciones se aplicarán solo para sistemas de alcantarillado sanitario.

#### **2.2.5.4.3. Relaciones hidráulicas**

Las relaciones hidráulicas sirven para agilizar los cálculos de velocidad, área, caudal y radio hidráulico de las tuberías a sección parcialmente llena. Esta se realiza mediante la relación de los caudales de sección llena y el caudal de diseño. Luego se busca el mismo valor o uno aproximado en las tablas de elementos hidráulicos de sección transversal circular. Posteriormente se verifican las otras relaciones ( $v/V$ ,  $d/D$  y  $a/A$ ) con las obtenidas de sección llena para obtener las de sección parcialmente llena. Por último, corroborar si estas están dentro de los límites permitidos.

### 2.2.5.5. Parámetros de diseño hidráulico

Para el diseño del sistema de drenaje sanitario se tomaron en cuenta las normas establecidas por el Infom y las especificaciones técnicas para tubería de PVC. En los siguientes subcapítulos se muestran los parámetros de diseño a utilizar.

#### 2.2.5.5.1. Coeficiente de rugosidad

Este coeficiente depende del tipo de material del cual este hecho la tubería. Es determinado por medio de pruebas realizadas por los fabricantes. Este factor indica que tan lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería.

Tabla XXXI. Coeficientes de rugosidad “n” de diversos materiales

Material	Coeficiente de rugosidad “n”
Superficie de mortero de cemento	0,011 – 0,015
Mampostería	0,017 – 0,030
Tubo de concreto Ø< 24”	0,011 – 0,016
Tubo de concreto Ø> 24”	0,013 – 0,018
Tubo de asbesto cemento	0,009 – 0,011
Tubería de HG	0,013 – 0,015
Tubería de PVC	0,006 – 0,011
Superficie lisa de concreto	0,010 – 0,013
Ladrillo con mortero de cemento	0,012 – 0,017
Tubería de metal corrugado	0,021 – 0,030

Fuente: HERNÁNDEZ JUÁREZ, Lester Iván. *Diseño de la edificación de dos niveles para el salón de usos múltiples y alcantarillado sanitario para el barrio El Molino, municipio de Chiquimula, Chiquimula*. p. 170

#### 2.2.5.5.2. Sección llena y parcialmente llena

La relación entre las secciones llenas y parciales nunca deben ser mayor que el caudal a sección llena. Para sistemas sanitarios este debe estar entre el rango de  $0,10 \leq d/D \leq 0,75$ .

#### 2.2.5.5.3. Velocidades máximas y mínimas

En el diseño hidráulico de un alcantarillado lo ideal es tener excavaciones mínimas y no requerir de la utilización de equipo de bombeo, pero esto no siempre se puede lograr debido a las características topográficas de cada región. De aquí, se desprende que en el estudio de la solución óptima sea necesario tener en consideración los límites permisibles para velocidades de conducción con el objeto de asegurar el buen funcionamiento de la tubería y de las estructuras del sistema.

Tabla XXXII. Velocidades permisibles para tubería de diferentes materiales

Material	Velocidad permisible del tubo	
	mínima (m/s)	máxima (m/s)
Concreto hasta 45 cm	0,30	3,00*
Concreto mayor de 45 cm	0,30	3,50
Asbesto Cemento	0,30	5,00
PVC	0,30	5,00**
Polietileno	0,30	5,00

\* El limitar las velocidades tiene el objeto de evitar la generación de gas hidrógeno sulfurado, que es muy tóxico y aumenta los malos olores en las aguas así como reducir los efectos de la erosión en las paredes de los conductos de concreto. \*\* En el caso del PVC los gases generados por la conducción de las aguas en este rango de velocidades no lo afecta, además de soportar la abrasión.

Fuente: Tubos Flexibles S.A. de C.V. *Criterios de Diseño para Redes de Alcantarillado Empleando Tubería de PVC*, p. 2-1.

Según las normas para el diseño de alcantarillados del Infom, las velocidades deben oscilar entre 0,60 m/s y 3,00 m/s. Esto para evitar la sedimentación y el taponamiento dentro de la tubería.

Para este diseño, la velocidad mínima se consideró como 0,40 m/s. A excepción de los tramos iniciales, ya que poseen un menor caudal. Y la velocidad máxima de 3,00 m/s.

Para el cálculo de la velocidad del flujo dentro de la tubería se utiliza la ecuación de Manning.

#### **2.2.5.5.4. Diámetro del colector**

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8 plg para tubos de concreto o de 6 plg para tubos de PVC. En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6 plg en concreto y 4 plg en PVC, usando en este caso un reductor de 4 por 3 plgs como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliar, la cual será de un diámetro mínimo de 12 plg.

#### **2.2.5.5.5. Ancho de zanja**

Este deberá ser lo suficientemente amplio para permitir un acomodo correcto de la tubería.

Durante la excavación se debe procurar mantener el ancho constante de la zanja, durante toda la línea. Se coloca el material removido aproximadamente a 75 cm de la zanja y acumular el material a una distancia mínima de 5,00 m para evitar derrumbes.

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

<b>Tubo pulgada</b>	<b>Menos de 1,86 m</b>	<b>Menos de 2,86 m</b>	<b>Menos de 3,86 m</b>	<b>Menos de 5,36 m</b>	<b>Menos de 6,36 m</b>
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: ORELLANA CAMBARA, Juan Miguel. *Diseño del alcantarillado sanitario para el cantón Rio de la Virgen y diseño de la escuela primaria de dos niveles para el cantón San Pablo, Jutiapa, Jutiapa*. p. 32.

En este proyecto se utilizará un ancho de zanja de 70 cm.

#### **2.2.5.5.6. Cotas invert**

Es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería. Se debe verificar que la cota invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Estas se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro. Se deben seguir las siguientes reglas, para el cálculo de cotas invert:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca, al menos, tres cm más baja que la cota invert de llegada de la tubería más baja.

- Cuando el diámetro de la tubería, que entre a un pozo, es mayor que el diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida estará debajo de la tubería de entrada, al menos, a una altura igual al diámetro de la tubería que entra.

En este proyecto se adoptó que la diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita serán de 0,03 m.

#### **2.2.5.5.7. Profundidad del colector**

La profundidad del colector principal debe de ser tal que, evite rupturas por el tránsito que circulará sobre el mismo. Debe permitir el 100 % de las conexiones domiciliarias, que ofrezca protección de climas extremos y que no tenga dificultades constructivas.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la misma, en cualquier punto para tubería de PVC, será determinada de la siguiente manera:

- Para tránsito normal (menor a 200 quintales) = 1,00 m
- Para tránsito pesado (mayor a 200 quintales) = 1,20 m

#### **2.2.5.5.8. Volumen de excavación**

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita. El ancho de la zanja que depende del diámetro de la tubería a utilizar y la longitud entre pozos. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$Vol = \frac{(H_1 + H_2)}{2} * d * Az$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

H1 = profundidad del primer pozo de visita (m)

H2 = profundidad del segundo pozo de visita (m)

d = distancia entre pozos (m)

Az = ancho de zanja (m)

#### **2.2.5.5.9. Pozos de visita**

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento. Se pueden construir de cualquier material, siempre que sea impermeable y duradero dentro del período de diseño. Los pozos de visita son estructuras caras, por lo que deben estudiarse las diversas alternativas que existen para su construcción. El material más utilizado es el ladrillo tayuyo de punta, fundidos en obra, o bien de tubería de 36 plg 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 m. 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.



#### **2.2.5.5.10. Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central. constan de las siguientes partes:

- Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 cm. Si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 plg; deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al sistema de alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de un metro.
- Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria. Esta tiene un diámetro mínimo de 6 plg en tubería de concreto y de 4 plg en tubería de PVC.

La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior y a un ángulo de 45° aguas abajo. Al realizar el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en la cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central. Con esto no se profundiza demasiado la conexión domiciliar, aunque en algunos casos resulta imposible por la topografía del terreno y deben considerarse otras formas de realizar dicha conexión.

Para este caso las conexiones domiciliarias tendrán:

- Candela será con tubo de concreto de 12 plg de diámetro
- Colector secundario con tubería PVC, de 4 plg de diámetro

#### **2.2.5.5.11. Procedimiento del diseño de la red de alcantarillado sanitario**

Para ejemplificar el procedimiento realizado para el diseño de la red se tomarán en cuenta los tramos entre los pozos de visita PV-6.1 y PV-6.

- Datos generales
  - Tramo PV-6.1 a PV-6
  - Distancia 49,00 m
  - Número de casas del tramo: 9 casas
  - Número de casas acumuladas: 28 casas
  - Densidad de vivienda: 6 hab/vivienda
  - Total de habitantes actuales: 168 habitantes
  - Cota terreno inicial: 124,00 m
  - Cota terreno final: 123,00 m
  - Diámetro de la tubería: 6 pulgadas
- Pendiente del terreno

$$S = \frac{124,00 - 123,00}{49,00} * 100 = 2,04 \%$$

- Población futura

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{2,12}{100}\right)^{25} = 284 \text{ habitantes}$$

- Caudal domiciliar

$$Q_{\text{dom}} = \frac{150 \cdot 284 \cdot 0,80}{86\,400} = 0,3944 \text{ l/s}$$

- Caudal ilícito

$$Q_{\text{ilic}} = 0,50(0,3944) = 0,1972 \text{ L/s}$$

- Caudal de infiltración

$$Q_i = 0,01 \cdot 6 = 0,06 \text{ l/s}$$

- Caudal medio

$$Q_{\text{med}} = 0,3944 + 0,1972 + 0,06 = 0,6517 \text{ L/s}$$

- Factor de caudal medio (fqm)

$$fqm = 0,6517 / 284 = 0,0023; \text{ se utilizará un } fqm = 0,002$$

- Factor de Harmond

$$FH = \frac{18 + \sqrt{284 / 1\,000}}{4 + \sqrt{284 / 1\,000}} = 4,0885$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{dis}} = 4,0885 \cdot 0,002 \cdot 284 = 2,3223 \text{ l/s}$$

- Diseño hidráulico
  - Pendiente de la tubería: 2,00 %
- Velocidad a sección llena

$$V_{\text{secllena}} = \frac{0,03429 \cdot 6^{2/3} \cdot 0,02^{1/2}}{0,1} = 1,602 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$A_{\text{secllena}} = 5,067 \times 10^{-4} \cdot 6^2 = 0,1824 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{secllena}} = 0,1824 \text{ m}^2 \cdot 1,602 \text{ m/s} \cdot 1\,000 = 29,223 \text{ l/s}$$

- Relaciones hidráulicas

$$q_{\text{dis}} / Q_{\text{sec.llena}} = 2,3223 / 29,223 = 0,0795$$

$$V_{\text{dis}} / V_{\text{sec.llena}} = 0,5984$$

$$V_{\text{dis}} = 0,5984 \cdot 1,602 \text{ m/s} = 0,9586 \text{ m/s}$$

$$d_{\text{dis}} / D_{\text{sec.llena}} = 0,191$$

- Cota invert de salida de PV - 6.1: CIS = 122,74 m

- Profundidad del pozo PV - 6.1:

$$h_{PV_{6,1}} = 124,00 - 122,74 = 1,26 \text{ m}$$

- Cota invert de entrada a PV – 6

$$CIE_6 = 122,74 - (49,00 * 2,00\%) = 121,76 \text{ m}$$

- Profundidad del pozo PV - 6:

$$h_{PV_{6,1}} = 123,00 - 121,76 = 1,24 \text{ m}$$

Al PV – 6 también entra tubería que viene del PV – 7. Esto con una cota invert de salida de 121,70 m y una DH = 35,52 m.

$$CIE_6 = 121,70 - (35,52 * 2,30\%) = 120,88 \text{ m}$$

- Cota invert de salida de PV - 6:

$$CIS_6 = 120,88 - 0,03 \text{ m} = 120,85 \text{ m}$$

- Profundidad del pozo PV - 6:

$$h_{PV_6} = 123,00 - 120,85 = 2,15 \text{ m}$$

- Volumen de excavación de PV - 6,1 a PV – 6

$$Vol_{6,1-6} = \frac{(1,24 + 1,26)}{2} * 49,00 * 0,70 = 42,87 \text{ m}^3$$

### **2.2.6. Desfogue**

Las aguas negras procedentes de la red de alcantarillado deben poseer un tratamiento adecuado a las condiciones del cuerpo receptor de la descarga. El tratamiento a establecer deberá ser como mínimo un tratamiento primario, pero si existen normas o regulaciones que exijan un mayor nivel. Esta se deberá atender esa exigencia.

Aunque existe una variedad de posibilidades para el tratamiento se deberá efectuar el estudio de las siguientes opciones:

- Lagunas de estabilización, fosas sépticas o tanques Imhoff con secado de lodos y disposición del efluente en el subsuelo o por irrigación extensa.

#### **2.2.6.1. Propuesta de tratamiento**

Se recomienda, como mínimo, realizar un tratamiento primario. El objetivo de la unidad es proponer la remoción de los sólidos en suspensión a través de un proceso de sedimentación. Logrando la mayor eficiencia y con un bajo costo de mantenimiento.

Para proponer el tratamiento adecuado de las aguas negras, previo a la disposición, hay que tener en cuenta factores como: el espacio disponible para la instalación, el costo de construcción y de mantenimiento, la topografía del terreno, además de la ubicación.

La propuesta que se hace para el tratamiento primario de las aguas negras resultantes de esta red de alcantarillado es una fosa séptica. En esta, la materia en suspensión es sedimentada y la materia orgánica se descompone en

partículas más simples con la ayuda de bacterias, a través de un proceso anaeróbico.

#### **2.2.6.1.1.      Diseño de fosas sépticas**

Consiste en una estructura de concreto reforzado que funciona como un depósito de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado. Esta las retiene para que se pueda llevar a cabo un proceso de sedimentación en cierto tiempo (tiempo de retención).

Para el diseño de la fosa séptica se utiliza los siguientes parámetros:

- La relación largo-ancho del área superficial del tanque séptico deberá estar comprendida entre 2:1 a 5:1.
- El espacio libre entre la capa superior de nata o espuma y la parte inferior de la losa de techo el tanque séptico no será menor a 0,30 m. Se deberá considerar que un tercio de la altura de la nata se encontrara por encima del nivel del agua.
- El ancho del tanque séptico no deberá ser menor de 0,60 m y la profundidad neta menor a 0,75 m.
- El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 0,10 m y 0,75 m respectivamente.
- El nivel de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0,05 m por debajo de la tubería de entrada del tanque séptico.

- Los dispositivos de entrada y salida del agua residual al tanque séptico estarán constituidos por tees o pantallas.
- Cuando se usen pantallas, estas deberán estar distanciados de las paredes del tanque a no menos de 0,20 m ni mayor a 0,30 m.
- Cuando el tanque tenga más de una cámara, las interconexiones entre las cámaras consecutivas se proyectarán de tal forma que evite el paso de natas y lodos al año horizonte del proyecto.
- El fondo de los tanques sépticos tendrá pendiente de 2 % orientada hacia el punto de ingreso de los líquidos.

#### Diseño

Núm. Casa = 210

Núm. Hab = 6 habitantes/casa

Dot. = 150 l/hab/día

F.R. = 0,80

$$Q=210*6*150*0,80= 151, 200 \text{ l/día}$$

$$Q= 151,2 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q \text{ lodos}=210\text{casas}*6\text{hab/casa}*30 \text{ l/hab/año}=37 800 \text{ l/año}$$

$$Q \text{ lodos}=37,8 \text{ m}^3/\text{año}$$

Volumen total:

$$\text{Vol}=4 260+0,75(151,2)=117,66 \text{ m}^3$$



$$\text{Vol lodos} = 4\,260 + 0,75(37,8) = 32,61 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol total} = 117,66 + 32,61 = 150,27 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulica:

$$t = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{150,27 \text{ m}^3}{151,12 \text{ m}^3/\text{día}} = 0,99 \text{ día}$$

Dimensionamiento:

Altura de agua = 2,00 m

Relación largo/ancho = 2/1

Área requerida = volumen/altura =  $150,27/2 = 75,13 \text{ m}^2$

Se propone un ancho = 6,15 m

Resultando largo =  $2 * 6,15 = 12,30 \text{ m}$

Volumen real =  $2,00 * 12,30 * 6,15 = 151,29 \text{ m}^3 > 150,27 \text{ m}^3$ ; cubre el volumen teórico.

#### 2.2.6.1.2. Dimensionamiento de los pozos de absorción

- Datos:
  - Caudal = 151 200 l/día
  - Velocidad de infiltración (t) = 5 min/pulgada

- Caudal

$$q = \frac{5}{\sqrt{t}}$$

$$q = \frac{5}{\sqrt{5}} = 2,236 \text{ gal}/(\text{día-pie}^2)$$

$$q = 90,90 \text{ l}/(\text{día-m}^2)$$

- Área de absorción requerida = 1 662,75 m<sup>2</sup>
- Diámetro propuesto = 5,00 m
- Altura requerida = 105,83 m
- Aproximadamente 26 pozos de 5,00 m de diámetro y 4 m de altura.

Las opciones para el tratamiento primario de las aguas residuales de este sistema de alcantarillado, que se desarrollan anteriormente, no son factibles para su construcción. Esto porque sus dimensiones necesitan una superficie de construcción muy grande y la municipalidad no cuenta con el espacio suficiente dentro del casco urbano. Además, las normativas sanitarias que regulan el diseño de estos sistemas no permiten la ubicación de estas en las cercanías de casas, parques y lugares públicos.

Por lo que se procederá a conectar el sistema de alcantarillado diseñado a la red existente sobre avenida central. Esta posee la capacidad para recibir las aguas residuales y se recomienda a las entidades municipales encargadas que se adquiera un terreno adecuado a las afueras del casco urbano para la realización de una planta de tratamiento. Este es un aspecto muy importante para poder mantener la salud, el bienestar y el desarrollo del pueblo.

#### **2.2.7. Planos finales del sistema de alcantarillado sanitario**

- Planta general
- Planta-perfil

- Detalles de pozos de visita
- Detalles de conexiones domiciliarias

### 2.2.8. Presupuesto

Es la cuantificación de los costos de materiales y mano de obra a utilizar en el sistema, así como los costos indirectos que incluyen la dirección y administración del proyecto. La comunidad aportará la mano de obra no calificada.

Tabla XXXIV. **Presupuesto del alcantarillado colonia Mazat-Ahui**

Núm.	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	<b>PREELIMINARES</b>				
1.1	Bodega y rótulo	GLOBAL	1	Q 3,750,00	Q 3 750,00
1.2	Replanteo topográfico	ML	2 000,00	Q 3,85	Q 7 700,00
1.3	Excavación	m <sup>3</sup>	1 883,34	Q 24,22	Q 5 621,39
1.4	Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	1 883,34	Q 27,74	Q 52 242,51
2	<b>INSTALACIÓN DE TUBERIA</b>				
2.1	Tubería de PVC Ø 6" ASTM D 3034	ml	1400,00	Q 298,01	Q 417 217,50
2.2	Tubería de PVC Ø 8" ASTM D 3034 (línea principal)	ml	580,00	Q 393,19	Q 28 048,75
2.2	Acometida domiciliar	U	202,00	Q 1 234,24	Q 49 315,98
3	<b>POZOS DE VISITA</b>				
3.1	Pozos de visita < 0,99 m de profundidad	U	6	Q 4 196,89	Q 25 181,35
3.2	Pozos de visita 1,00 - 1,49 m de profundidad	U	11	Q 5 642,50	Q 62 067,45
3.3	Pozos de visita 1,50 - 1,99 m de profundidad	U	10	Q 7 042,50	Q 70 425,04
3.4	Pozos de visita 2,00 - 2,49 m de profundidad	U	6	Q 8 525,85	Q 51 155,08
3.5	Pozos de visita 2,50 - 2,99 m de profundidad	U	7	Q 9 942,52	Q 69 597,66
4	<b>LIMPIEZA FINAL</b>				
4.1	Retiro de material sobrante	VIAJE	6	Q 540,00	Q 3 240,00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 1 285 562,70</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.9. Evaluación de impacto ambiental

En este estudio se identifican y valorizan los efectos potenciales del proyecto, las acciones de los componentes físicos, bióticos, culturales y sociales del entorno. La realización de este estudio tiene como objetivo localizar los principales problemas que se pueden producir antes, durante y después de la realización del proyecto, para planificar medidas de mitigación en los mismos.

Tabla XXXV. Estudio de impacto ambiental

No.	Actividad	Impacto negativo	Medidas de mitigación
1	Fase inicial: Trazo Nivelación	Eliminación de capa vegetal.  Movimiento de tierras.	Realizar las actividades de limpieza general únicamente en las áreas indispensables para la ejecución del proyecto. Ubicar zonas adecuadas y seguras para la colocación del banco de material residuo. Señalización de zona de excavación.
2	Desarrollo del proyecto: Excavación Transporte de materiales. Ingreso de cuadrillas de trabajadores.	Ingreso de maquinaria pesada. Deterioro de las vías de acceso. Vibraciones Extracción de recursos naturales Ruido excesivo. Producción de desechos sólidos. Accidentes dentro del proyecto. Daños a terceros. Aumento de vectores.	Señalizar las vías de acceso de maquinaria pesada y liviana. Asignar personal guía de tránsito. Utilizar vías alternas. Contenedores para los desechos. Proveer al personal de un equipo de seguridad adecuado. Asignar y ubicar un botiquín de primeros auxilios dentro del proyecto. Establecer letrinas para el uso de los trabajadores.
3	Periodo operativo: Población: Depósito de desechos sólidos dentro del sistema. Aguas subterráneas	Saturación de los colectores e interrupción del funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario. Alteración de los niveles por los procesos de excavación y construcción de pozos y fosa.	Programa de información y educación sanitaria para la población beneficiada con el proyecto. Evitar posibilidad de ruptura de las tuberías en los puntos de unión de las mimas y con otros artefactos.

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.10. Evaluación socioeconómica**

En general, la evaluación socioeconómica consiste en identificar, cuantificar y valorar los beneficios y costos que surgen durante la ejecución y operación de un proyecto. Es una herramienta que ayuda a tomar decisiones que mejoren la eficiencia en la asignación del recurso. Permite la emisión de una opinión objetiva sobre la conveniencia de realizar o no el proyecto.

Si los beneficios superan los costos se puede afirmar que la ejecución del proyecto, es de beneficio para la comunidad.

#### **2.2.10.1. Valor presente neto (VPN)**

Es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Este permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión.

Se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente:

$$VPN = VP_{\text{beneficios}} - VP_{\text{costos}}$$

Debido a que este proyecto es de carácter social, de beneficio para la comunidad, no se contempla ninguna remuneración o utilidad (beneficios) hacia el ente municipal. Por lo que los egresos conforman el costo total del proyecto.

$$VPN = 0 - 1\,285\,562,70$$

$$VPN = - Q1\,285\,562,70$$

#### **2.2.10.2. Tasa interna de retorno (TIR)**

Es una tasa de rendimiento utilizada en el presupuesto de capital para medir y comparar la rentabilidad de la inversión.

Para este proyecto no se puede determinar esta tasa por ninguna fórmula, ya que se trata de un proyecto de carácter social que no genera utilidades.

#### **2.2.11. Cronograma de ejecución**

Asume la función de síntesis, integrando la intervención de los participantes y ha de ser el instrumento que asegure la coordinación de las actividades a realizar por todos ellos, de acuerdo con unos objetivos generales predefinidos. A continuación se observa el cronograma de ejecución correspondiente al sistema de alcantarillado que se está proponiendo.

Tabla XXXVI. Cronograma de ejecución alcantarillado sanitario

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Rótulo de identificación del proyecto						
Construcción de bodega de materiales						
Limpieza						
Replanteo topográfico						
Trazo y estaqueado						
De pozo PV-10.5 a PV -10.0						
De pozo PV-10.00 a PV -9.0						
De pozo PV-9.5 a PV -9.0						
De pozo PV-9.0 a PV -8.0						
De pozo PV-8.4 a PV -8.0						
De pozo PV-8.0 a PV -7.0						
De pozo PV-7.3 a PV -7.0						
De pozo PV-7.0 a PV -6.0						
De pozo PV-6.3 a PV -6.0						
De pozo PV-6.0 a PV -5.0						
De pozo PV-5.3 a PV -5.0						
De pozo PV-5.0 a PV -4.0						
De pozo PV-4.3 a PV -4.0						
De pozo PV-4.0 a PV -3.0						
De pozo PV-3.1 a PV -3.0						
De pozo PV-3.0 a PV -0.0						
De pozo PV-0.0 a PV - B						
Limpieza final						

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo con la investigación monográfica y de diagnóstico que se realizó en el municipio de Masagua, Escuintla, las necesidades están enfocadas principalmente, hacia las áreas de infraestructura escolar y saneamiento, razón por la cual se llevaron a cabos los diseños de los proyectos antes presentados.
2. El alcantarillado sanitario se diseñó apegado a los criterios y parámetros técnicos que indican las normas del Infom, así como algunos que brindan fabricantes de tuberías. El diseño estructural del edificio escolar se rigió por los lineamientos del ACI, Agies, además, de los requerimientos mínimos que establece el Mineduc, para proyectos de esta índole.
3. Se diseñó un edificio escolar de dos niveles, para la escuela del microparcelamiento La Aurora, el cual cuenta con veintidós aulas, dirección, salón para maestros, cocina, dos módulos de gradas y servicios sanitarios en ambos niveles, ocupando un área de construcción de más de 790 m<sup>2</sup> y un costo aproximado de Q 4 560 834,24 más IVA. El diseño del alcantarillado sanitario para la colonia Mazat-Ahui consta de una red de tubería de casi dos mil metros que une 40 pozos de vista, en el que se evacuan aguas negras de aproximadamente 200 viviendas, con un costo de Q 1 285 562,70.
4. El análisis realizado, a través del programa de análisis estructural ETABS 2015, presenta grandes ventajas ante el cálculo numérico tradicional, principalmente en la rapidez del cálculo y los componentes gráficos del



mismo, pero se debe tomar en cuenta que este tiene la desventaja de desconocer las normas utilizadas en el país, además que resultan imprescindibles los conocimientos para utilización correcta de la interfaz.

## RECOMENDACIONES

1. El sistema de tratamiento primario es una parte fundamental del sistema de alcantarillado, ya que no es factible la construcción del sistema propuesto debido a la insuficiencia de área para su construcción, se sugiere que la municipalidad adquiera un predio adecuado para la construcción de una planta de tratamiento.
2. Se deben realizar charlas para que la comunidad cree conciencia y aprenda a manejar los residuos sólidos y así no los depositen dentro del alcantarillado, esto se debe realizar durante la fase de construcción y ejecución del proyecto.
3. Contratar mano de obra local para la construcción de los proyectos y así contribuir con la economía de las comunidades.
4. Implementar planes de mantenimiento para prolongar el tiempo de vida útil de los proyectos. Se sugiere que estas jornadas de mantenimiento sean al menos cada seis meses, antes del invierno para el sistema de alcantarillado y al inicio del ciclo escolar, para la escuela.
5. Los presupuestos de los proyectos pueden presentar variación, respecto al indicado en este informe, debido a las alzas de los precios que los materiales de construcción presentan constantemente.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Building Code Requirements for Structural Concrete*. (ACI 318-2008). California: ACI, 2008. 459 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: Agies, 2010. 518 p.
3. CANOLLI, Juan Carlos. *Prácticas eléctricas en inmuebles*. Buenos Aires. Argentina: Editorial Alsina, 2013. 94 p.
4. Consejo Municipal del Desarrollo del Municipio de Masagua, Escuintla. *Plan de desarrollo Masagua, Escuintla 2011-2025*. SEGEPLAN/DPT 2010. Guatemala: Segeplan, 2010.
5. HERRERA MONTERROSO, Carlos Iván. *Diseño del alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito y centro de capacitación para Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 203 p.
6. Instituto Nacional de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados sanitarios para la República de Guatemala*. Guatemala: Infom, 2001. 30 p.

7. TORRES, Ing. Sergio. *Ingeniería de plantas, tercera edición*.  
Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Guatemala: Editorial Universitaria, 1996.

## **APÉNDICE**

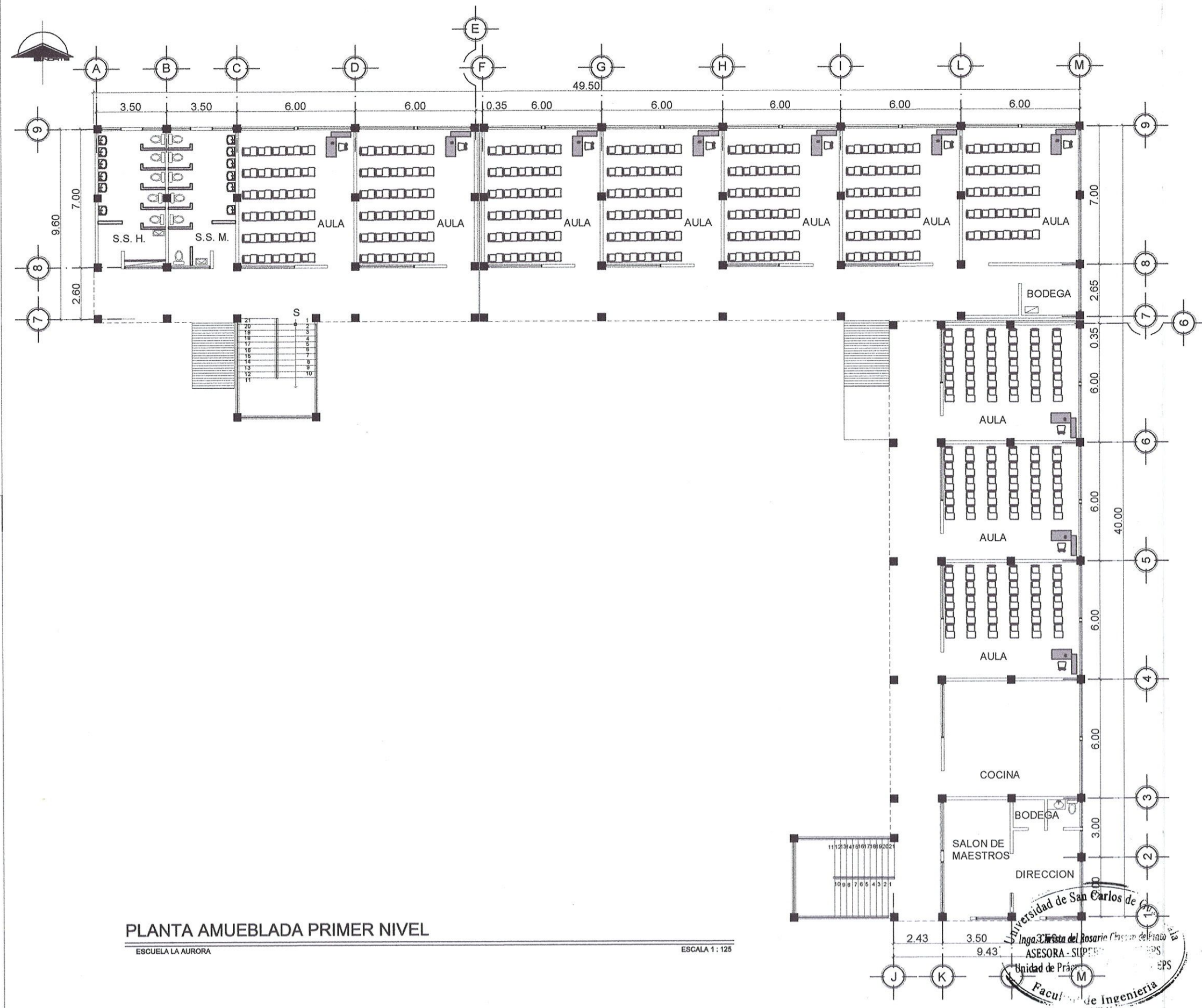


Apéndice 1.      **Planos diseño de edificio escolar de microparcelamiento La Aurora.**

- Planta arquitectónica primer nivel
- Planta arquitectónica segundo nivel
- Planta estructural primer nivel
- Planta estructural segundo nivel
- Planta acotada primer nivel
- Planta acotada segundo nivel
- Planta de vigas primer nivel
- Planta de vigas segundo nivel
- Planta de instalación eléctrica primer nivel
- Planta de instalación eléctrica segundo nivel
- Planta de instalación de fuerza primer nivel
- Planta de instalación de fuerza segundo nivel
- Planta de instalación de agua potable primer nivel
- Planta de instalación de agua potable segundo nivel
- Planta de instalación de drenajes primer nivel
- Planta de instalación de drenajes segundo nivel
- Planta de losas primer nivel
- Planta de losas segundo nivel
- Secciones transversales y detalles de gradas
- Elevación frontal , lateral y secciones de muros
- Detalles de vigas 1/2
- Detalles de vigas 2/2
- Planta de acabados, puertas y ventanas primer nivel
- Planta de acabados, puertas y ventanas segundo nivel
- Detalles de puertas y ventanas










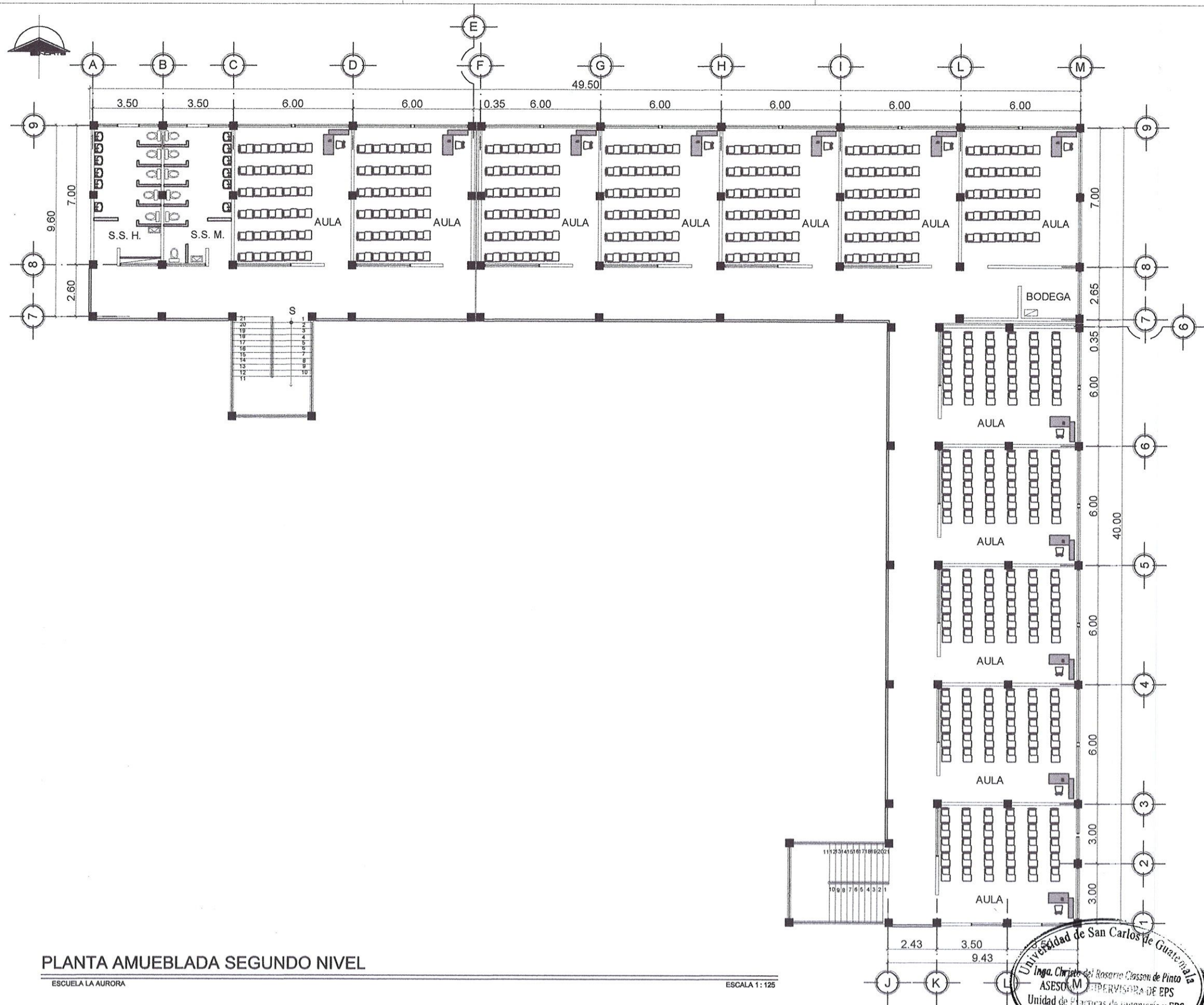
PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1:125

 	
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>	
<b>MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA</b> <b>DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL</b> <b>MICROPARCELAMIENTO LA AURORA</b>	
CALCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTÓNICA PRIMER NIVEL	HOJA: 25
	





PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

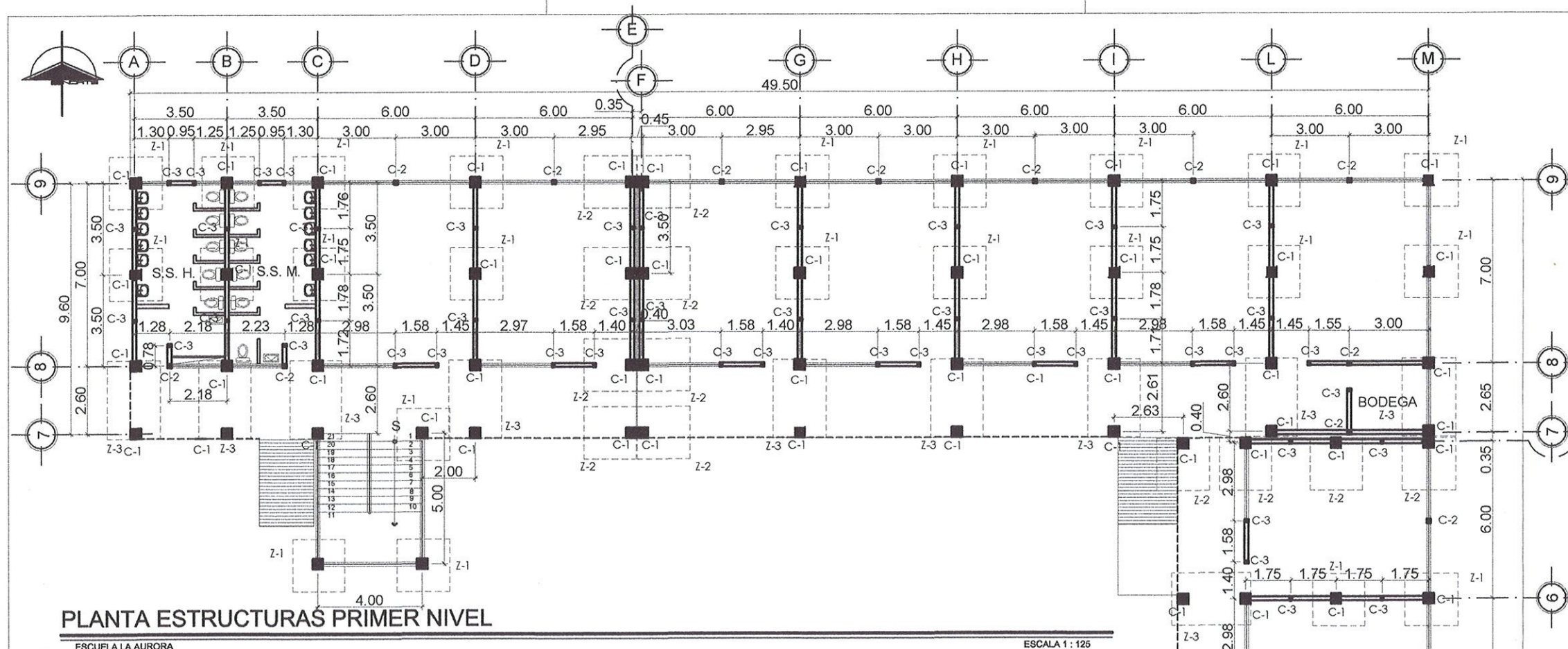
ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1:125



 	
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>	
<b>MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA</b> <b>DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL</b> <b>MICROPARCELAMIENTO LA AURORA</b>	
CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTÓNICA SEGUNDO NIVEL	HOJA: 25

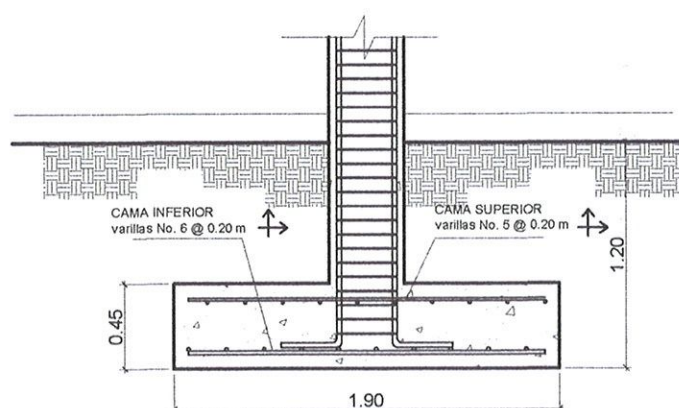




**PLANTA ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL**

ESCUELA LA AURORA

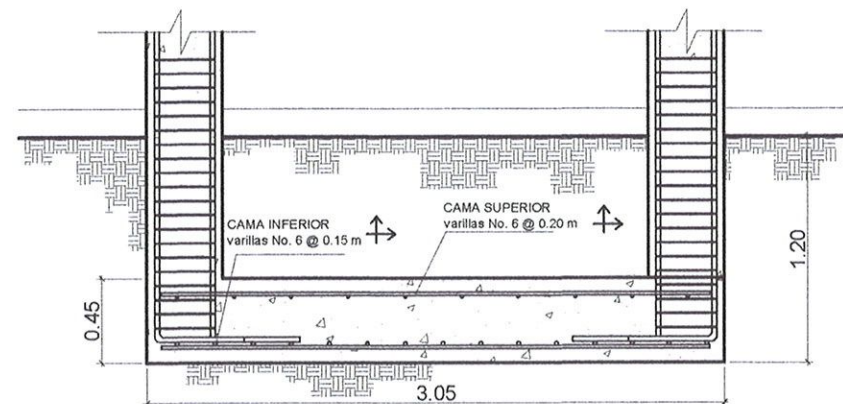
ESCALA 1 : 125



**ZAPATA 1 - CONCÉNTRICA**

ESCUELA LA AURORA

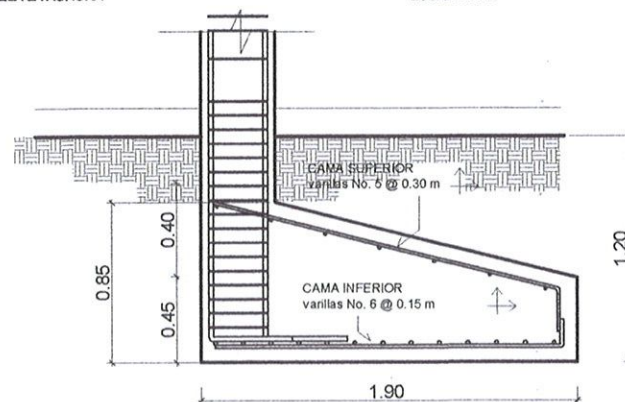
ESCALA 1 : 10



**ZAPATA 3 - COMBINADA**

ESCUELA LA AURORA

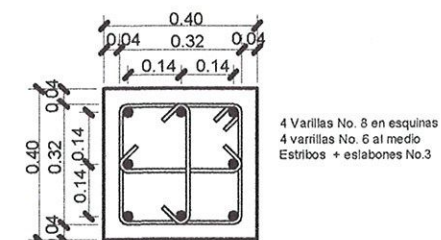
ESCALA 1 : 125



**ZAPATA 2 - EXCÉNTRICA**

ESCUELA LA AURORA

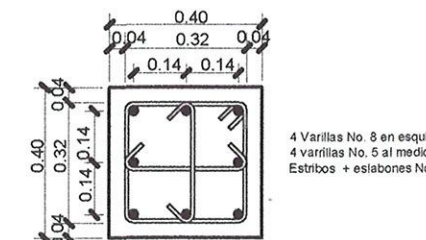
ESCALA 1 : 125



**COLUMNA C-1**

ESCUELA LA AURORA

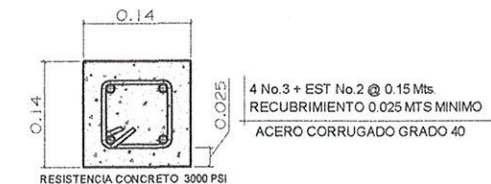
ESCALA 1 : 125



**COLUMNA C-4**

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



**COLUMNA C-2**

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



**COLUMNA C-3**

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



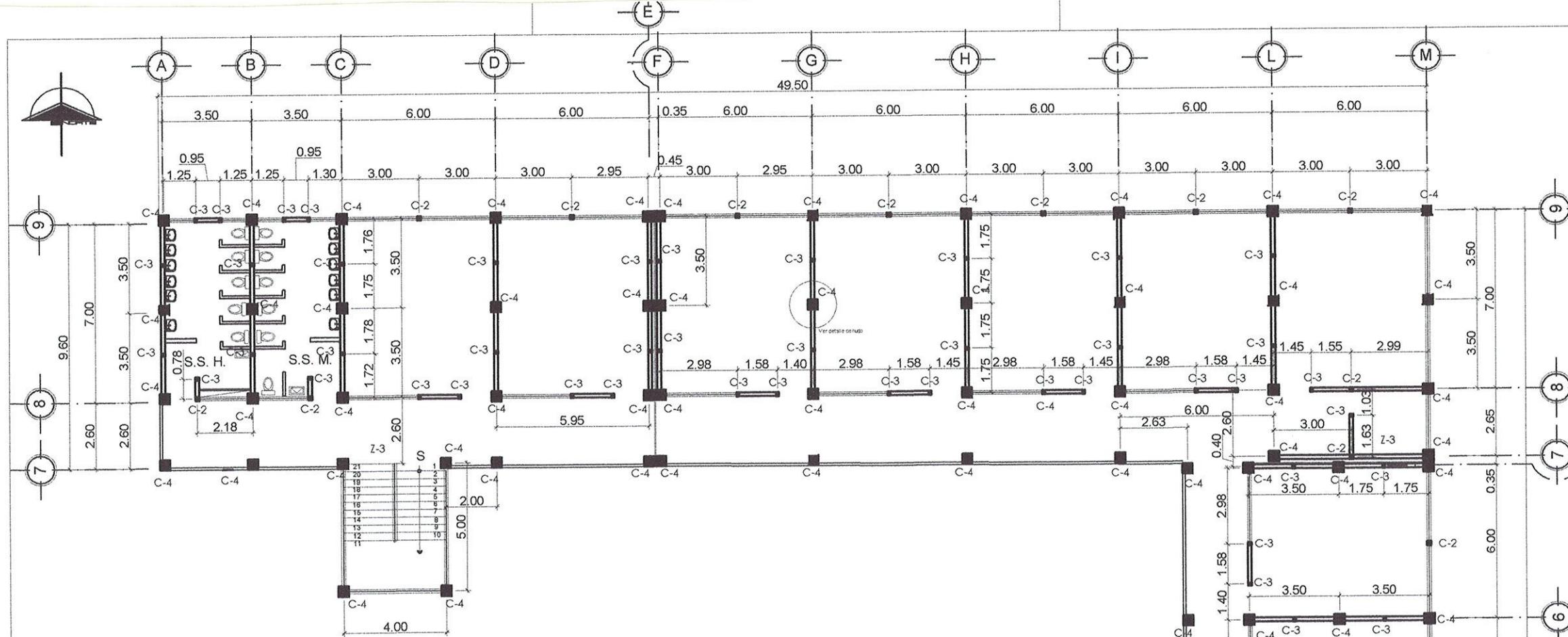
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESQUINTLA

DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MUNICIPIO DE MASAGUA, ESQUINTLA

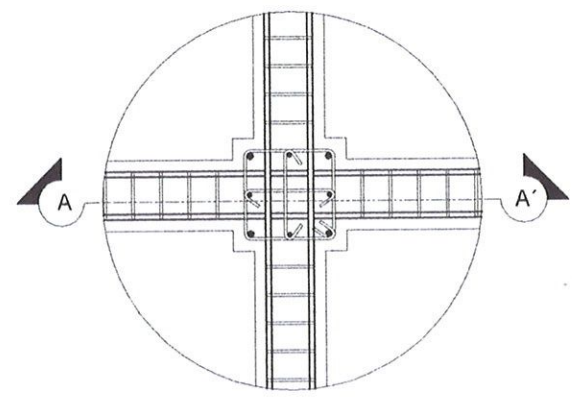
CÁLCULO Y DISEÑO: **ING. CARLOS DEL ROSARIO CLASION DE PINTO**  
CONTENIDO: **ASESORA - SUPERVISORA DE EPS**  
**PLANTA ESTRUCTURAL PRIMER NIVEL**  
**Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS**





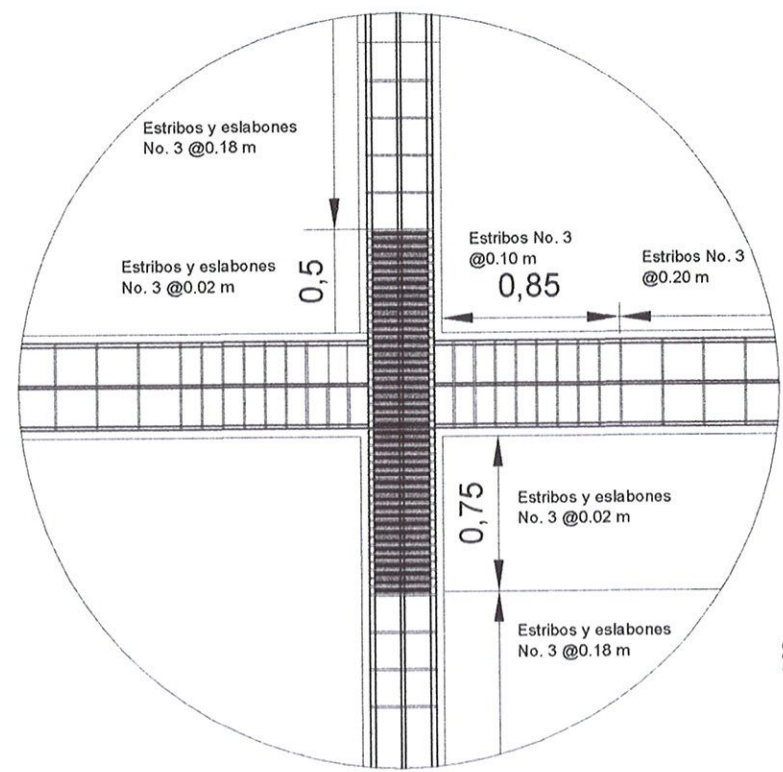
**PLANTA ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL**  
 ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



**DETALLE CONEXIÓN VIGA-COLUMNA**  
 ESCUELA LA AURORA

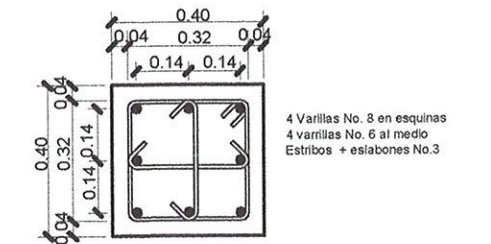
SIN ESCALA



**SECCIÓN A-A' CONEXIÓN VIGA-COLUMNA**

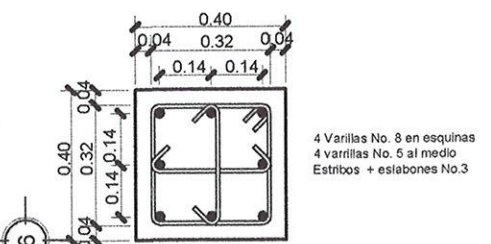
ESCUELA LA AURORA

SIN ESCALA



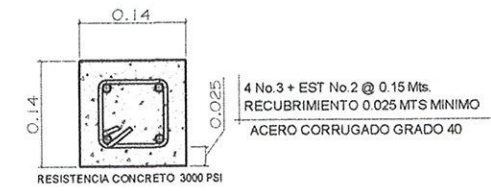
**COLUMNA C-1**  
 ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



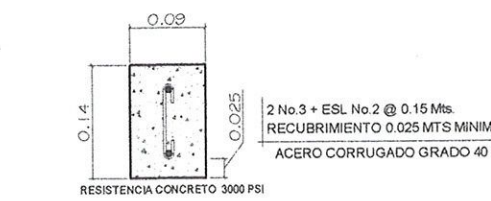
**COLUMNA C-4**  
 ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



**COLUMNA C-2**  
 ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



**COLUMNA C-3**  
 ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125

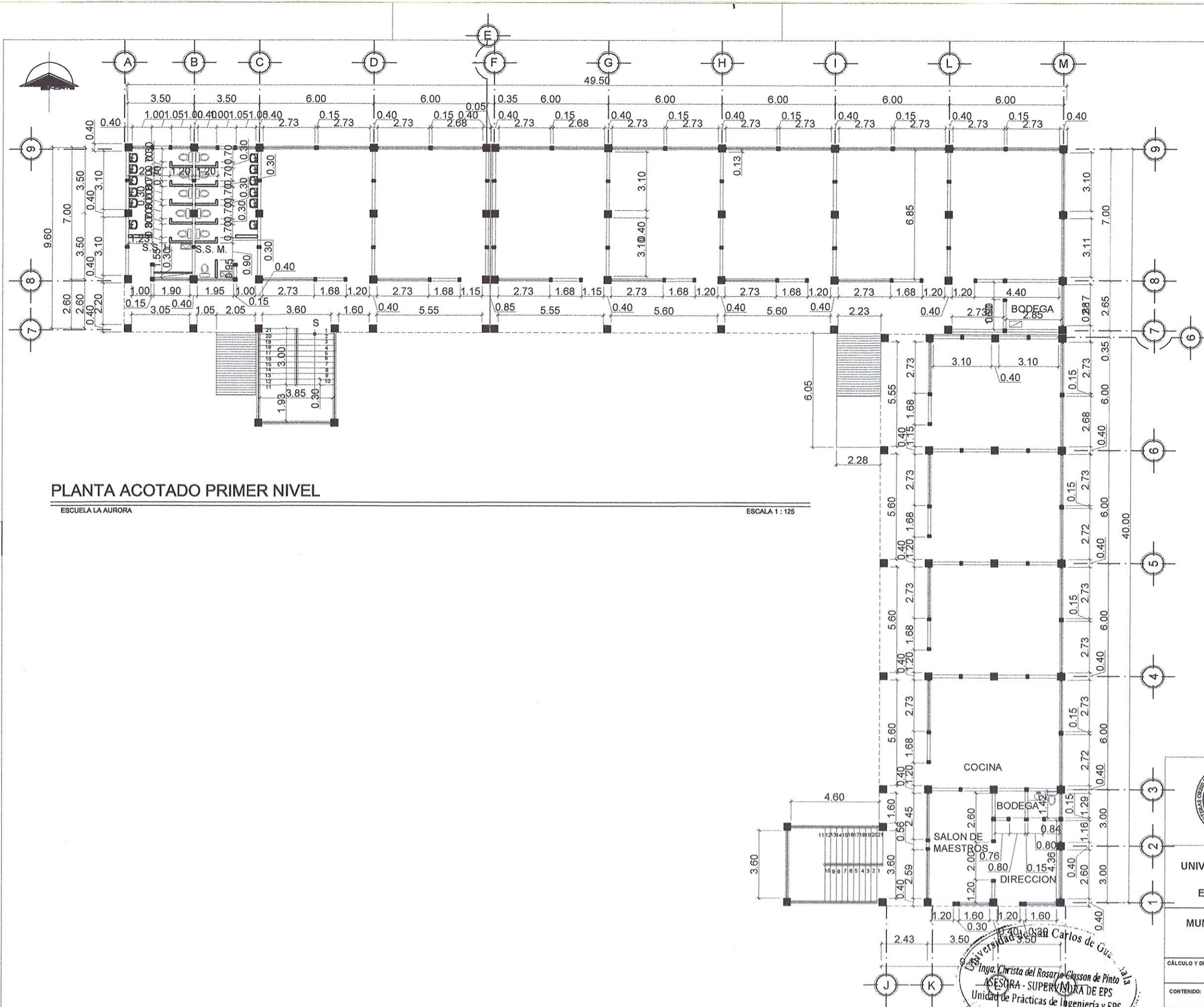


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**

**MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA**  
 DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
 MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO:	OSCAR ANTONIO REYES ALVARADO	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA ESTRUCTURAL SEGUNDO NIVEL	HOJA:	4





PLANTA ACOTADO PRIMER NIVEL

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

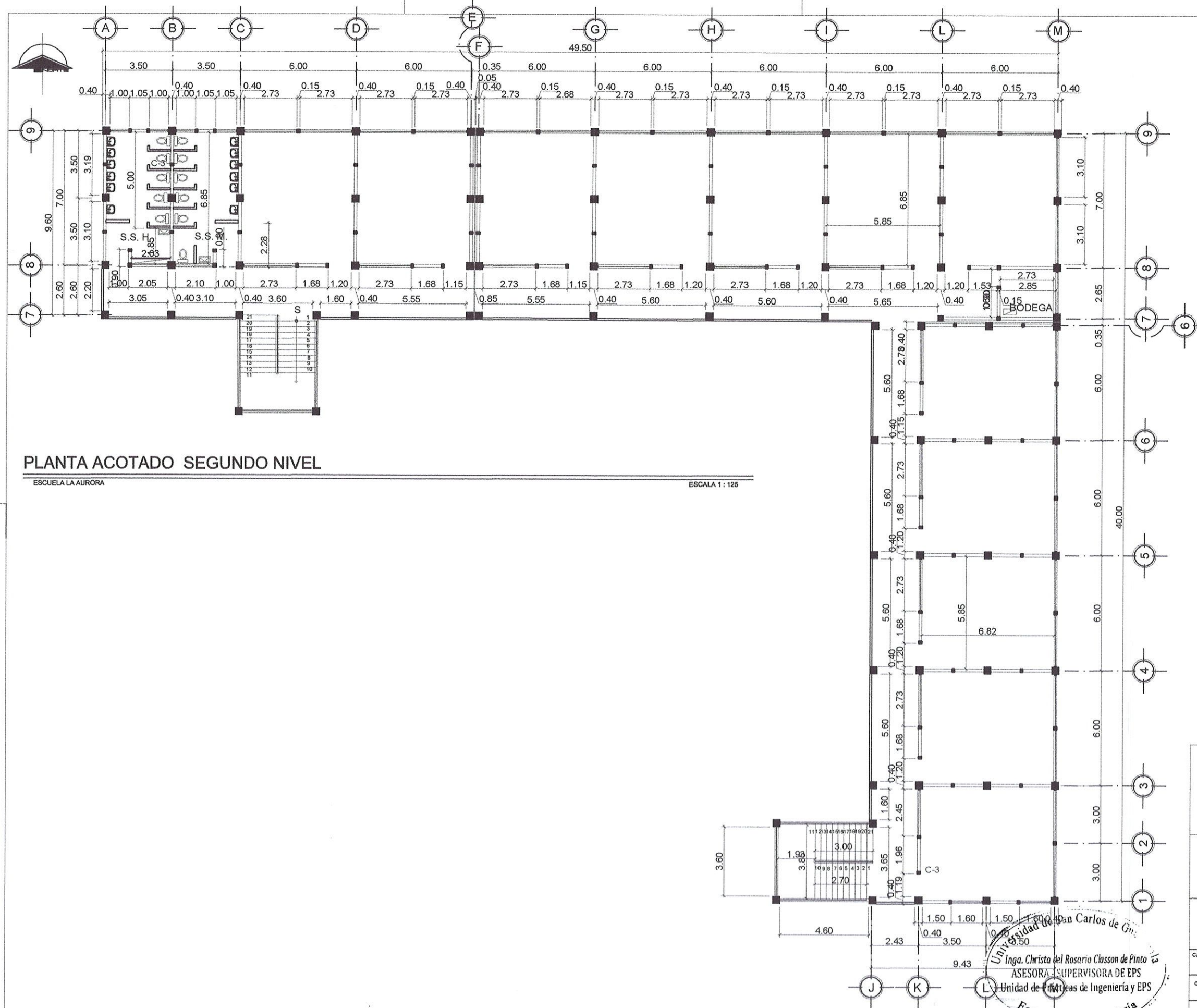
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO:	ESCALA:
OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	INDICADA

CONTENIDO:	HOJA:
PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL	

*[Signature]*  
ASESOR DE EPS  
ING. CRISTINA CLARION DE PINTO





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

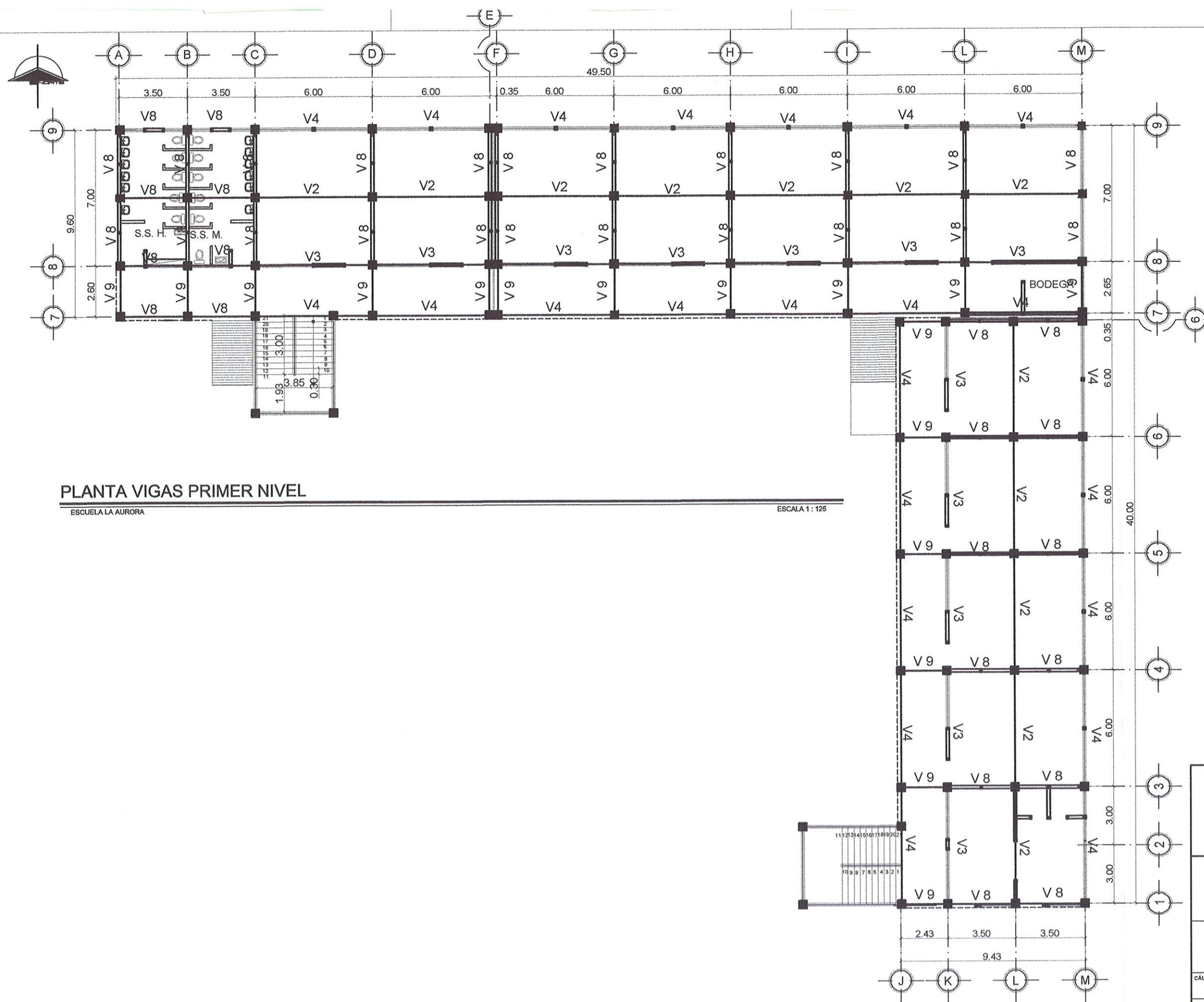
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL HOJA: 6

*Christa Classon de Pinto*  
ASESORA SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería





# PLANTA VIGAS PRIMER NIVEL

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125

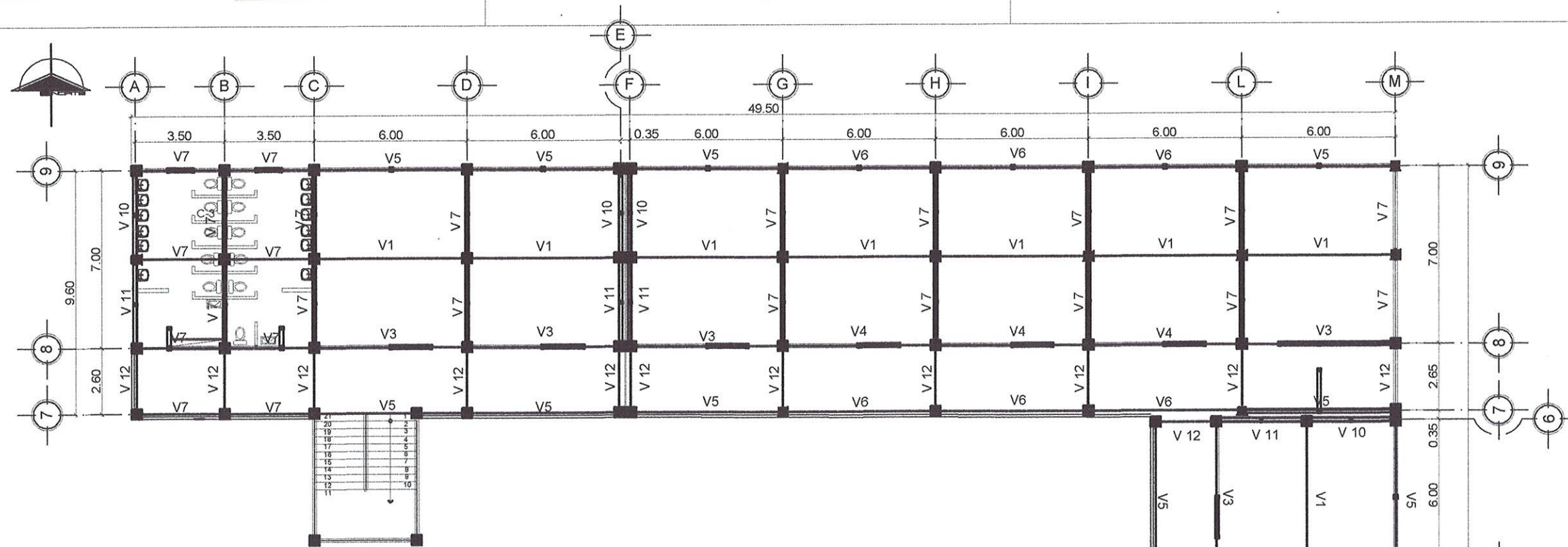


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROARRELAAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO:	ING. OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PAÑERÍA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	HOJA:	7

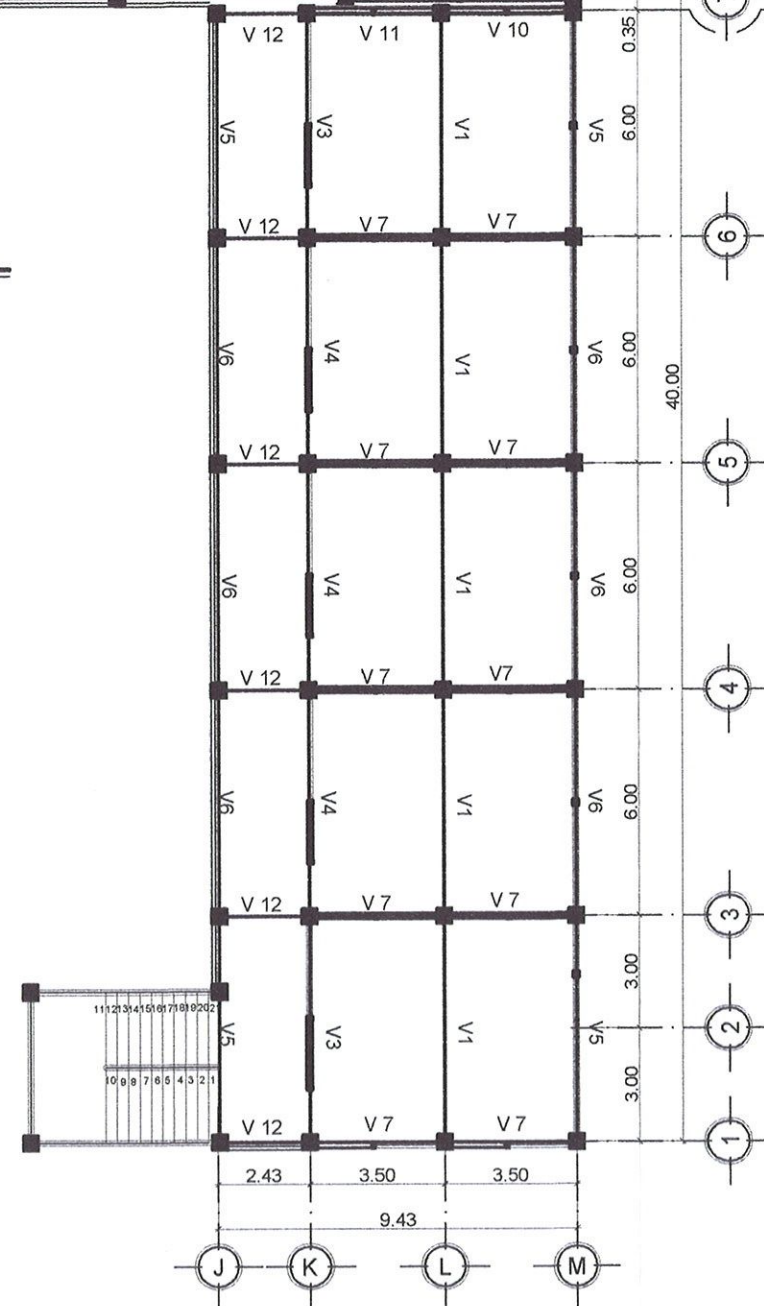




# PLANTA VIGAS SEGUNDO NIVEL

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1: 125

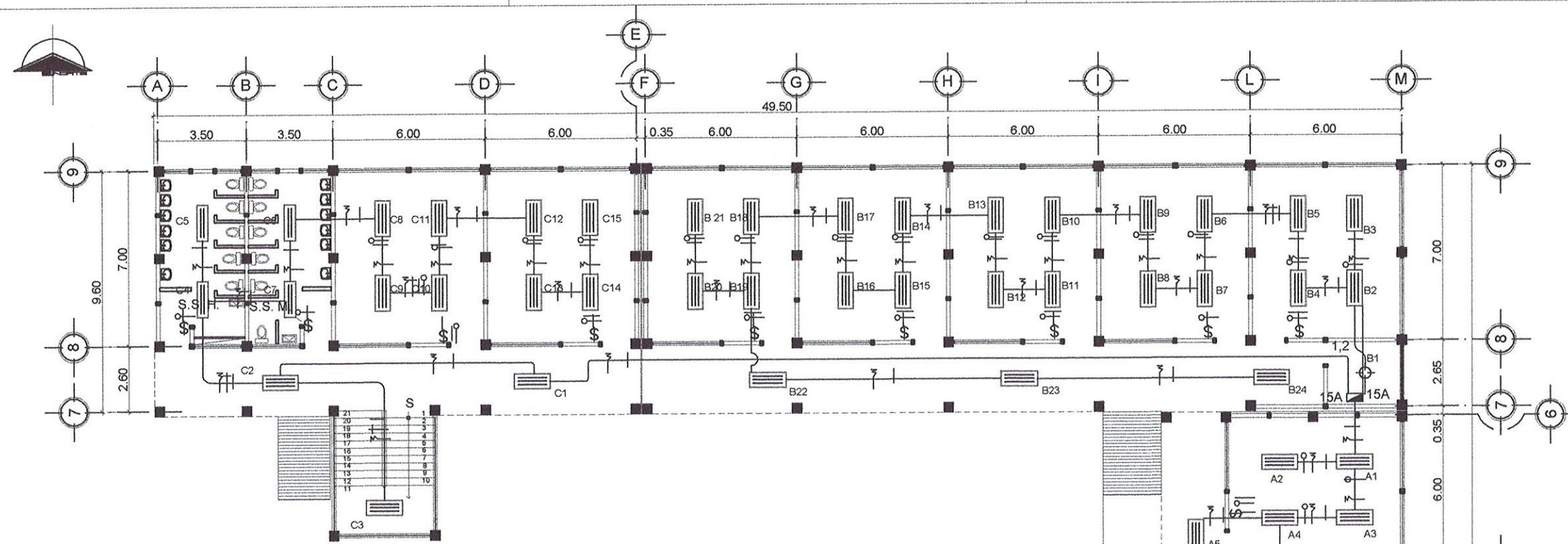


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICRODARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO:	ING. ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA DE VIGAS SEGUNDO NIVEL	HOJA:	8
	ASESORA - SUPERVISORA DE EPS		25
	Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		
	ASESOR DE EPS		
	Facultad de Ingeniería		





## PLANTA INSTALACIONES ELECTRICAS PRIMER NIVEL

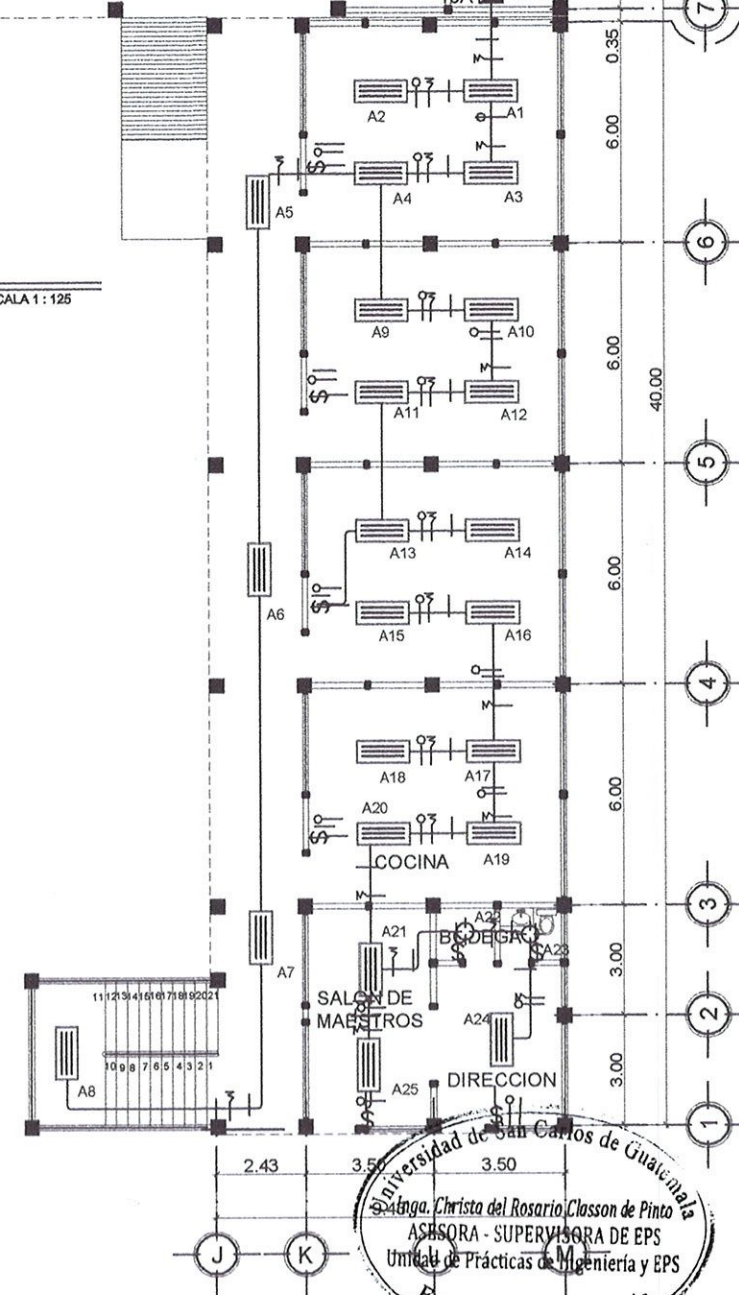
ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1:125

SIMBOLOGIA	
	LAMPARA FLUORESCENTE DE TUBOS
	FOCO INCANDESCENTE DE 100 WATTS.
	LAMPARA EN PARED INTERIOR h = 2.15 M. SOBRE NPT.
	LAMPARA EN PARED EXTERIOR h = 2.00 M. SOBRE NPT.
	OJO DE BUEY
	BARRA DE TIERRA FISICA ENTERRADA
	REFLECTOR DE 150 WATTS
	LÍNEA NEUTRAL Y LÍNEA DE TIERRA FISICA
	LÍNEA VIVA
	LÍNEA DE RETORNO
	PUENTE
	CONTADOR ELÉCTRICO
	INTERRUPTOR 3 VIAS H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	POLIDUCTO Ø 1"
	INSTALACIÓN OCULTA EN SUELO
	TUBERÍA TIPO DUCTÓN GALVANIZADO INSTALACIÓN SEMI OCULTA EN TECHO
	CAJA DE REGISTRO
	TOMACORRIENTE DOBLE DE 110 V POLARIZADO NÚMERO INDICA
	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE DESDE TABLERO
	TOMACORRIENTE SIMPLE DE 220 V POLARIZADO NÚMERO INDICA
	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE DESDE TABLERO.

### NOTA:

- \* EL CALIBRE DEL CONDUCTOR ES No.10 PARA CIRCUITOS SALVO SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO
- \*LA TUBERÍA A UTILIZAR SERÁ PVC Ø 3/4" SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

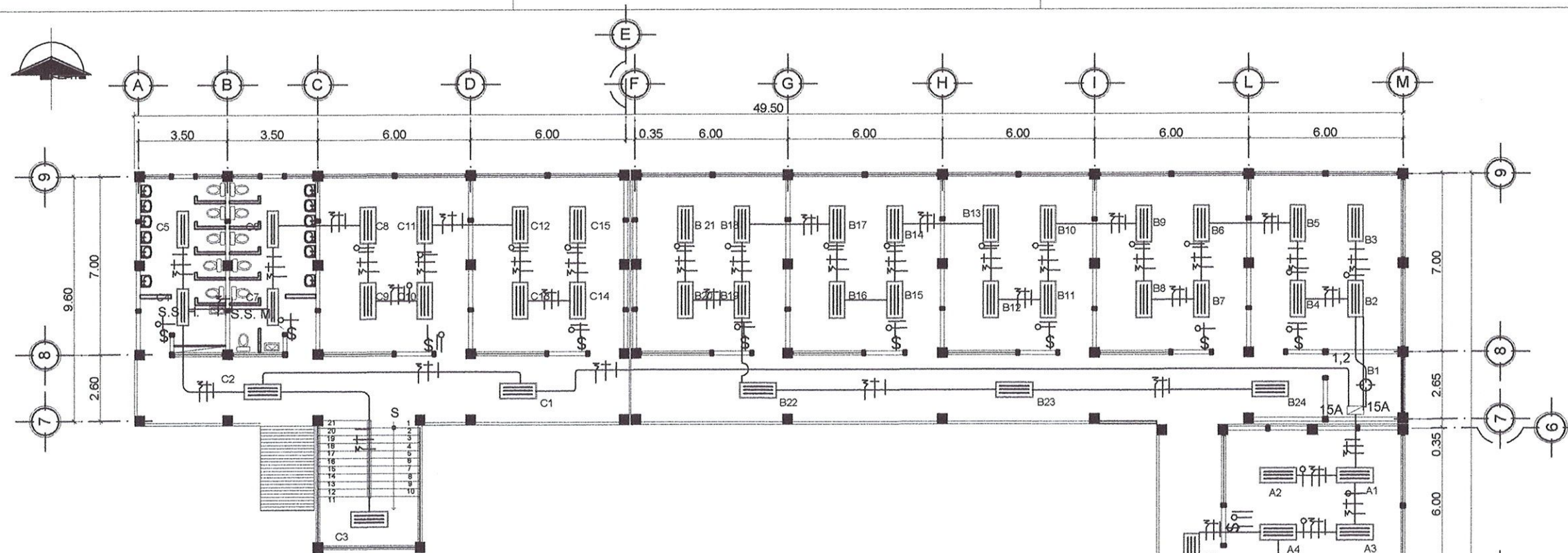
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA PRIMER NIVEL HOJA: 25







## PLANTA INSTALACIONES ELECTRICAS SEGUNDO NIVEL

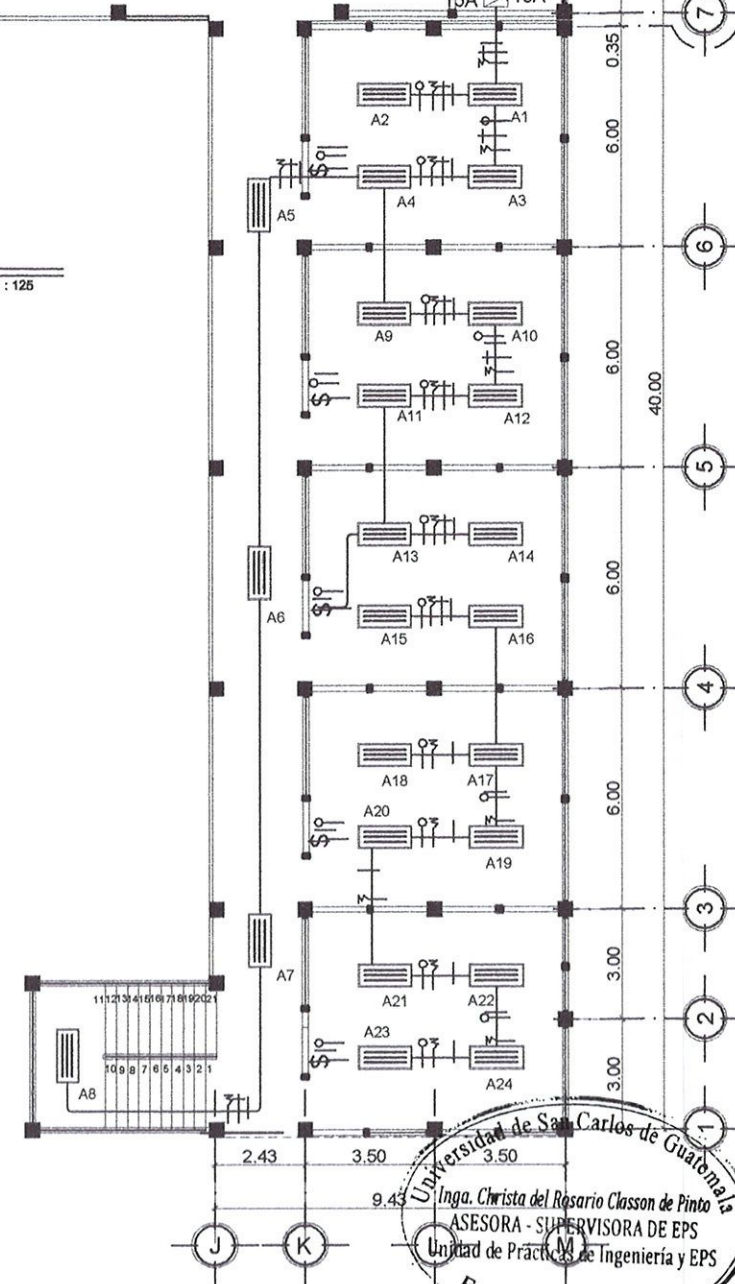
ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1: 125

SIMBOLOGIA	
	LAMPARA FLUORESCENTE DE TUBOS.
	FOCO INCANDESCENTE DE 100 WATTS.
	LÁMPARA EN PARED INTERIOR h = 2.15 M. SOBRENPT.
	LÁMPARA EN PARED EXTERIOR h = 2.00 M. SOBRENPT.
	OJO DE BUEY
	BARRA DE TIERRA FISICA ENTERRADA
	REFLECTOR DE 150 WATTS
	LÍNEA NEUTRAL Y LÍNEA DE TIERRA FISICA
	LÍNEA VIVA
	LÍNEA DE RETORNO
	PUENTE
	CONTADOR ELÉCTRICO
	INTERRUPTOR 3 VIAS H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	POLIDUCTO Ø 1"
	INSTALACIÓN OCULTA EN SUELO
	TUBERÍA TIPO DUCTÓN GALVANIZADO INSTALACIÓN SEMI OCULTA EN TECHO
	CAJA DE REGISTRO
	TOMACORRIENTE DOBLE DE 110 V POLARIZADO NÚMERO INDICA CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE DESDE TABLERO
	TOMACORRIENTE SIMPLE DE 220 V POLARIZADO NÚMERO INDICA CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE DESDE TABLERO.

### NOTA:

- \* EL CALIBRE DEL CONDUCTOR ES No.10 PARA CIRCUITOS SALVO SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO
- \*LA TUBERÍA A UTILIZAR SERÁ PVC Ø 3/4" SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

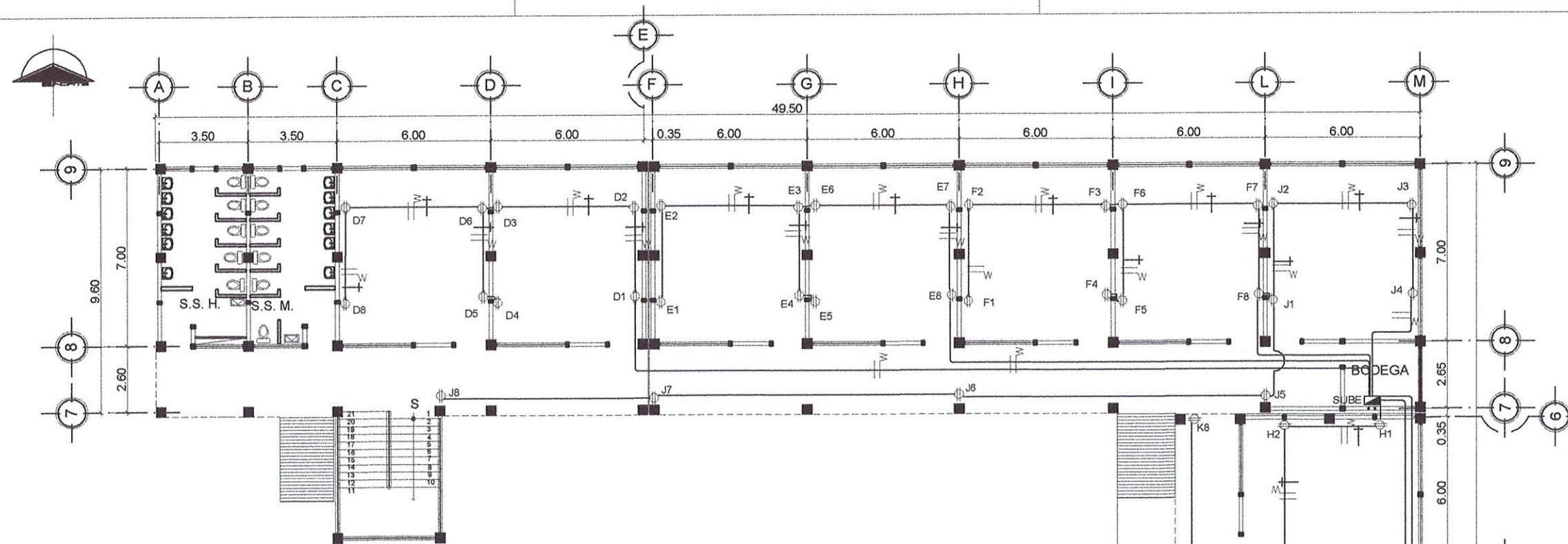
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA SEGUNDO NIVEL HOJA: 10

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
Ing. Christa del Rosario Classon de Pinto  
Facultad de Ingeniería  
25





## PLANTA FUERZA PRIMER NIVEL

ESCUELA LA AURORA

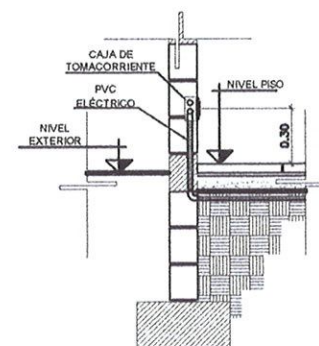
ESCALA 1:125

SISMOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS, UBICADO EN MURO A 1.70 m SOBRE NIVEL DE PISO
	TOMACORRIENTE DOBLE 110 VOLTIOS, UBICADO EN MURO A 0.30m. SOBRE NIVEL DE PISO
	CONDUCTOR TIERRA FÍSICA TIPO THHN Ó THW
	CONDUCTOR ACTIVO TIPO THHN Ó THW
	CONDUCTOR NEUTRO TIPO THHN Ó THW
	TUBERÍA PVC ELÉCTRICA SUBTERRANEA
	INDICA SUBIDA DE CANALIZACIÓN ELÉCTRICA
	LA LITERAL INDICA EL CIRCUITO Y EL NUMERO ES LA CANTIDAD DE TOMACORRIENTES

### NOTA:

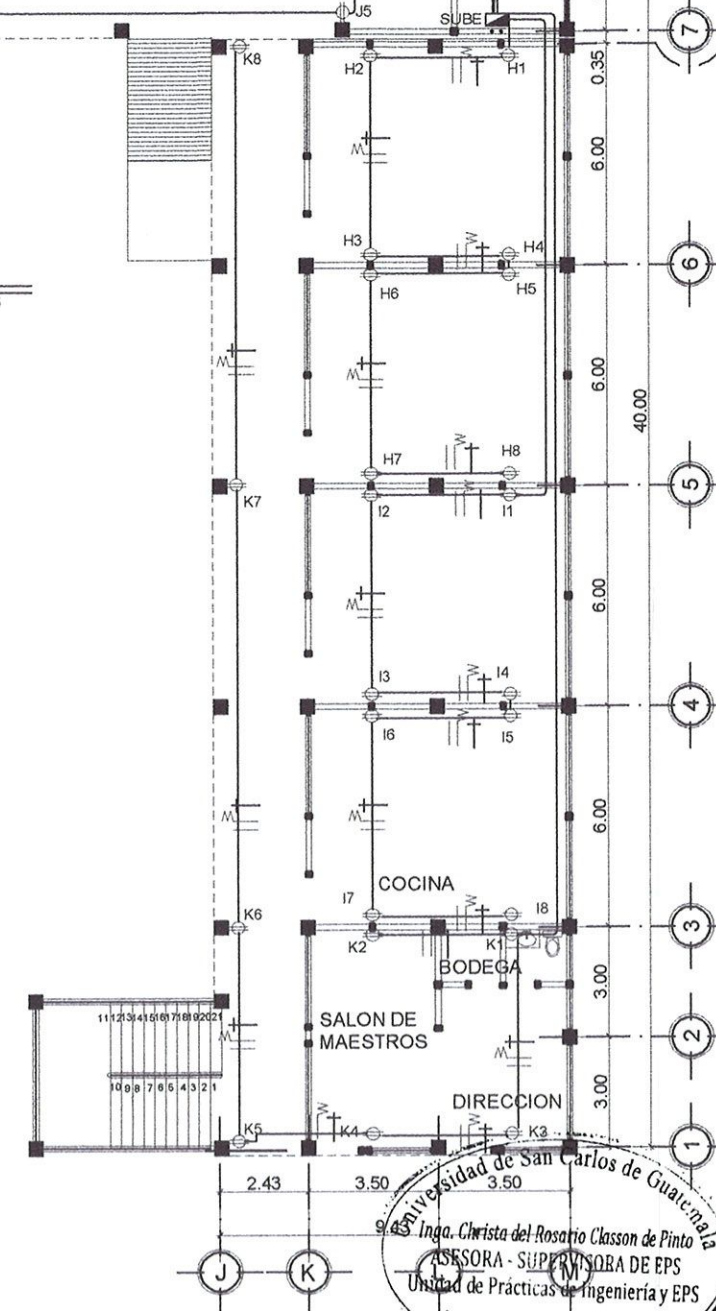
\* EL CALIBRE DEL CONDUCTOR ES No.14 PARA CIRCUITOS SALVO SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO  
 \*LA TUBERÍA A UTILIZAR SERÁ PVC Ø 1/2" SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.

\*CADA NUEVE METROS DE TUBERIA SE DEBE DE COLOCAR UNA CAJA DE REGISTRO MAXIMO SEIS CONDUCTORES DENTRO DE LA TUBERIA.



### DETALLE COLOCACIÓN DE TOMACORRIENTE

ESCALA 1:20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

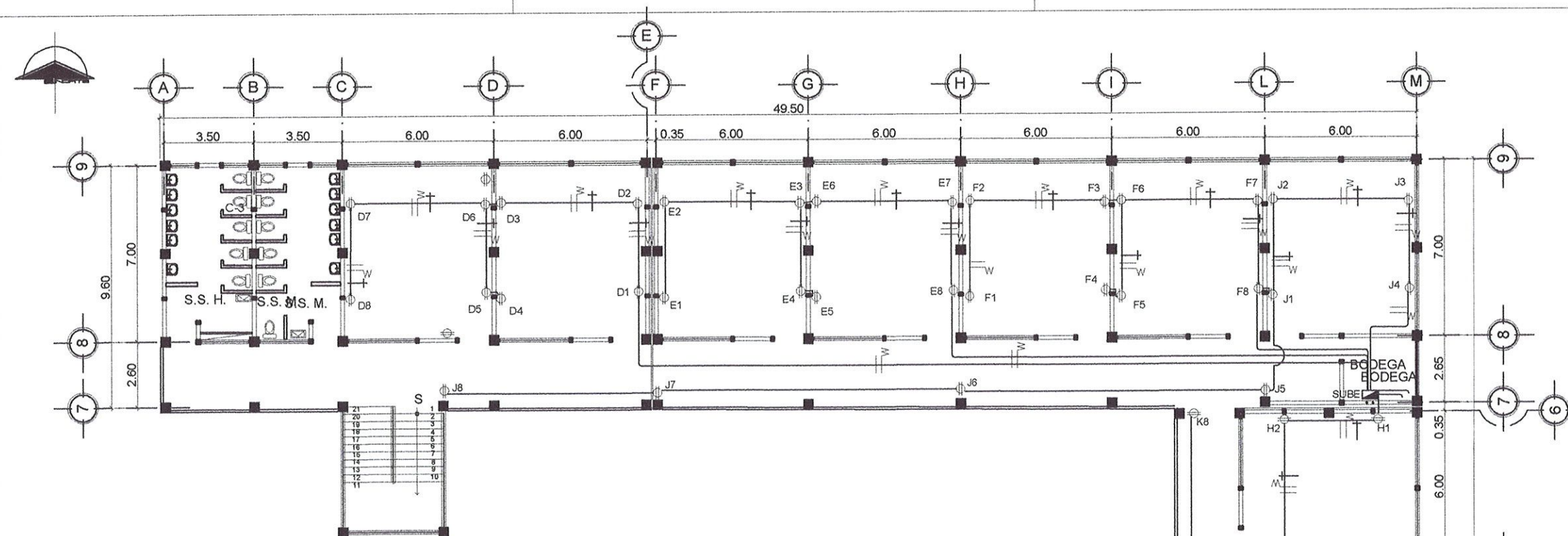
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
 DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
 MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN FUERZA PRIMER NIVEL HOJA: 11

ASESOR DE EPS: INGA. CRISTINA CLASION DE PINTO  
 25





# PLANTA FUERZA SEGUNDO NIVEL

ESCUELA LA AURORA

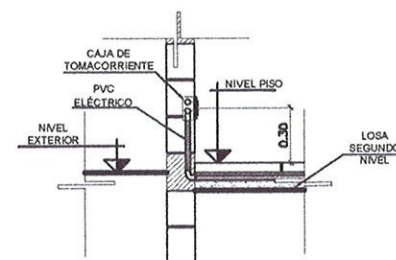
ESCALA 1:125

SISMOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS, UBICADO EN MURO A 1.70 m SOBRE NIVEL DE PISO
	TOMACORRIENTE DOBLE 110 VOLTIOS, UBICADO EN MURO A 0.30m. SOBRE NIVEL DE PISO
	CONDUCTOR TIERRA FÍSICA TIPO THHN Ó THW
	CONDUCTOR ACTIVO TIPO THHN Ó THW
	CONDUCTOR NEUTRO TIPO THHN Ó THW
	TUBERÍA PVC ELÉCTRICA SUBTERRANEA
	INDICA SUBIDA DE CANALIZACIÓN ELÉCTRICA
	LA LITERAL INDICA EL CIRCUITO Y EL NUMERO ES LA CANTIDAD DE TOMACORRIENTES

## NOTA:

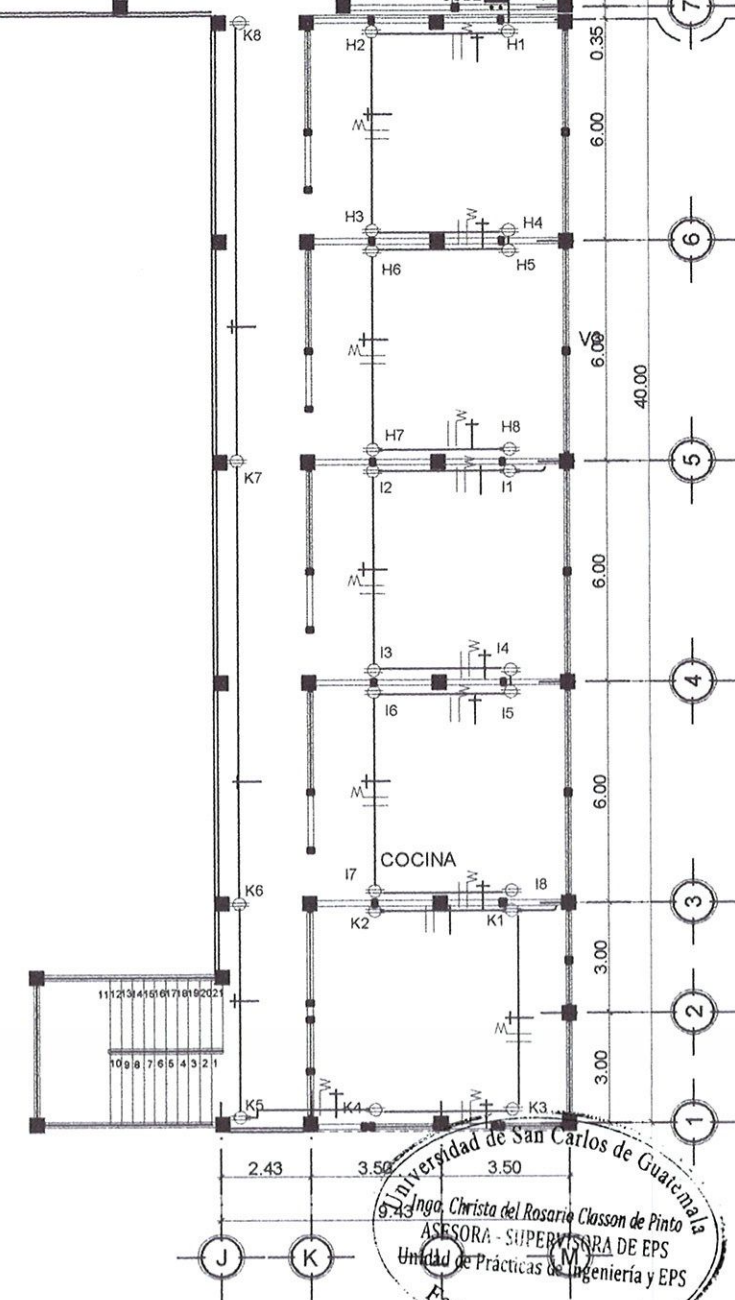
\* EL CALIBRE DEL CONDUCTOR ES No.14 PARA CIRCUITOS SALVO SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO  
 \*LA TUBERÍA A UTILIZAR SERÁ PVC Ø 1/2" SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.

\*CADA NUEVE METROS DE TUBERIA SE DEBE DE COLOCAR UNA CAJA DE REGISTRO MAXIMO SEIS CONDUCTORES DENTRO DE LA TUBERIA.



## DETALLE COLOCACIÓN DE TOMACORRIENTE

ESCALA 1:20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
 DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
 MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA

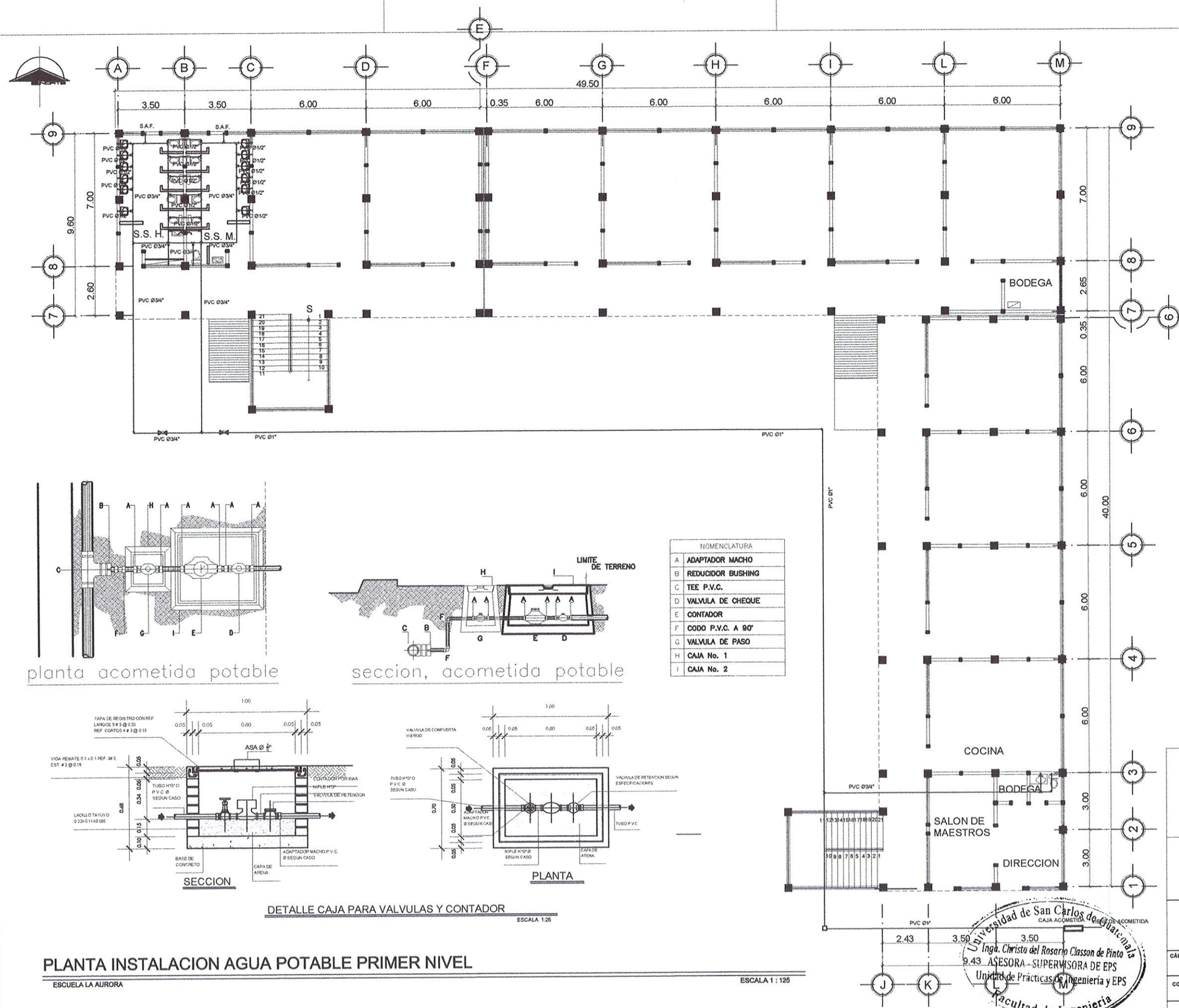
ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN FUERZA SEGUNDO NIVEL

HOJA: 12

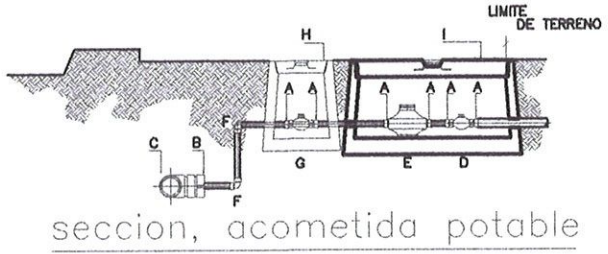
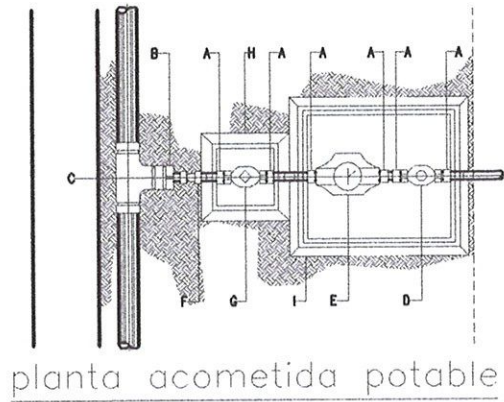
*Christa del Rosario Classon de Pinto*  
 ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería



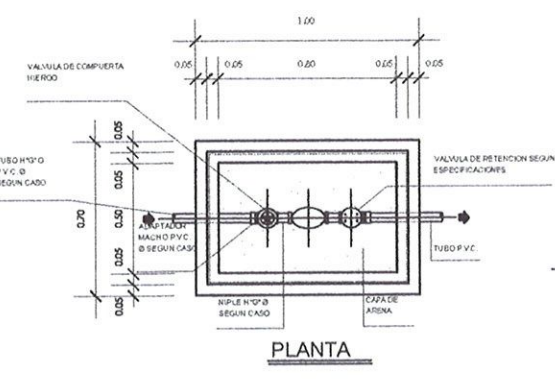
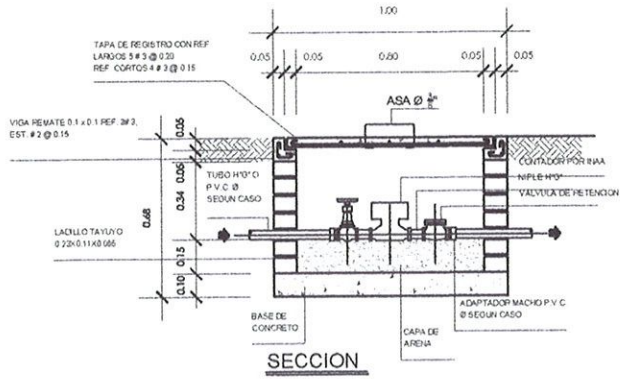


SIMBOLOGÍA DE HIDRAULICAS	
	CRUZ DE PVC
	TE DE PVC
	CODO PVC 90°
	VERTICAL
	HORIZONTAL
	GRIFO PARA EXTERIORES
	UNIÓN DE EXPANSIÓN
	REDUCTOR PVC DE Ø 3/4\" A Ø 1/2
	VALVULA DE PASO
	CONTADOR DE VOLUMEN DE AGUA DE Ø 3/4\" A Ø 1/2
	VALVULA DE BOLA
	LLAVE CONTROL MANUAL HORIZONTAL PARA ARTEFACTOS SANITARIOS
	LLAVE CONTROL MANUAL VERTICAL PARA ARTEFACTOS SANITARIOS
	VALVULA DE COMPUERTA O INDICADA
	VALVULA DE RETENCIÓN O CHEQUE
	VALVULA DE GLOBO
	TUBO PVC Ø 3/4\" O INDICADO PARA AGUA FRIA

TUBERIA NORMA ASTM D2241



NOMENCLATURA	
A	ADAPTADOR MACHO
B	REDUCIDOR BUSHING
C	TEE P.V.C.
D	VALVULA DE CHEQUE
E	CONTADOR
F	CODO P.V.C. A 90°
G	VALVULA DE PASO
H	CAJA No. 1
I	CAJA No. 2



DETALLE CAJA PARA VALVULAS Y CONTADOR

ESCALA 1:25

PLANTA INSTALACION AGUA POTABLE PRIMER NIVEL

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



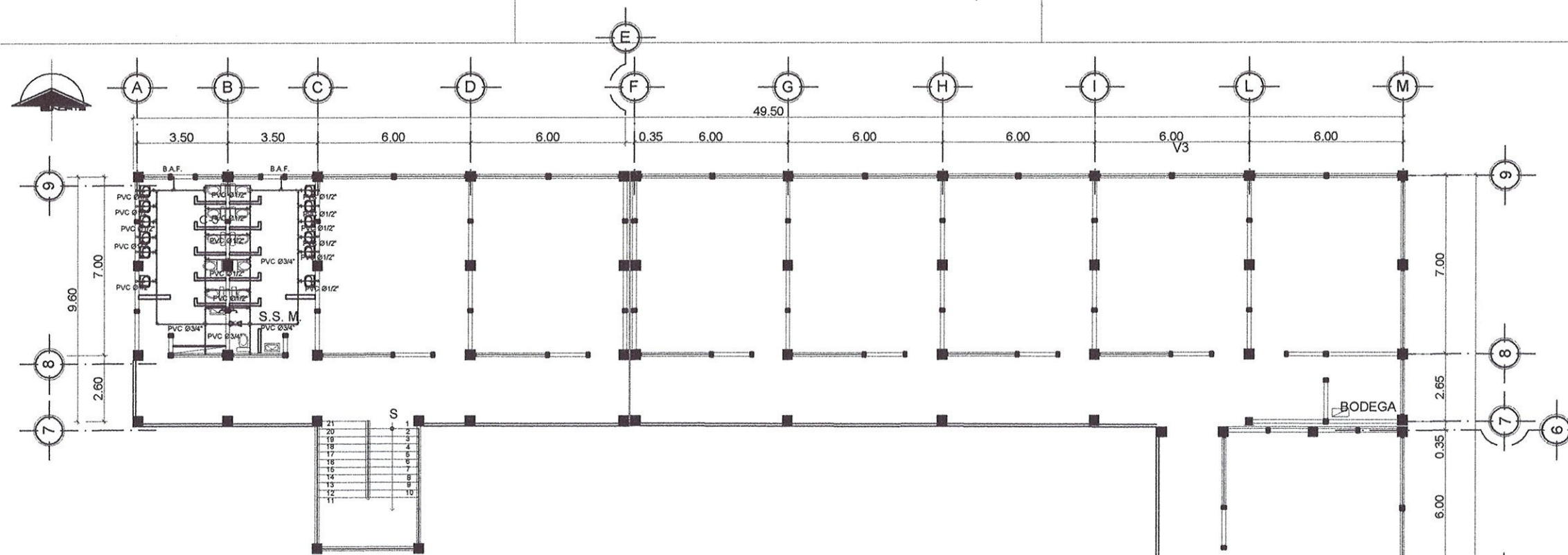
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO:	OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA DE INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE PRIMER NIVEL	HOJA:	13

25





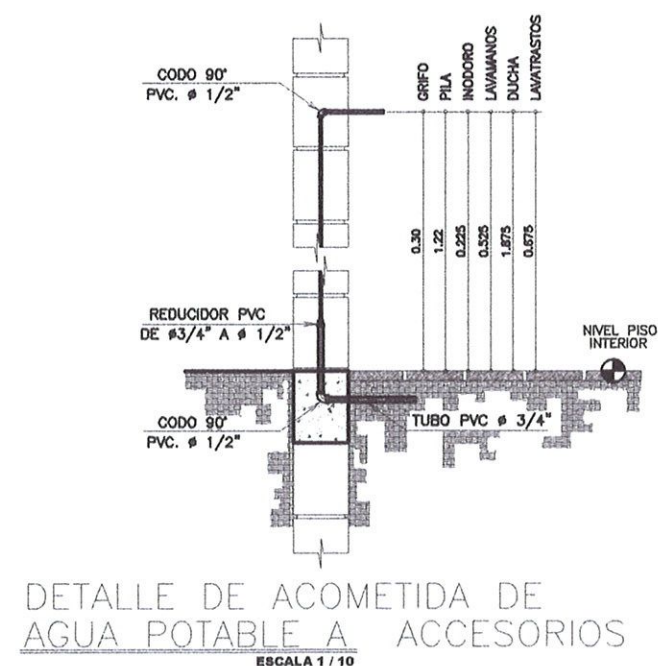
SIMBOLOGÍA DE HIDRAULICAS	
	CRUZ DE PVC
	TE DE PVC
	CODO PVC 90° VERTICAL
	CODO PVC 90° HORIZONTAL
	GRIFO PARA EXTERIORES
	UNIÓN DE EXPANSIÓN
	REDUCTOR PVC DE Ø 3/4" A Ø 1/2"
	VÁLVULA DE PASO
	BAJA AGUA FRIA
	TUBO PVC Ø 3/4" Ø INDICADO PARA AGUA FRIA

TUBERIA NORMA ASTM D2241

## PLANTA INSTALACION AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL

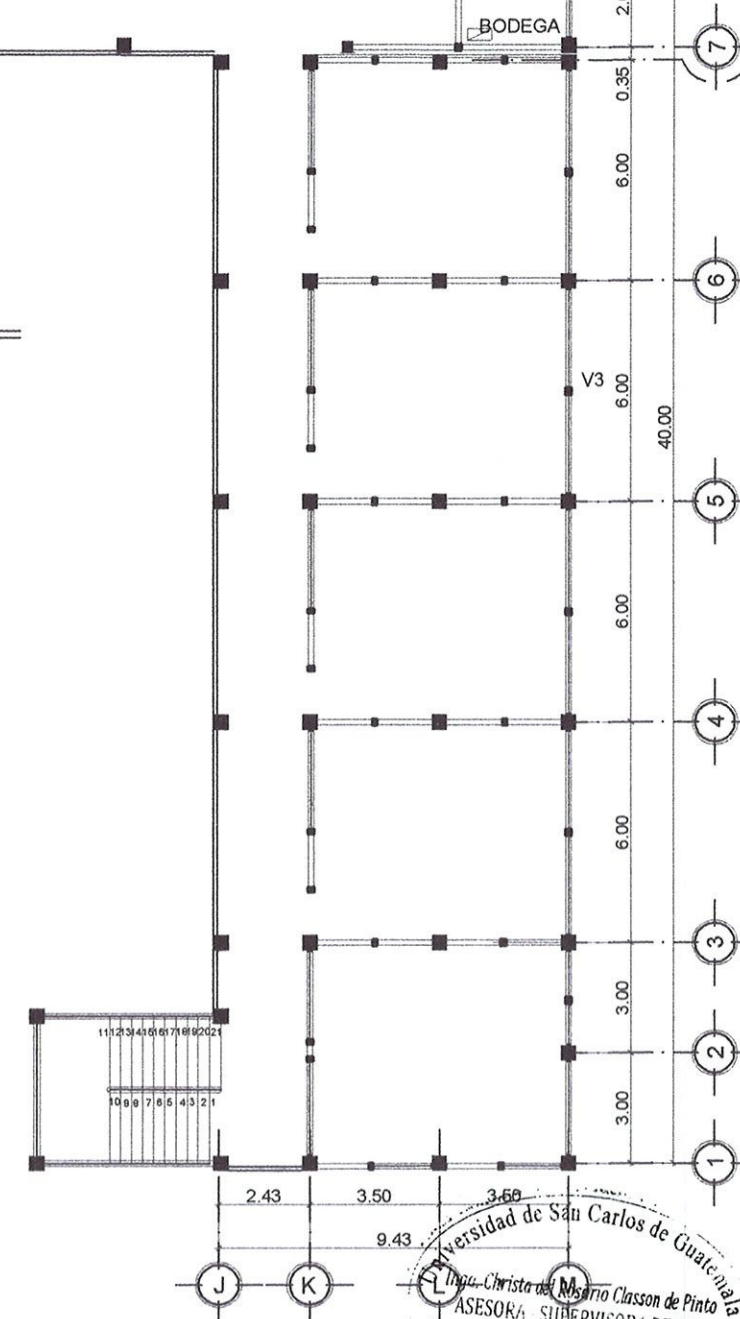
ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125



## DETALLE DE ACOMETIDA DE AGUA POTABLE A ACCESORIOS

ESCALA 1 / 10



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Dña. Christa del Rosario Classon de Pinto  
 ASESORA SUPERVISORA DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

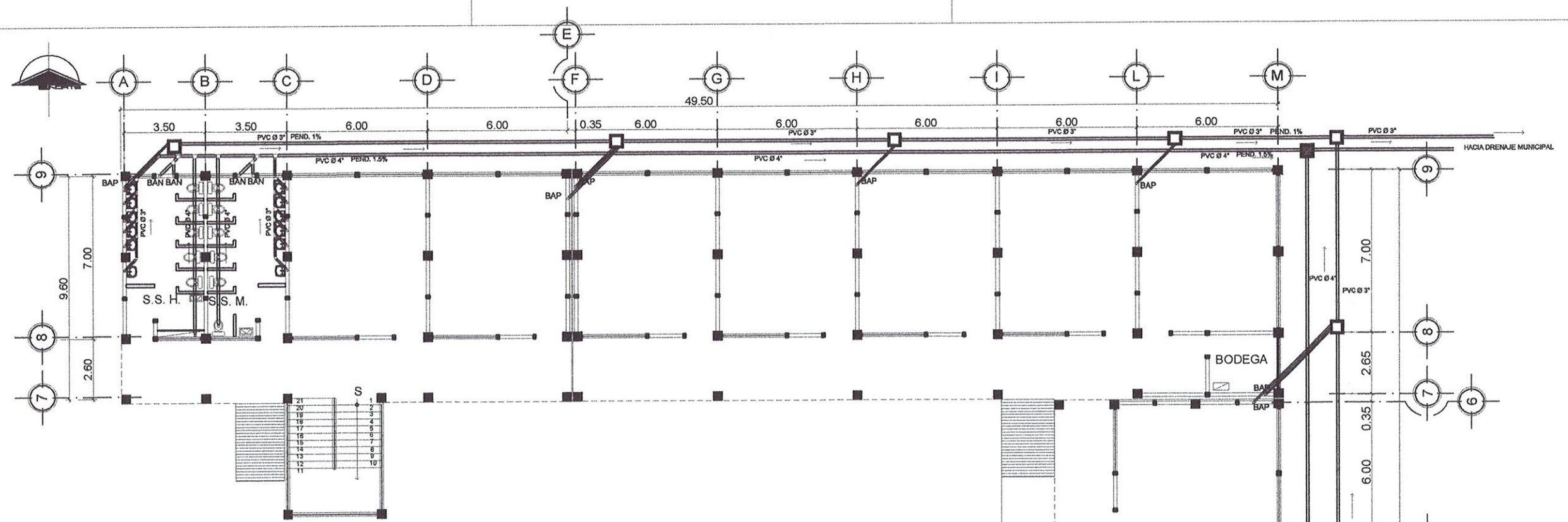
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
 DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
 MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL HOJA:

*[Signature]*  
 ASESOR DE EPS  
 INGENIERO CRISTINA CLASSON DE PINTO



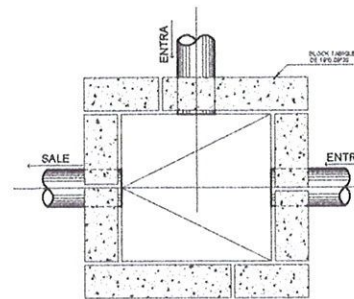


PLANTA DRENAJES SANITARIOS Y PLUVIALES PRIMER NIVEL

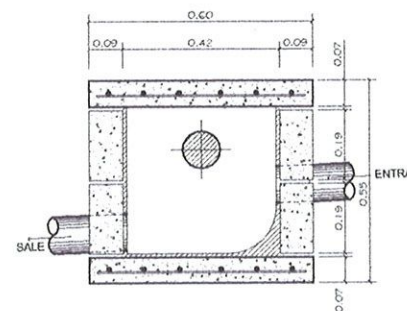
ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1:125

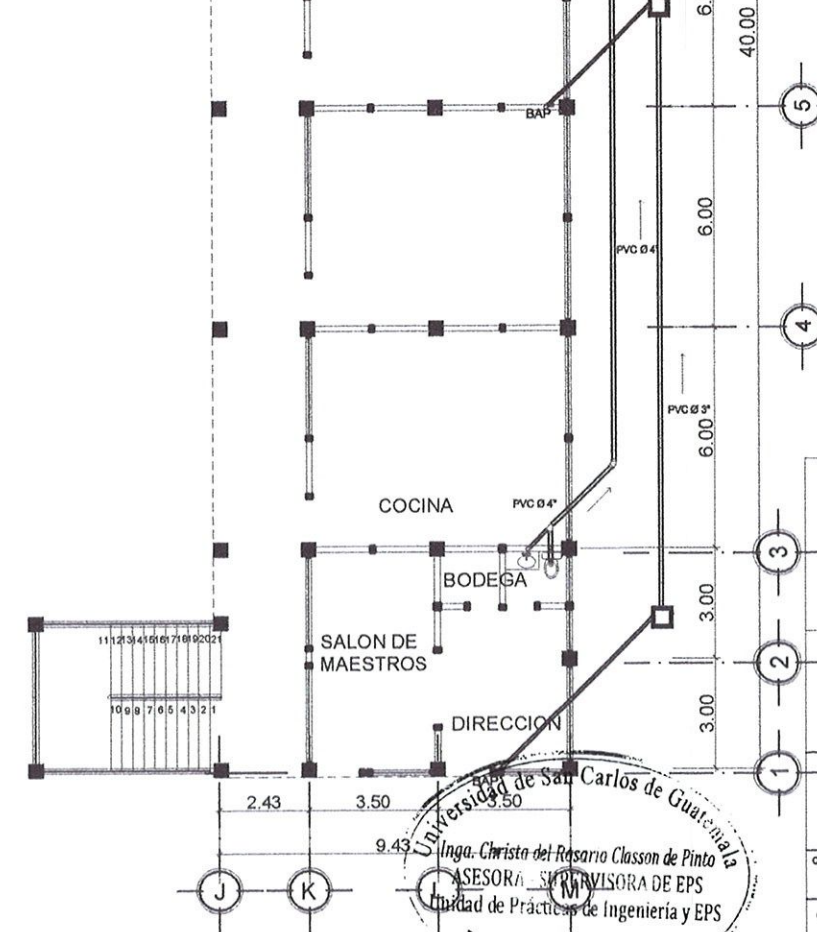
SIMBOLOGÍA DRENAJES		
SÍMBOLO	ABREV. TUBERÍA	DESCRIPCIÓN
	DN	PVC ASTM 2241 DIÁMETRO NOMINAL (mm)
	%	DIRECCIÓN DE PENDIENTE PORCENTAJE DE PENDIENTE
ACCESORIOS PVC ASTM 2466		
	C90°	CODO 90° VERTICAL HACIA ARRIBA
	R	REDUCTOR
	S+R	SIFON + REPOBADERA
	Y	YEE
	YR	YEE REDUCTORA
	C45°	CODO 45°
	T	TEE HORIZONTAL
	BAN	BAJADA DE AGUAS NEGRAS
	BAG	BAJADA DE AGUAS GRIS
	BAP	BAJADA DE AGUAS PLUVIALES
	TV	TEE VERTICAL
	STV	SUBE TUBERÍA DE VENTILACIÓN
		CAJA DE REGISTRO DE DRENAJE
		CAJA ATRAPA GRASA
		CAJA DE REGISTRO DE AGUA PLUVIAL



DETALLE DE CAJA DE UNION



SECCION DE CAJA DE UNION



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

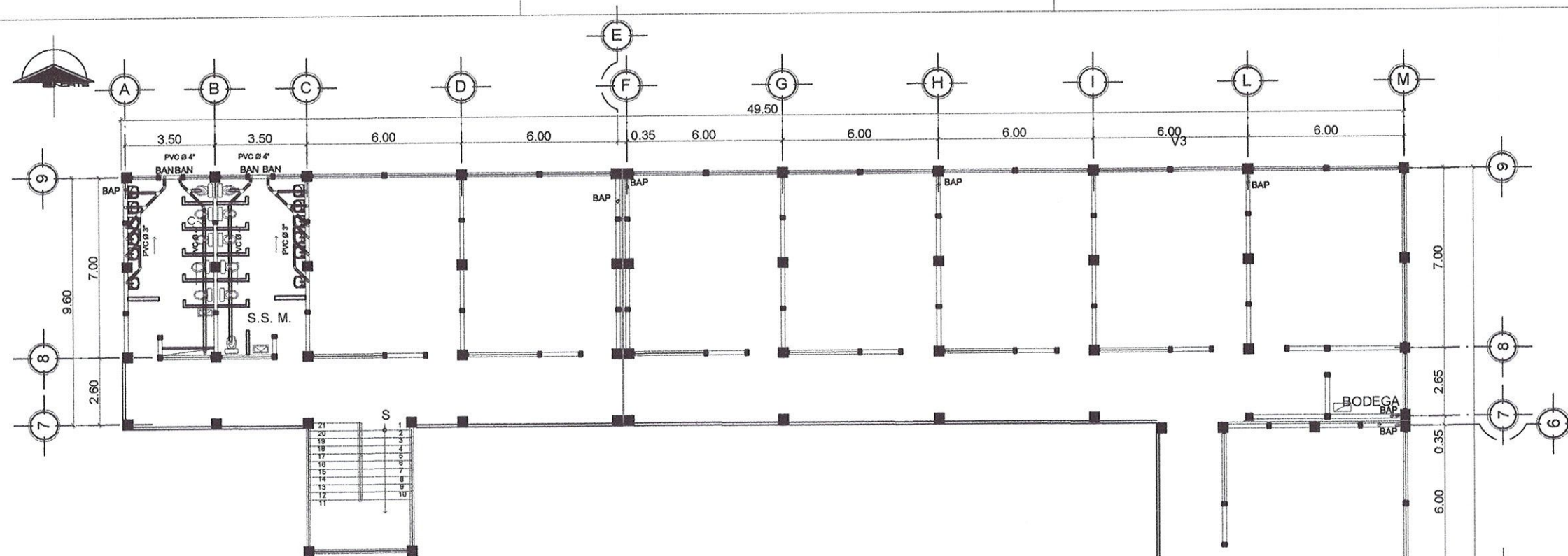
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA  
ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN DE DRENAJES  
PRIMER NIVEL  
HOJA: 15

ASESOR DE EPS  
ING. CRISTINA CLASION DE PINTO  
25



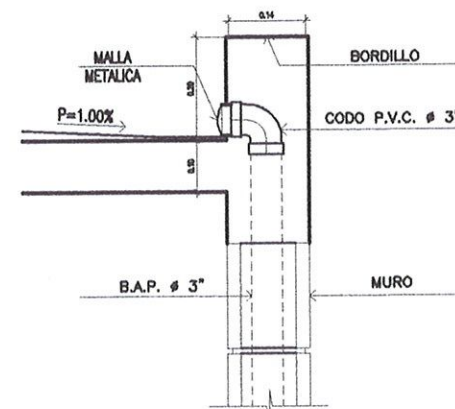


PLANTA SANITARIOS Y PLUVIALES SEGUNDO NIVEL

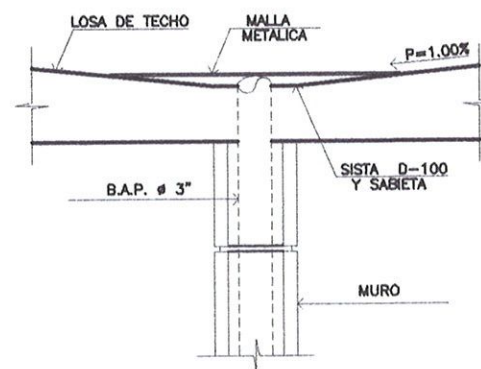
ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1:125

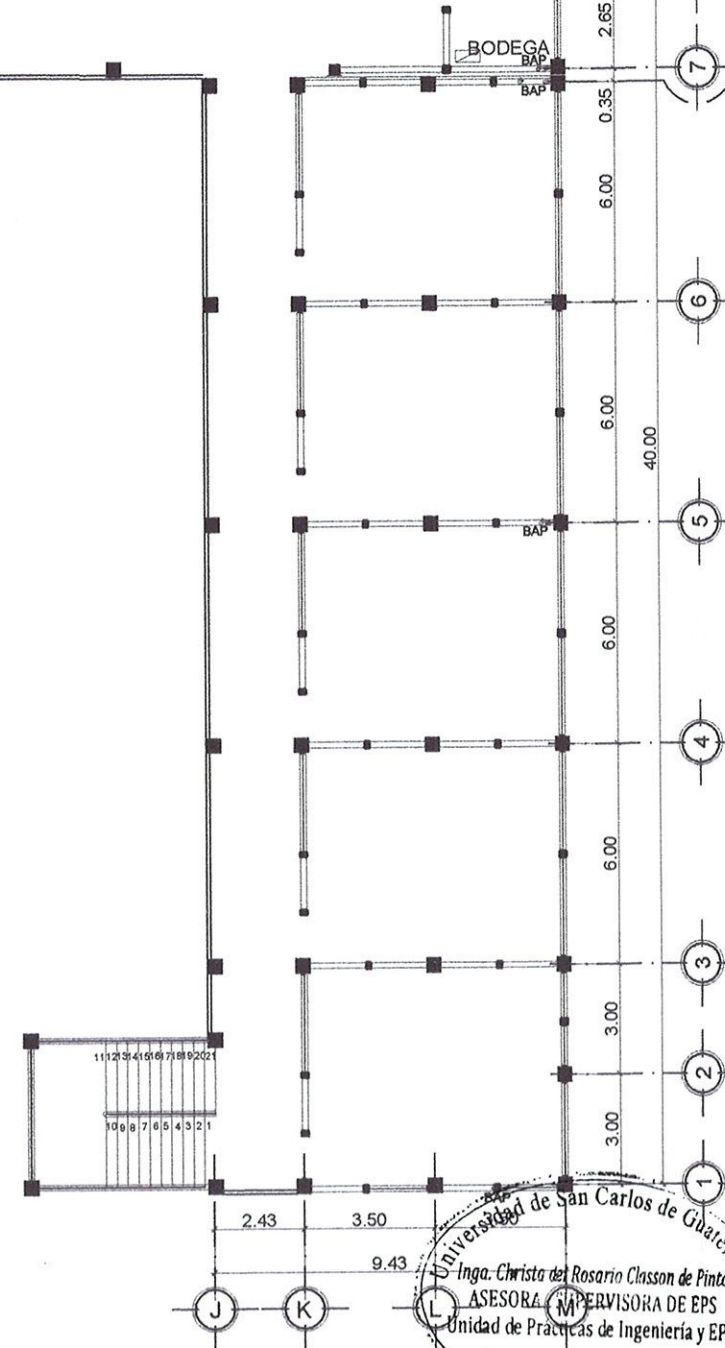
SIMBOLOGÍA DRENAJES		
SÍMBOLO	ABREV. TUBERÍA	DESCRIPCIÓN
—	DN	PVC ASTM 2241 DIÁMETRO NOMINAL (mm)
—	%	DIRECCIÓN DE PENDIENTE PORCENTAJE DE PENDIENTE
ACCESORIOS PVC ASTM 2466		
90°	C90°	CODO 90° VERTICAL HACIA ARRIBA
R	R	REDUCTOR
S+R	S+R	SIFON + REPOSADERA
Y	Y	YEE
YR	YR	YEE REDUCTORA
C45°	C45°	CODO 45°
T	T	TEE HORIZONTAL
BAN	BAN	BAJADA DE AGUAS NEGRAS
BAG	BAG	BAJADA DE AGUAS GRIS
BAP	BAP	BAJADA DE AGUAS PLUVIALES
TV	TV	TEE VERTICAL
STV	STV	SUBE TUBERÍA DE VENTILACIÓN
CAJA DE REGISTRO DE DRENAJE		CAJA DE REGISTRO DE DRENAJE
CAJA ATRAPA GRASA		CAJA ATRAPA GRASA
CAJA DE REGISTRO DE AGUA PLUVIAL		CAJA DE REGISTRO DE AGUA PLUVIAL





DETALLE BAJADA AGUA PLUVIAL EN COLINDANCIA

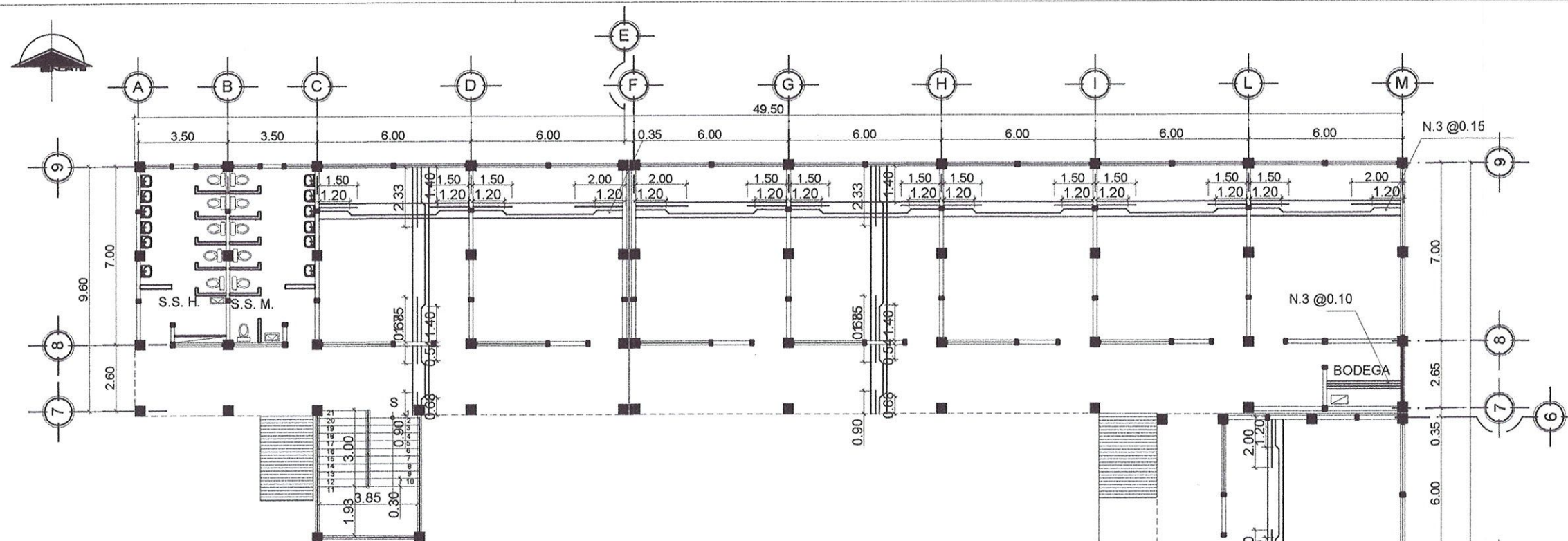


DETALLE BAJADA AGUA PLUVIAL



 	
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>	
<b>MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA</b> <b>DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL</b> <b>MICROPARCELAMIENTO LA AURORA</b>	
CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN DE DRENAJES SEGUNDO NIVEL	HOJA: 16
ASesor de EPS ING. CRISTINA CLASION DE PINTO	

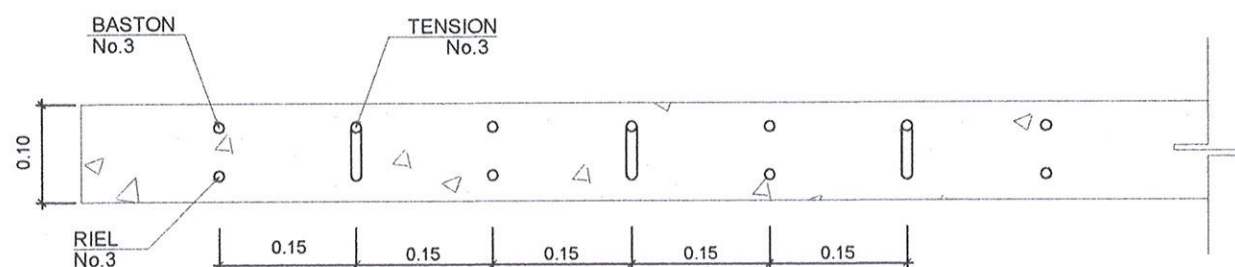




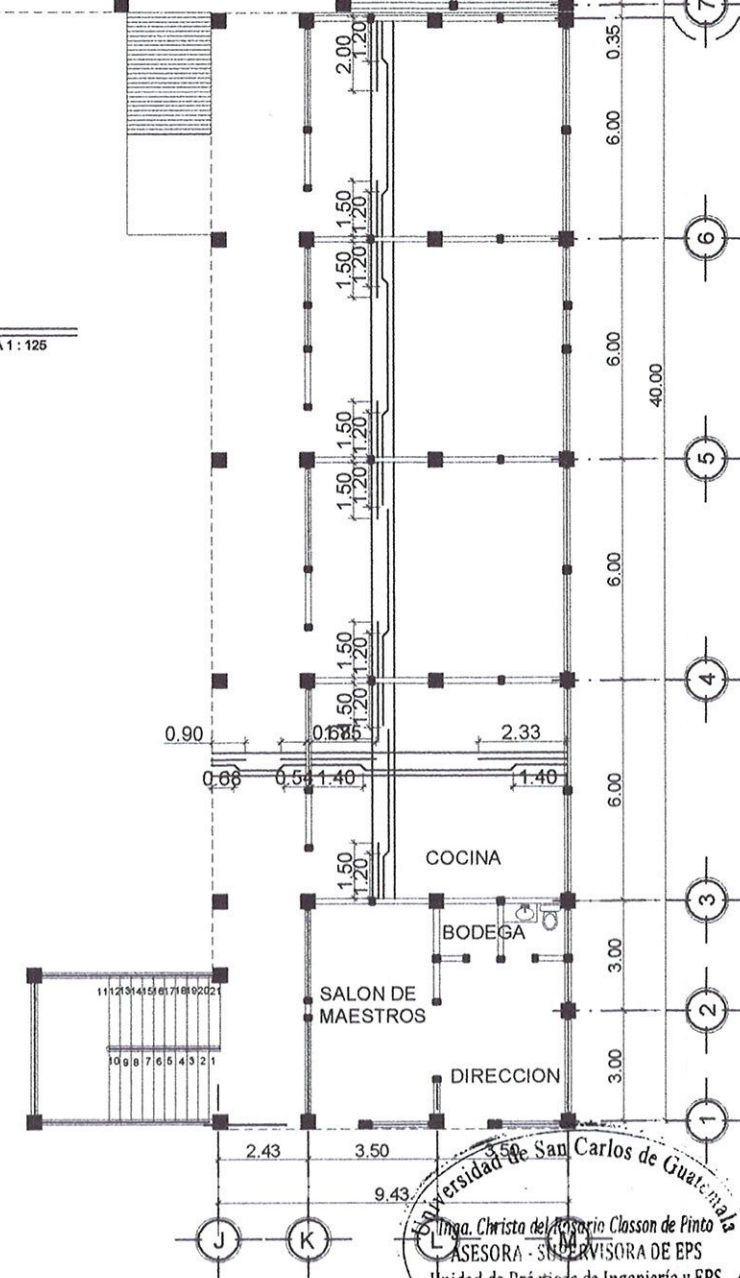
PLANTA LOSA PRIMER NIVEL



ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1:125

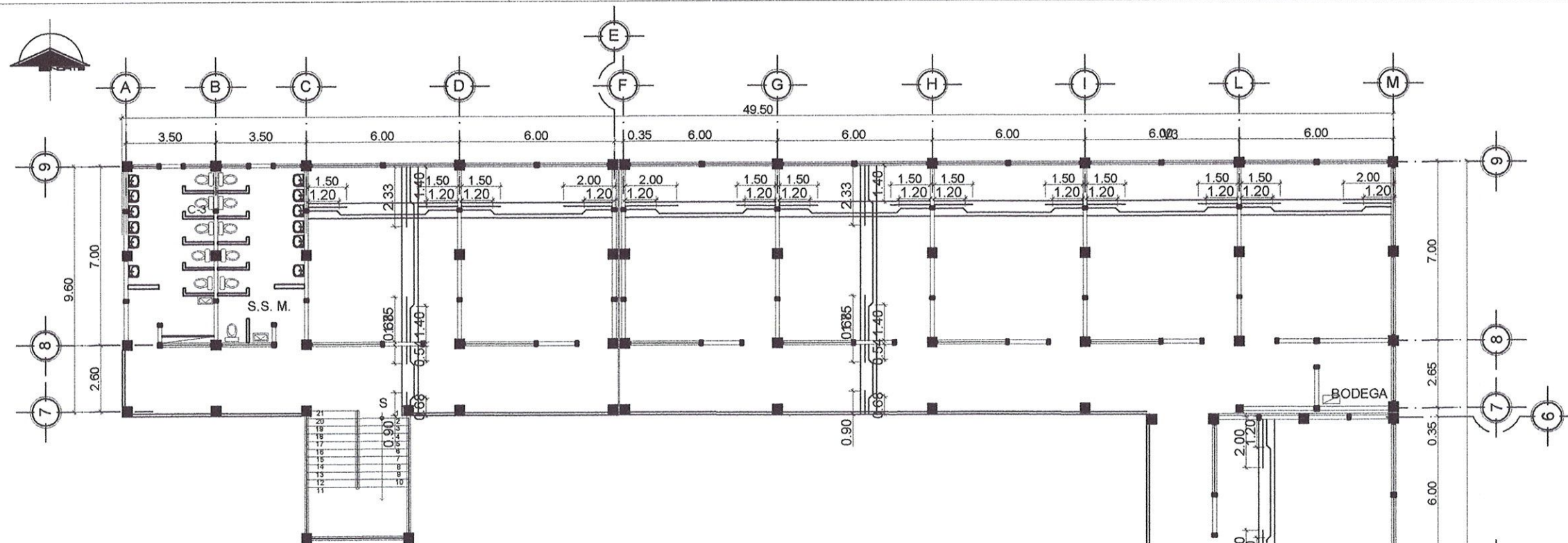


DETALLE ARMADO DE LOSA



 	
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>	
<b>MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA</b> <b>DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL</b> <b>MICROPARCELAMIENTO LA AURORA</b>	
<b>CÁLCULO Y DISEÑO:</b> OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	<b>ESCALA:</b> INDICADA
<b>CONTENIDO:</b> PLANTA DE LOSAS PRIMER NIVEL	<b>HOJA:</b> 25

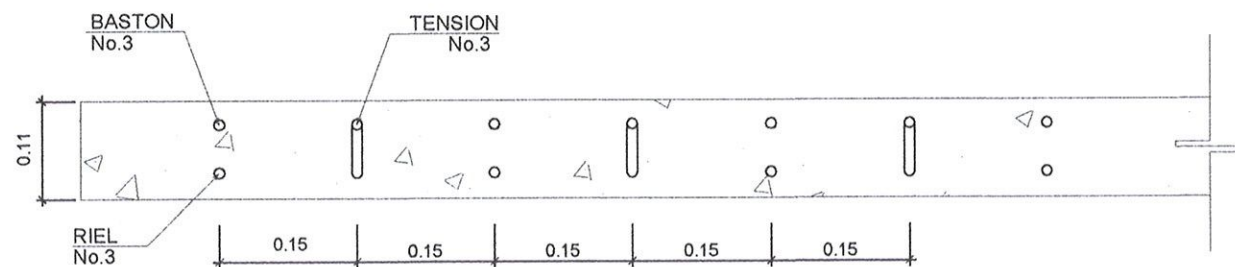




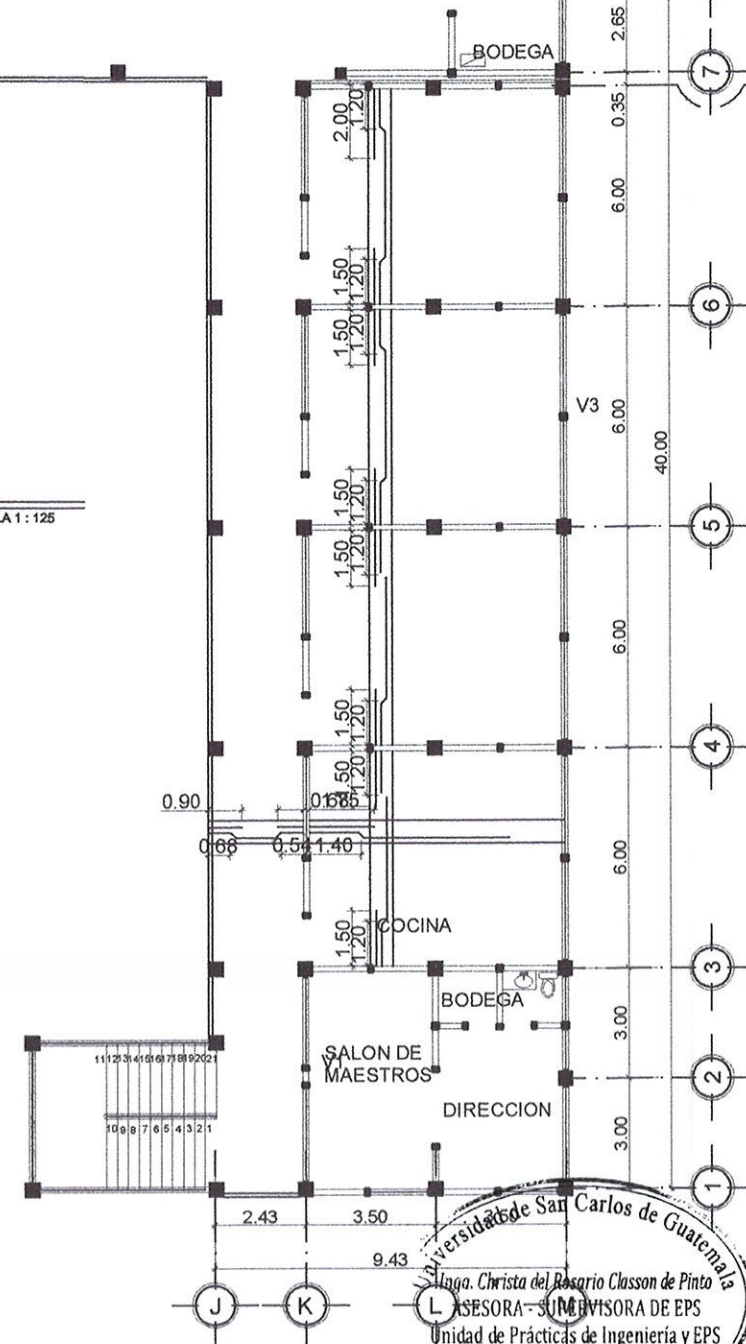
PLANTA LOSA SEGUNDO NIVEL

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1:125

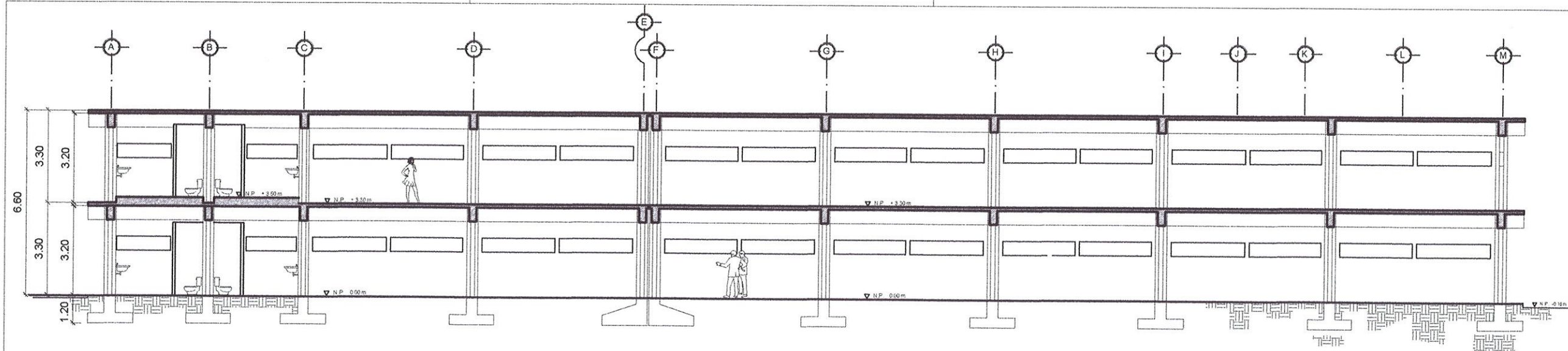


DETALLE ARMADO DE LOSA



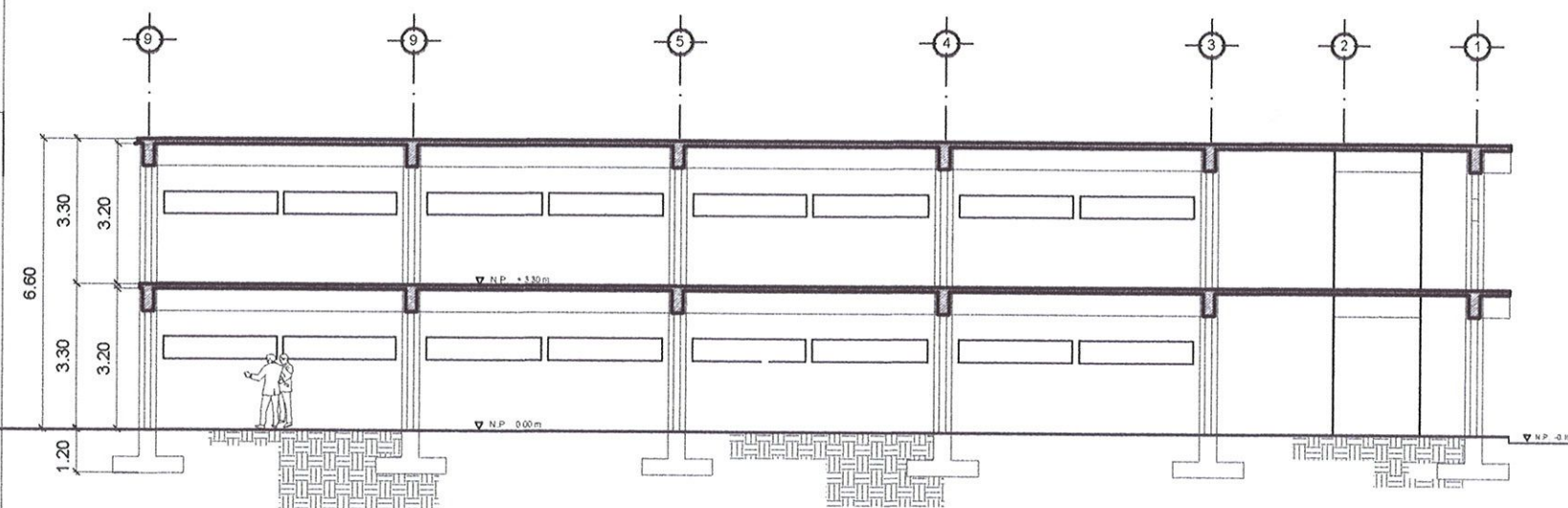
 	
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>	
<b>MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA</b> <b>DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL</b> <b>MICROPARCELAMIENTO LA AURORA</b>	
CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA DE LOSAS PRIMERO NIVEL	HOJA: 18
ASesor de EPS INGA. CHRISTA CLASCON DE PINTO	





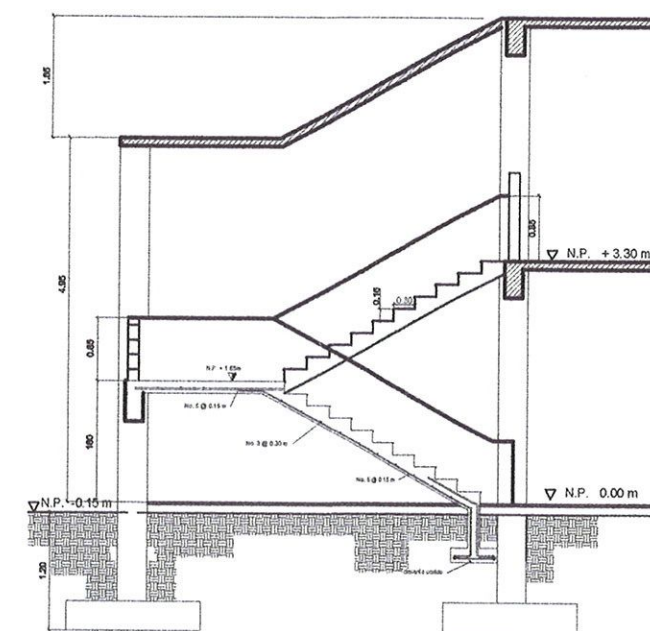
**CORTE A-A'**  
ESCUELA LA AURORA

ESC. 1/125



**CORTE B-B'**  
ESCUELA LA AURORA

ESC. 1/125



**DETALLE DE GRADAS**

ESCUELA LA AURORA

ESC. 1/200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

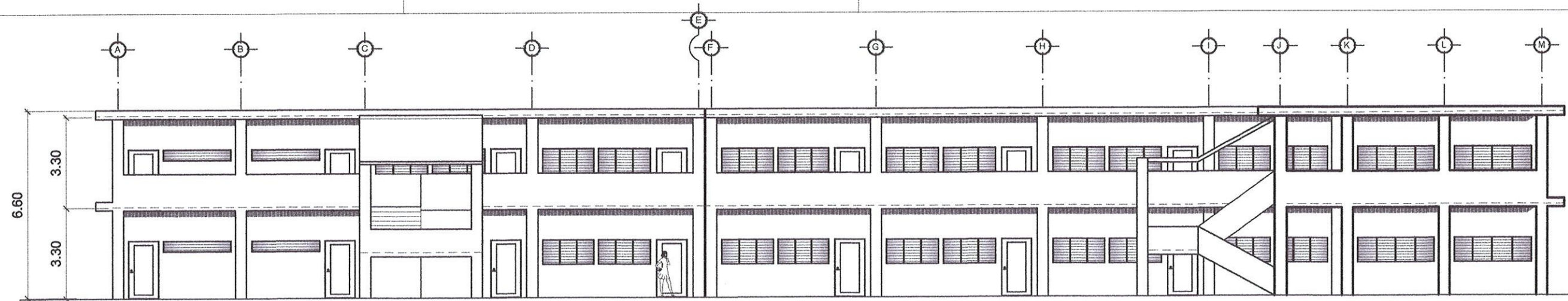
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES Y  
DETALLES DE GRADAS HOJA:

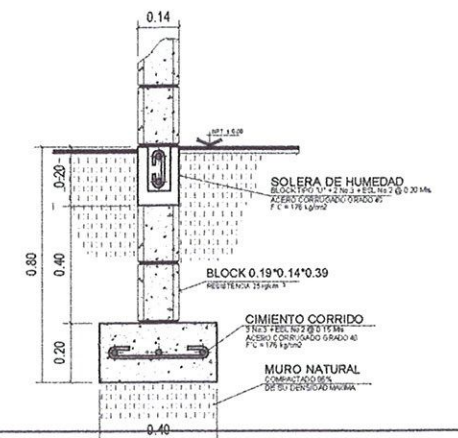
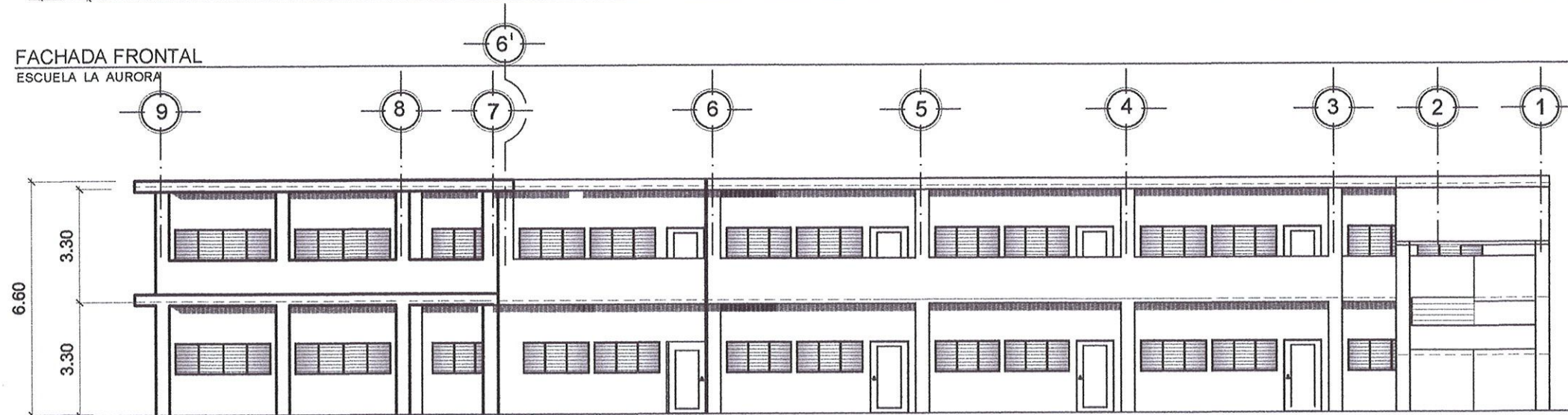
19 25





FACHADA FRONTAL  
ESCUELA LA AURORA

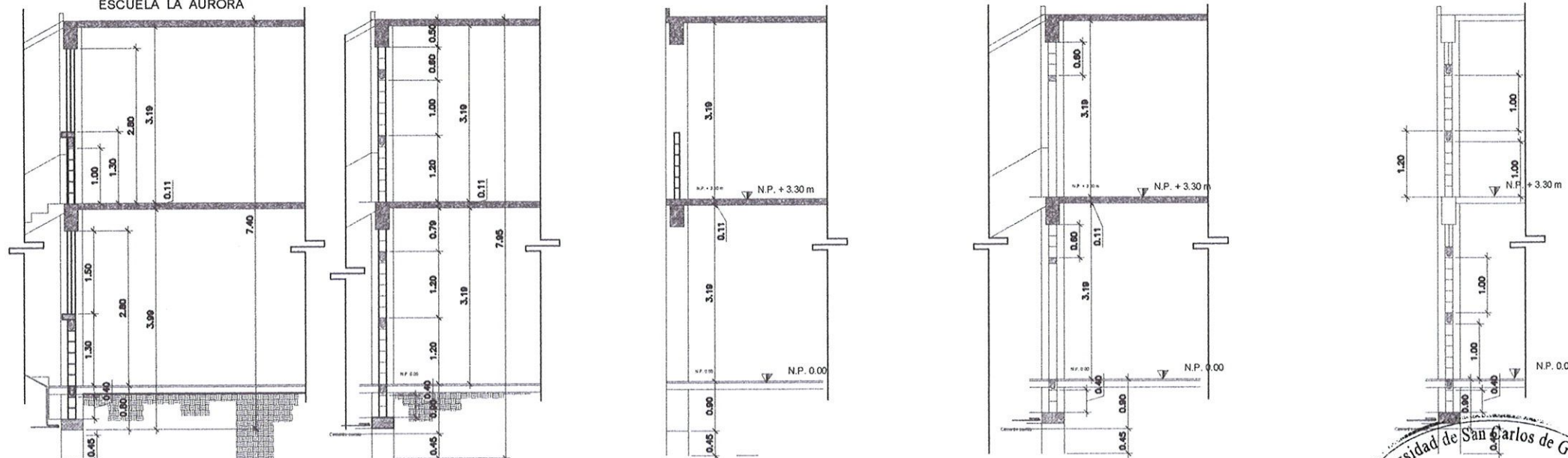
ESC. 1/125



DETALLE DE CIMENTO C-1

FACHADA LATERAL  
ESCUELA LA AURORA

ESC. 1/100



MUROS CON VENTANA  
(PERIMETRO)

ESCUELA LA AURORA ESCALA 1:50

MURO DIVISION SALONES

ESCALA 1:50

SECCION DEL PASILLO



ESCALA 1:50

MURO CON PUERTAS

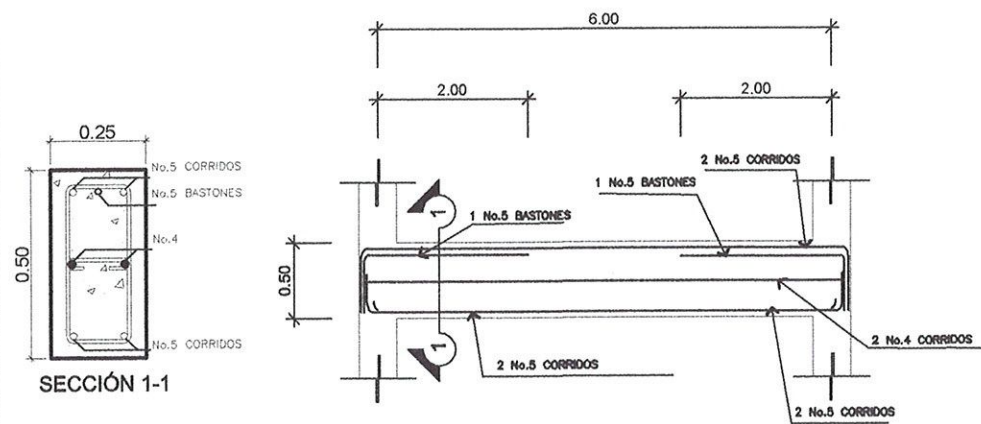
ESCALA 1:50

MURO CON VENTANAS  
SANITARIOS

ESCALA 1:50

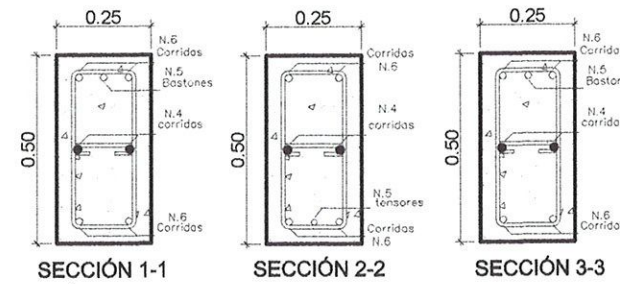
 	
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESQUINTLA DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL MICROPARCELAMIENTO LA AURORA</p>	
<p>CALCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p>
<p>CONTENIDO: ELEVACIONES FRONTAL LATERAL Y SECCIONES DE MUROS</p>	<p>HOJA: 20</p>
<p>ASESOR DE EPS ING. CRISTINA CLASIFON DE PINTO</p>	





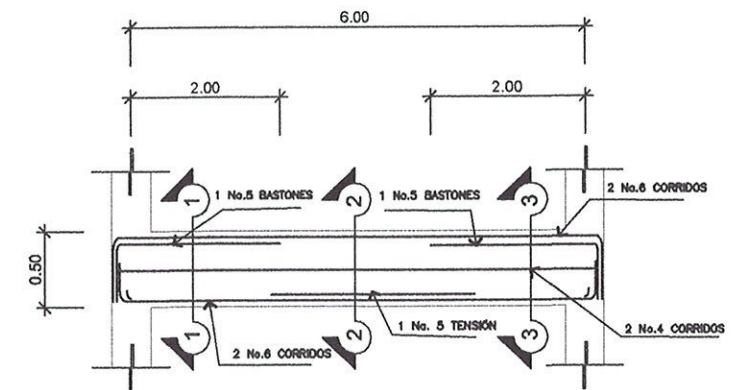
**VIGA V-1**

ESCUELA LA AURORA

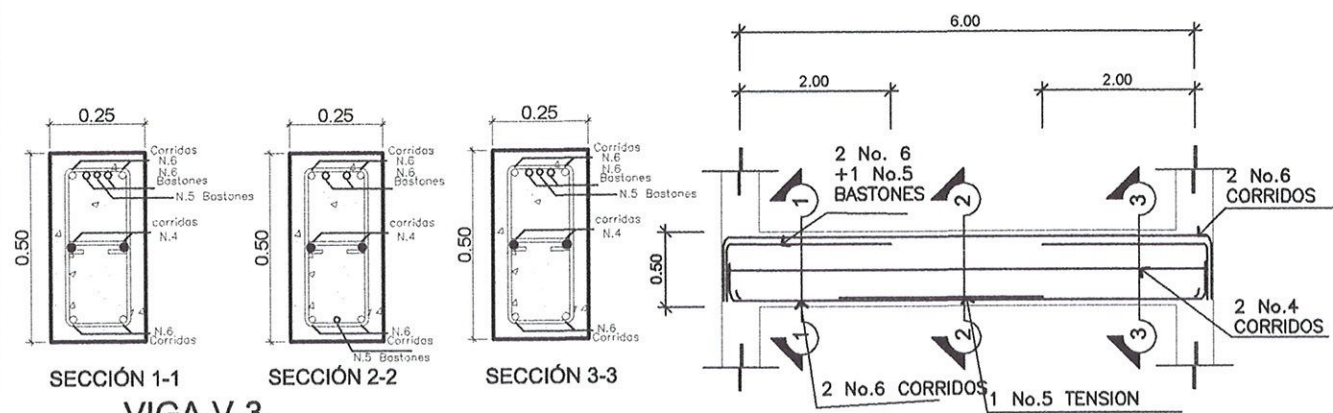


**VIGA V-2**

ESCUELA LA AURORA



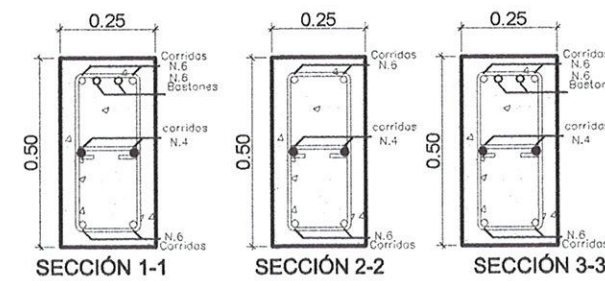
SIN ESCALA



**VIGA V-3**

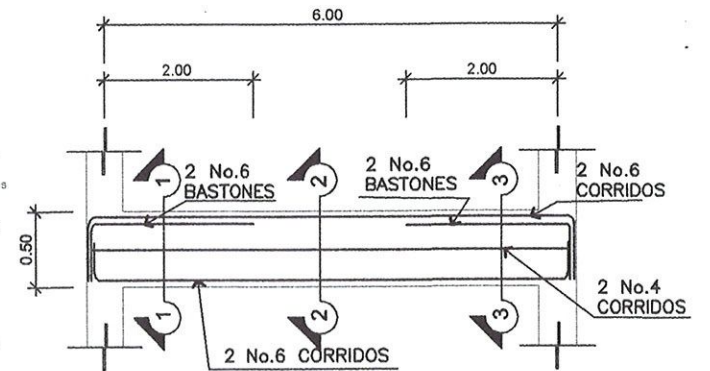
ESCUELA LA AURORA

SIN ESCALA

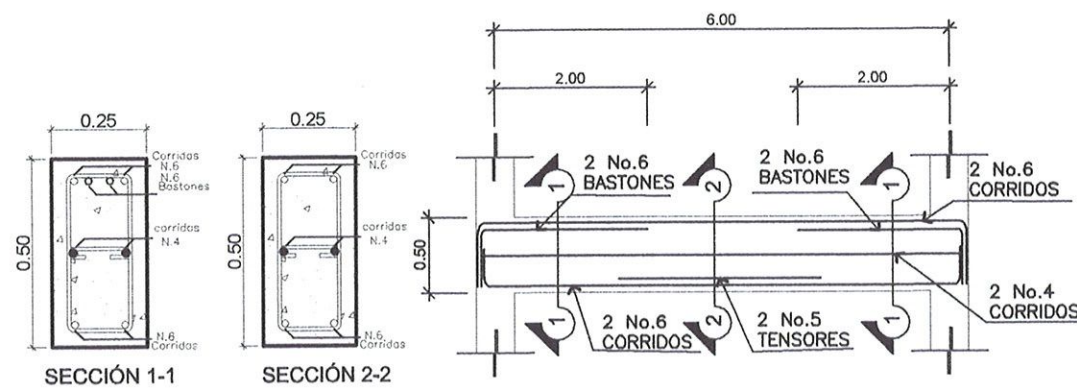


**VIGA V-4**

ESCUELA LA AURORA



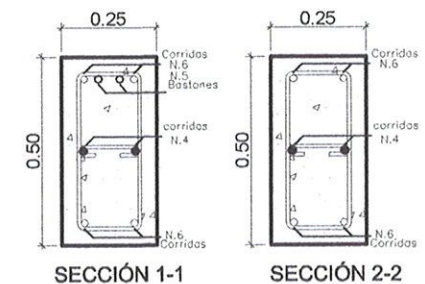
SIN ESCALA



**VIGA V-5**

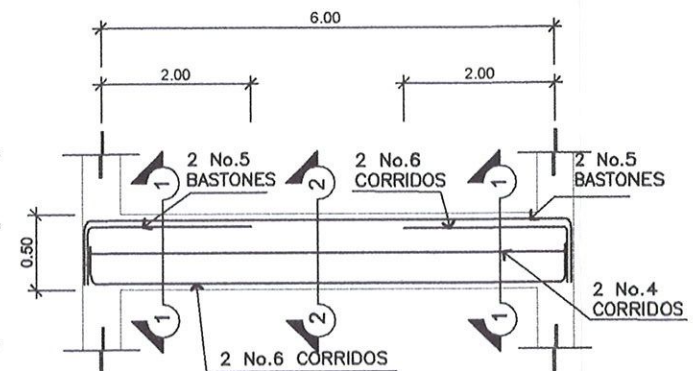
ESCUELA LA AURORA

SIN ESCALA



**VIGA V-6**

ESCUELA LA AURORA



SIN ESCALA

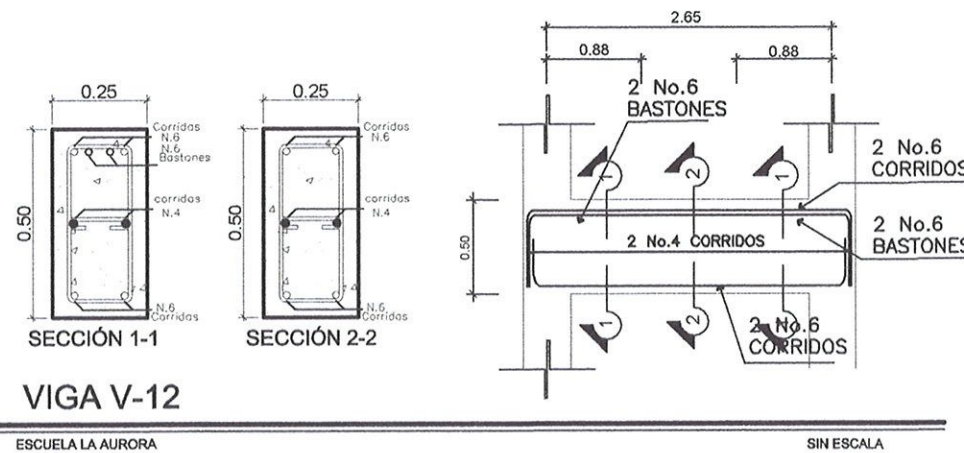
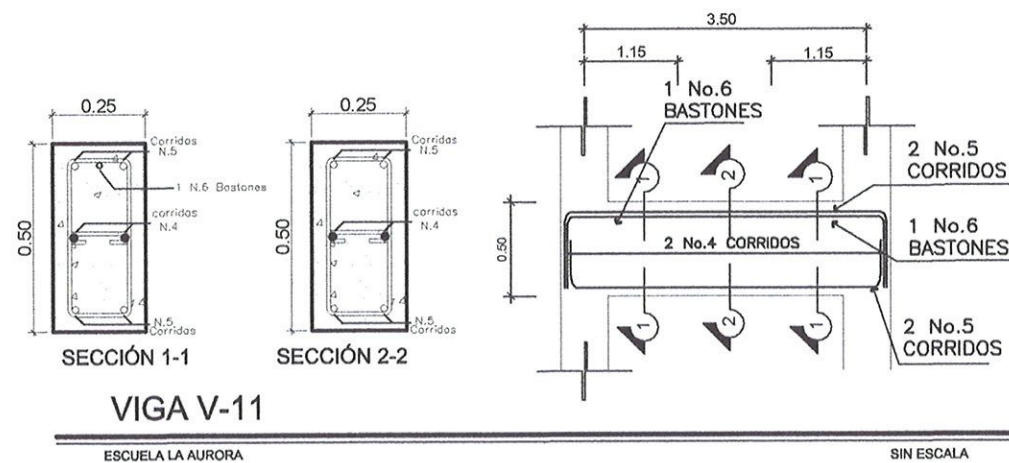
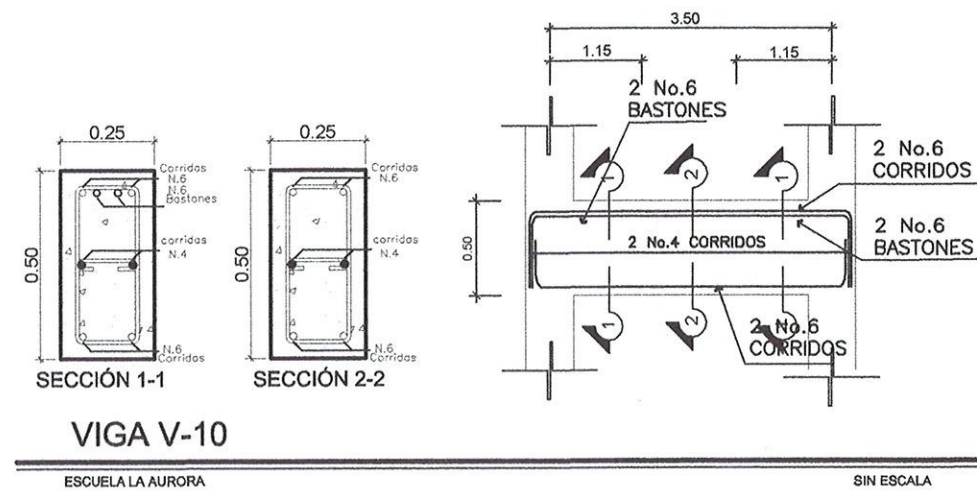
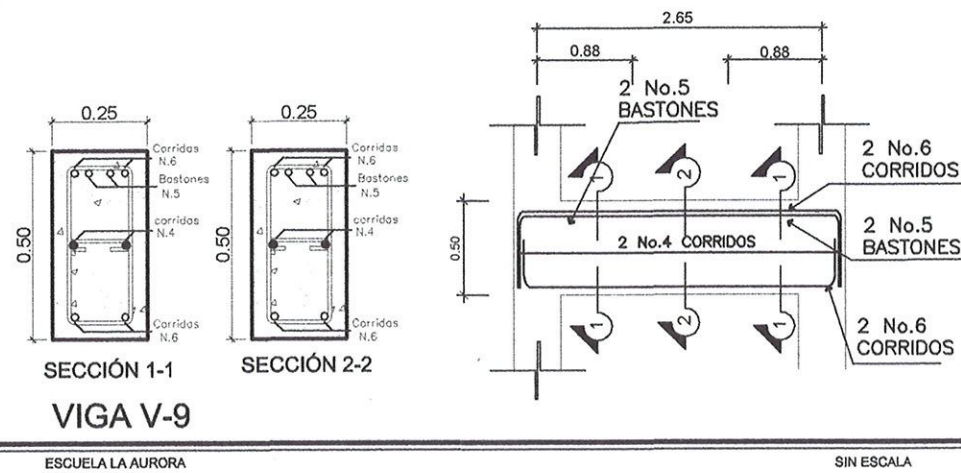
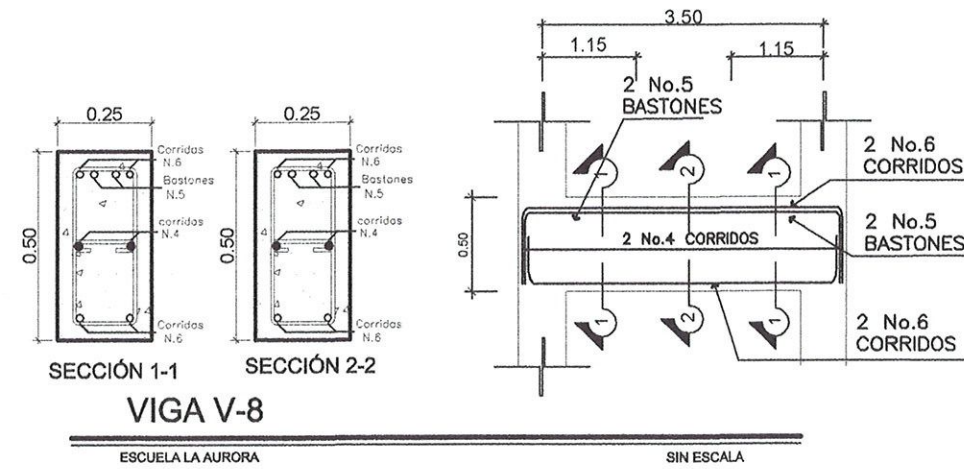
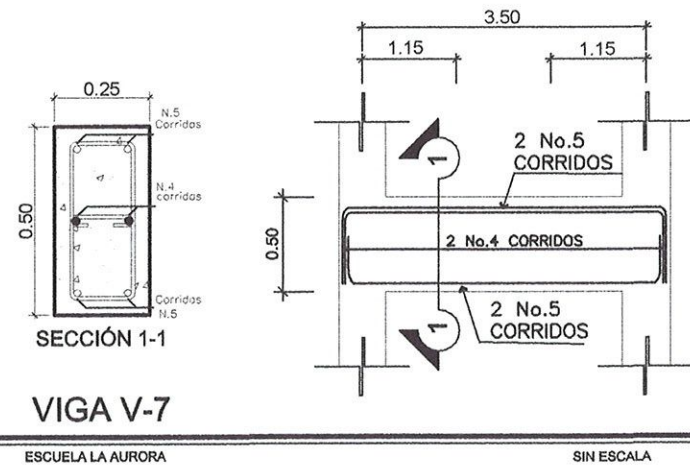


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO:	OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	DETALLES DE VIGAS 1-2 Inga. Christa del Rosario Lasso de Pinto ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería	HOJA:	21
			25



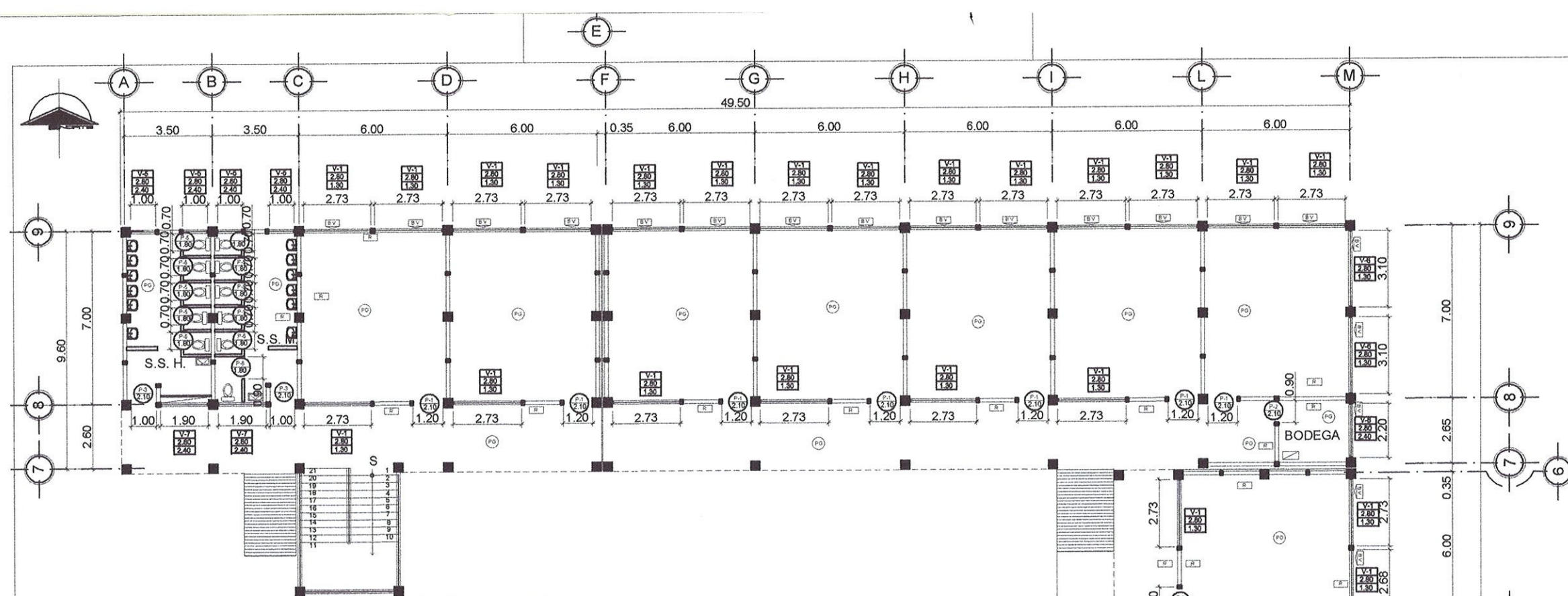


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO	ING. CAR ANTONIO REYES ALVARO	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO	DETALLES DE VIGAS 2-2 Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	HOJA:	22
	ASESOR DE EPS ING. CHRISTA CLASSON DE PINTO		25





PLANTA ACABADOS + PUERTAS Y VENTANAS PRIMER NIVEL

ESCUELA LA AURORA

ESCALA 1 : 125

PLANILLA DE PUERTAS						
TIPO	VANO	DINTEL	ALTO	UNIDADES	PASADOR CON CANDADOS	OBSERVACIONES
P - 1	1.20	2.10	2.10	25	1	METAL + PINTURA ABATIMIENTO HACIA AFUERA 180°
P - 2	0.90	2.10	2.10	2	1	METAL + PINTURA ABATIMIENTO HACIA AFUERA 180°
P - 3	1.00	2.10	2.10	4	1	METAL + PINTURA ABATIMIENTO HACIA AFUERA 180°
P - 4	0.80	2.10	2.10	2	1	METAL + PINTURA ABATIMIENTO HACIA AFUERA 180°
P - 5	0.70	2.10	1.80	20	1	METAL + PINTURA ABATIMIENTO HACIA AFUERA 180°
P - 6	0.90	2.10	1.80	4	1	METAL + PINTURA ABATIMIENTO HACIA AFUERA 180°

PLANILLA DE VENTANAS						
TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	ALTO	UNIDADES	OBSERVACIONES
V - 1	1.30	2.80	2.73	1.50	67	METAL + PINTURA +
V - 2	1.30	2.80	2.60	1.50	2	METAL + PINTURA +
V - 3	2.40	2.80	1.29	0.40	1	METAL + PINTURA +
V - 4	1.30	2.80	1.60	1.50	4	METAL + PINTURA +
V - 5	2.40	2.80	1.00	0.40	8	METAL + PINTURA +
V - 6	1.30	2.80	3.10	1.50	4	METAL + PINTURA +
V - 7	2.40	2.80	1.90	0.40	4	METAL + PINTURA +
V - 8	2.40	2.80	2.20	0.40	2	METAL + PINTURA +

NOTA: ANTES DE FABRICAR PUERTAS Y VENTANAS VERIFICAR MEDIDAS, VERTICALIDAD Y TALLADO EN OBRA

SIMBOLOGIA DE ACABADOS	
	BLOQUE VISTO CON BISA REDONDA DE 10x + 2 MANOS DE LECHADA DE CEMENTO Y CAL PARA SELLAR. POR LOS EL TALLADO DE COLUMNAS Y SOLERAS SE REALIZARA CON UN MORTERO 1:3 ALQUE SE LE AGREGARA UN DE CAL EN UN CERVOPINCE BAH DE ESPESOR
	REPELLO EN AREA DE BLOQUE VISTO
	PISO DE GRANITO
	NOMENCLATURA DE PUERTAS: TIPO DE PUERTA ANCHO DE PUERTA
	NOMENCLATURA DE VENTANAS: TIPO DE VENTANA ALTIMA DE DELAR ALTIMA DE DINTEL ANCHO DE VENTANA

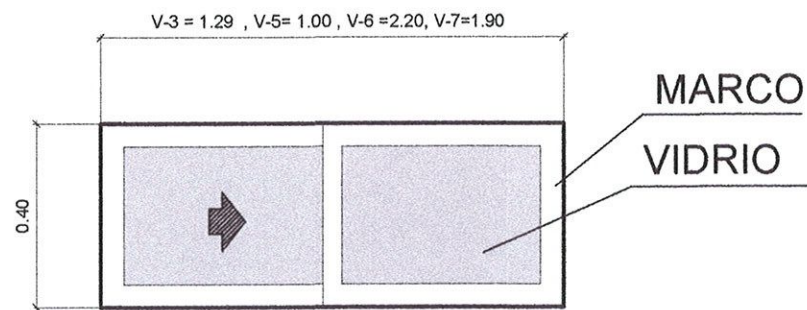
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>	
<b>MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA</b> <b>DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL</b> <b>MICROPARCELAMIENTO LA AURORA</b>	
CALCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA ACABADOS + PUERTAS Y VENTANAS PRIMER NIVEL	HOJA: 23
ASesor DE EPS INGA. CRISTINA CLAROS DE PINTO	

Inga. Cristina del Rosario Claros de Pinto  
 ASESORA SUPERVISORA DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería



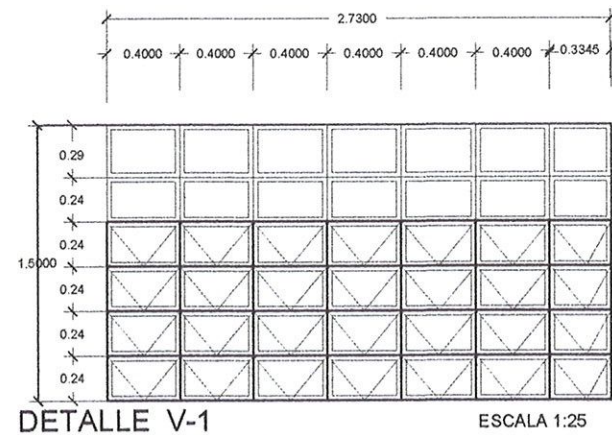






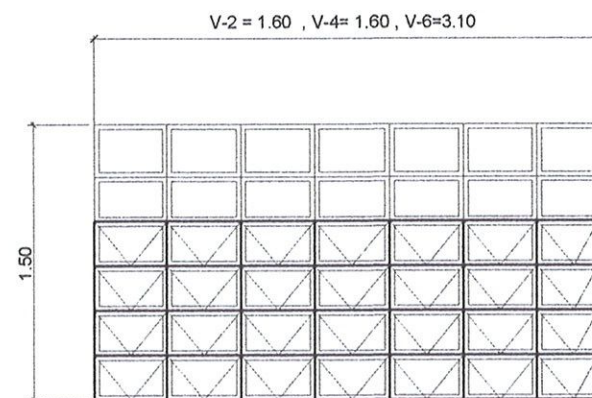
DETALLE V-3, V-5, V-6, V-7

ESCALA 1:10



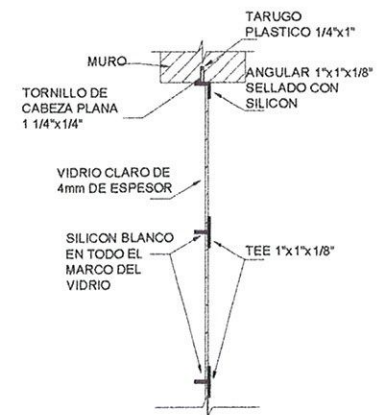
DETALLE V-1

ESCALA 1:25



DETALLE V-2, V-4, V-6

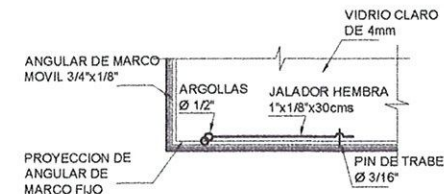
ESCALA 1:25



DETALLE TIPICO

ANCLAJE DE VENTANAS A MUROS

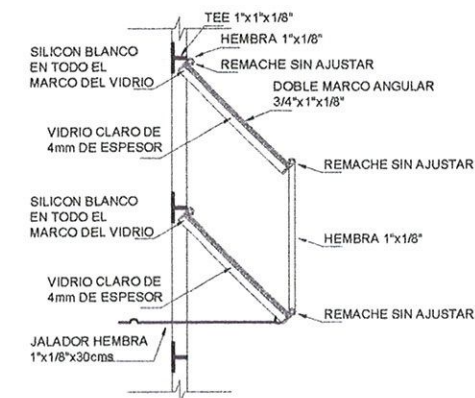
Esc. 1/7.5



DETALLE TIPICO

MARCOS ABATIBLES EN VENTANAS

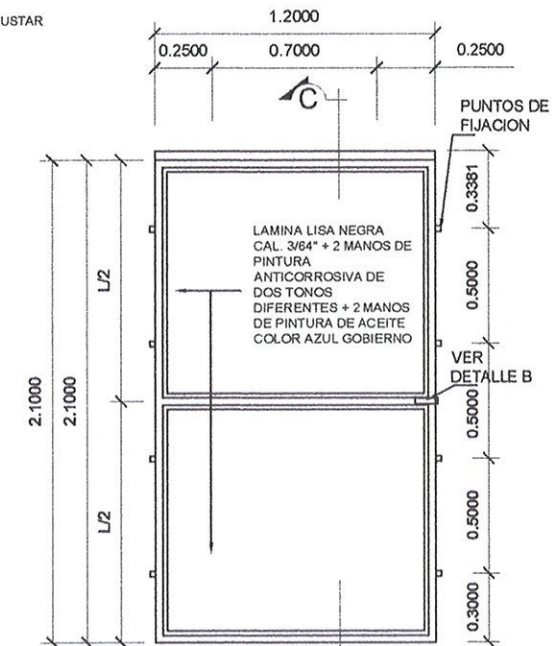
Esc. 1/7.5



DETALLE TIPICO

MARCOS ABATIBLES EN VENTANAS

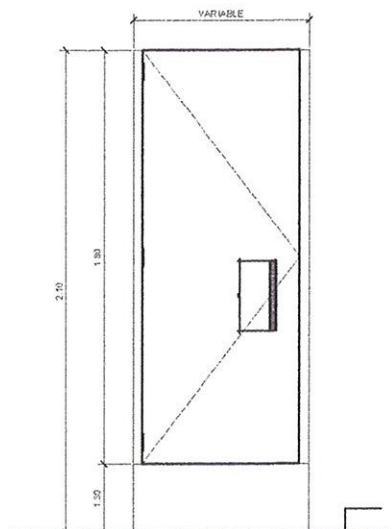
Esc. 1/7.5



DETALLE

PUERTA P-1, P-2, P-3, P-4 (METALICA)

Esc. 1/20



DETALLE P-5, P-6

ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DEL  
MICROPARCELAMIENTO LA AURORA

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA

DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS

HOJA: 25

ASESOR DE EPS: INGA. CRISTA CLASION DE PINTO

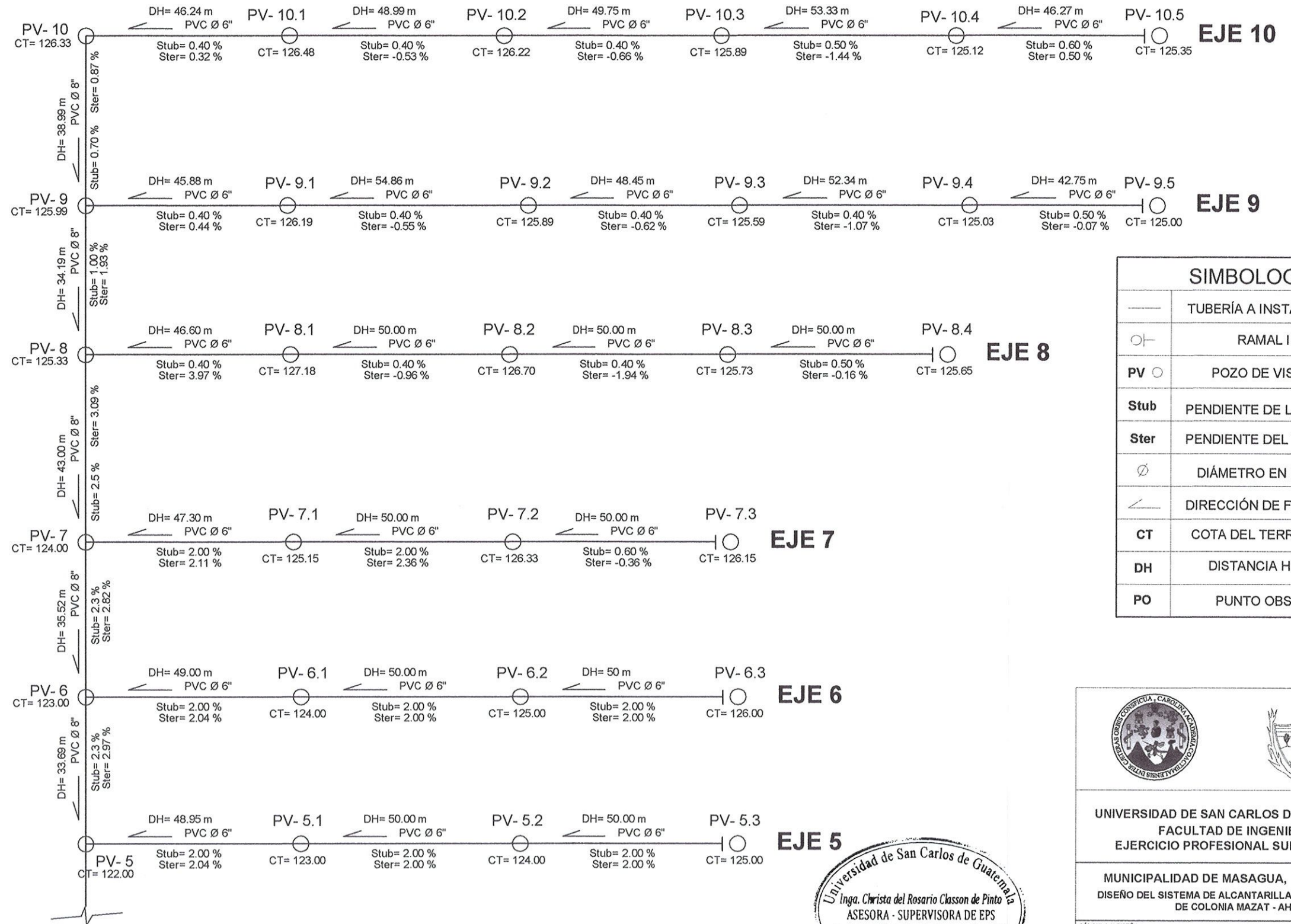
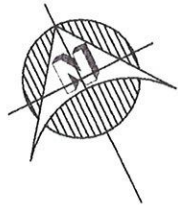
25

Apéndice 2.     **Planos diseño de alcantarillado sanitario de la colonia Mazat-Ahui.**

- Planta general 1-2
- Planta general 2-2
- Perfil ramal principal
- Perfil de ramales 9 y 10
- Perfiles de ramales 3,7 y 8
- Perfiles de ramales 4,5 y 6
- Detalles típicos de pozos de visita
- Detalles de tapaderas de pozos y acometida domiciliar







PLANTA GENERAL

SIMBOLOGÍA	
	TUBERÍA A INSTALAR PVC
	RAMAL INICIAL
	POZO DE VISITA NO.
<b>Stub</b>	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
<b>Ster</b>	PENDIENTE DEL TERRENO
	DIÁMETRO EN PULGADAS
	DIRECCIÓN DE FLUJO
<b>CT</b>	COTA DEL TERRENO (MSNM)
<b>DH</b>	DISTANCIA HORIZONTAL
<b>PO</b>	PUNTO OBSERVADO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

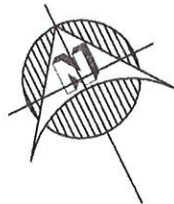
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
DE COLONIA MAZAT - AHUI

CÁLCULO Y DISEÑO:	ESCALA:
OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	INDICADA

CONTENIDO:	HOJA:
PLANTA GENERAL 1-2	1





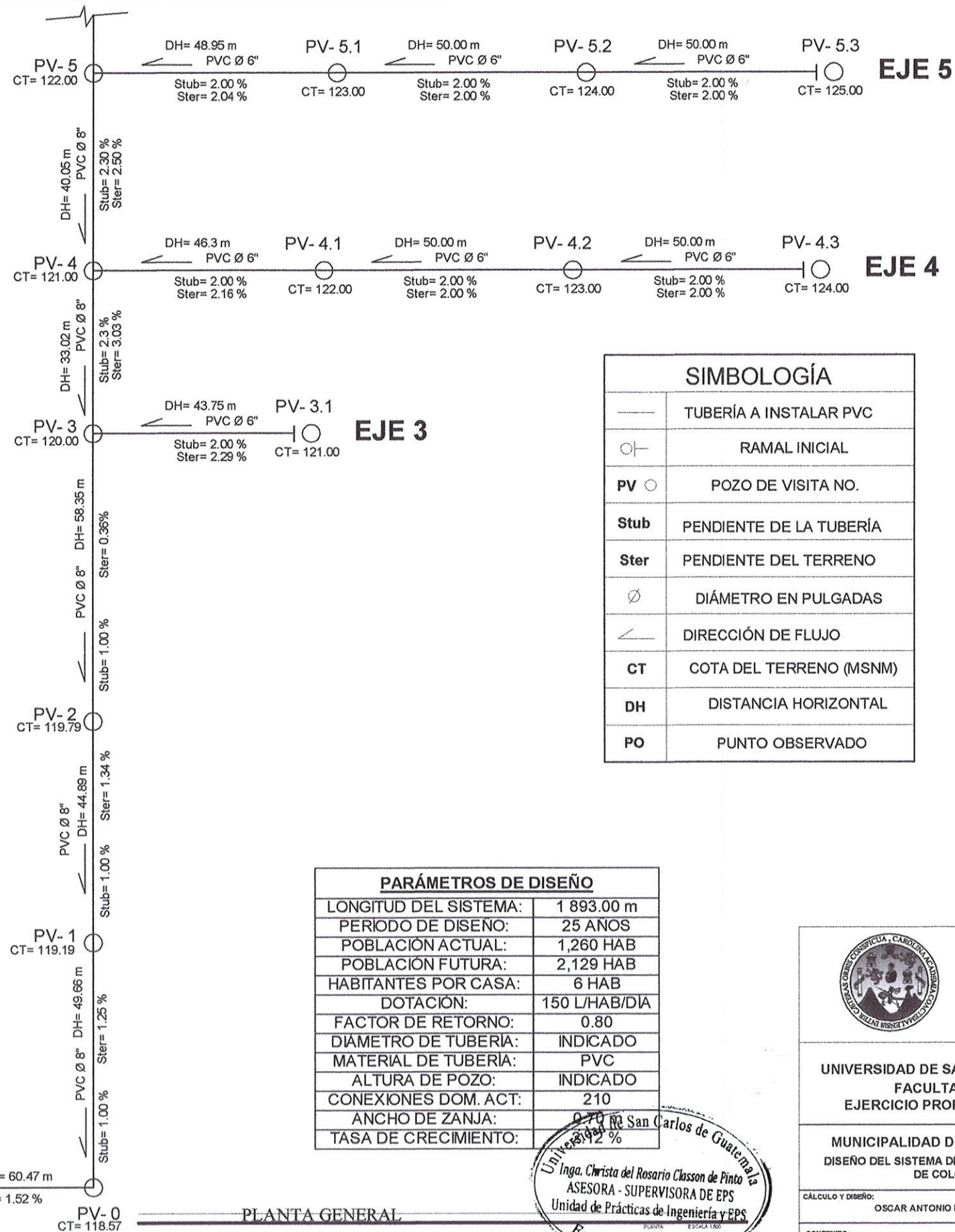
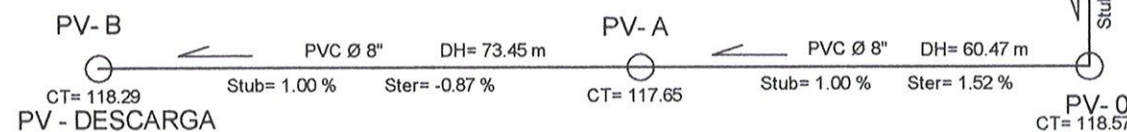


### ESPECIFICACIONES GENERALES:

EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PRESENTE, SE DISEÑO DE TAL FORMA QUE FUNCIONE ÚNICAMENTE POR MEDIO DE LA ACCIÓN DE LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD. A CONTINUACIÓN SE PRESENTAN LOS PARÁMETROS CON LOS QUE SE DISEÑARON EL SISTEMA, PARA ASÍ OBTENER UN ADECUADO FUNCIONAMIENTO Y DURABILIDAD.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

1. LA LIMPIEZA, CHAPEO Y REMOSIÓN SE REALIZARÁ CON UN ANCHO MÍNIMO DE 2.00 METROS, 1.00 METRO PARA CADA LADO DEL EJE DE LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA
2. LAS TUBERÍAS SE INSTALARÁN SIGUIENDO LOS EJES Y TRAMOS QUE INDIQUEN LOS PLANOS. LOS ANCHOS MÍNIMOS DE ZANJA SERÁ DE 70 CENTÍMETROS PARA LOS DIFERENTES DIÁMETROS DE TUBERÍA.
3. CUANDO SE ENCUENTRE ROCA, DEBERÁ SER REMOVIDA DEBAJO DE LA LÍNEA DE PENDIENTE Y SUSTITUYENDO POR LO MENOS 30 CMS DE ESTE MATERIAL POR RELLENO, DE MANERA QUE SE PREVEA UN COLCHÓN DE TIERRA COMPACTO SEGUN EL INCISO 205.06 DEL LIBRO AZUL DE CAMINOS.
4. LA TUBERÍA A UTILIZAR SERÁ BAJO LA NORMA ASTM 949 Y/O ASTM 30334, NO SE UTILIZARÁ TUBERÍA DE DIÁMETRO MENOR QUE LA INDICADA EN LA PLANIFICACIÓN Y DEBERÁ SER COLOCADA Y ALINEADA CON LA MISMA PENDIENTE INDICADA EN LOS PLANOS.
5. LAS CONEXIONES DOMICILIARES ESTAN CONSTITUIDAS POR DOS PARTES: CANDELA DOMICILIAR Y TUBERÍA DE EMPOTRAMIENTO, LA CANDELA DOMICILIAR SERÁ UN TUBO DE CONCRETO DE 1.00 METRO DE LONGITUD Y 12 PULGADAS DE DIÁMETRO, LA TUBERÍA DE EMPOTRAMIENTO SERÁ DE P.V.C. DE 4 PULGADAS DE DIÁMETRO CON UNA PENDIENTE MÍNIMA DE 2% DE MODO QUE LA CONEXIÓN DOMICILIAR SE UNA AL COLECTOR POR MEDIO DE GRAVEDAD
6. EL CONCRETO CICLÓPEO LLEVARÁ UNA PORPORCIÓN DEL 60% DE PIEDRA Y 40% DE MORTERO.
7. SE DEBERÁ INSPECCIONAR QUE NINGUNA TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS PASE POR ENCIMA DE OTRA DE AGUA POTABLE, LA DISTANCIA MÍNIMA DE SEPARACIÓN ENTRE AMBAS TUBERÍAS SERÁ DE 0.20 METROS CUANDO SE CRUZAN Y DE 0.40 METROS CUANDO SON PARALELAS Y EN TODO CASO LA TUBERÍA DE AGUA POTABLE DEBERÁ IR ARRIBA.
8. EL MATERIAL DE RELLENO ALREDEDOR Y DEBAJO DE LA TUBERÍA DEBERÁ SER LIBRE DE FRAGMENTOS DE ROCA, EL APISONAMIENTO DE ESTE MATERIAL SERÁ REALIZADO EN CAPAS DE 15 CENTÍMETROS, LA COMPACTACIÓN DEBE SER DE 95% SU DENSIDAD MÁXIMA COMO LO DETERMINA EL MÉTODO T 99-49 DE LA A.A.S.H.T.O. O SU EQUIVALENTE.
9. LA TAPADERA DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁ SER IDENTIFICADA CON LA NOMENCLATURA DE LA RED, DEBERÁ SER UTILIZADA LA TAPADERA SEGUN EL TIPO DE CIRCULACIÓN SOBRE LA RED, PEATONAL O VEHICULAR, LA TAPADERA DEBERÁ QUEDAR A RAS DEL NIVEL DEL SUELO.
10. SE UTILIZARÁ LADRILLO TAYUYO DE DIMENSIONES: 8.5 X 11 X 23CMS, CONFORME NORMA ASTM C-72 CON UNA RESISTENCIA DE 84 KG/CM<sup>2</sup>.
11. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN F' C DE 210 KG/CM<sup>2</sup> DE PROPORCIÓN: 1:2:3
12. EL MORTERO UTILIZADO DEBERÁ SER DE CEMENTO + ARENA DE RÍO DE PROPORCIÓN: 1:3
13. LA RESISTENCIA A TENSIÓN DEL ACERO A UTILIZAR SERÁ DE FY= 2810 KG/CM<sup>2</sup>
14. LA RELACIÓN AGUA CEMENTO MÁXIMA PERMISIBLE ES DE 29.3 LTS/SACO DE CEMENTO
15. EL AGREGADO GRUESO (PIEDRÍN) DEBERÁ TENER UN DIÁMETRO MÍNIMO DE  $\frac{3}{4}$ " Y UN MÁXIMO DE 1  $\frac{1}{2}$ ".



SIMBOLOGÍA	
—	TUBERÍA A INSTALAR PVC
○	RAMAL INICIAL
PV ○	POZO DE VISITA NO.
Stub	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
Ster	PENDIENTE DEL TERRENO
Ø	DIÁMETRO EN PULGADAS
↗	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	COTA DEL TERRENO (MSNM)
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PO	PUNTO OBSERVADO

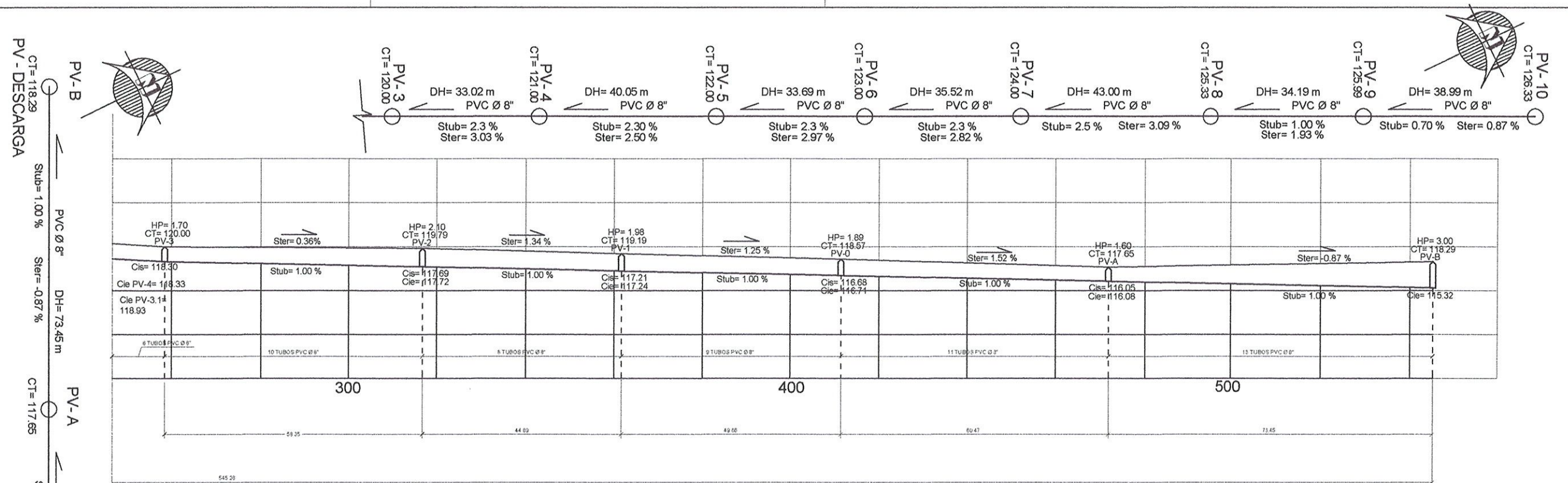
PARÁMETROS DE DISEÑO	
LONGITUD DEL SISTEMA:	1 893.00 m
PERIODO DE DISEÑO:	25 AÑOS
POBLACIÓN ACTUAL:	1,260 HAB
POBLACIÓN FUTURA:	2,129 HAB
HABITANTES POR CASA:	6 HAB
DOTACIÓN:	150 L/HAB/DIA
FACTOR DE RETORNO:	0.80
DIÁMETRO DE TUBERÍA:	INDICADO
MATERIAL DE TUBERÍA:	PVC
ALTURA DE POZO:	INDICADO
CONEXIONES DOM. ACT:	210
ANCHO DE ZANJA:	0.70 m
TASA DE CRECIMIENTO:	12 %

PLANTA GENERAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE COLONIA MAZAT - AHUI	
CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA GENERAL	HOJA: 2
Inga. Christa del Rosario Clason de Pinto ASESORA DE EPS UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS FACULTAD DE INGENIERÍA	

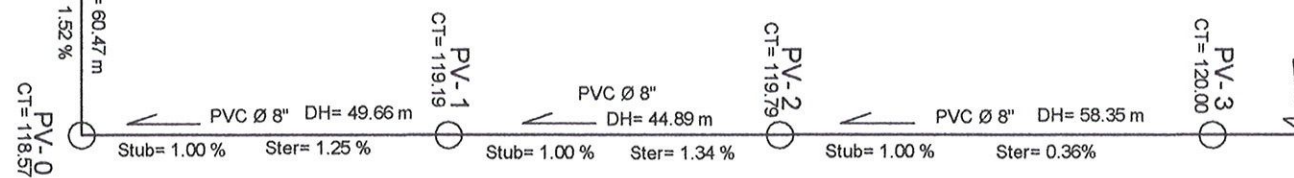




## PLANTA - PERFIL RAMAL PRINCIPAL

PLANTA: ESCALA 1:1000

PERFIL: ESCALA VERTICAL 1:250  
ESCALA HORIZONTAL 1:500



## PLANTA - PERFIL RAMAL PRINCIPAL

PLANTA: ESCALA 1:1000

PERFIL: ESCALA VERTICAL 1:250  
ESCALA HORIZONTAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

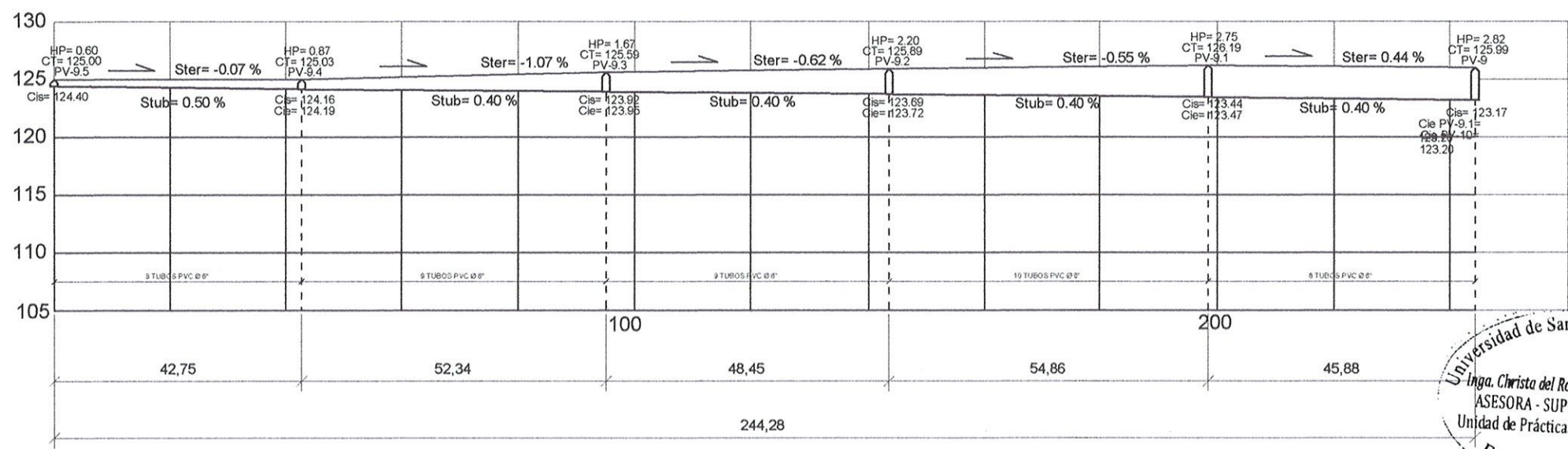
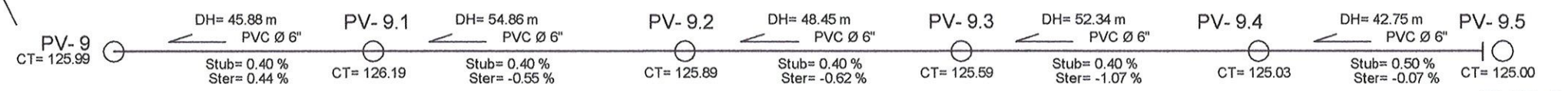
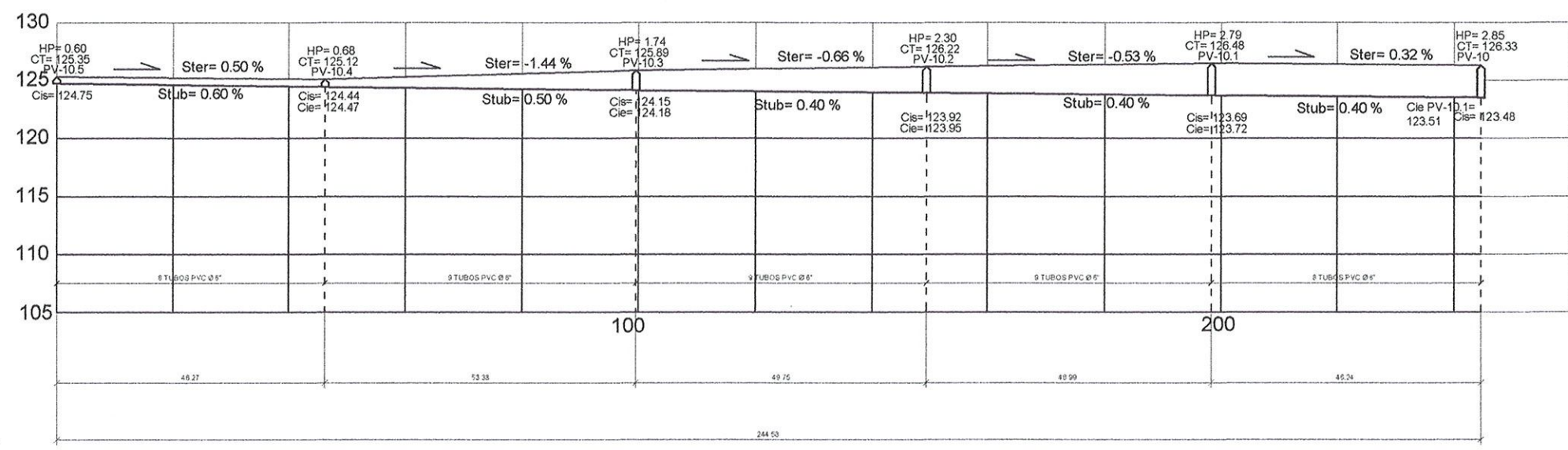
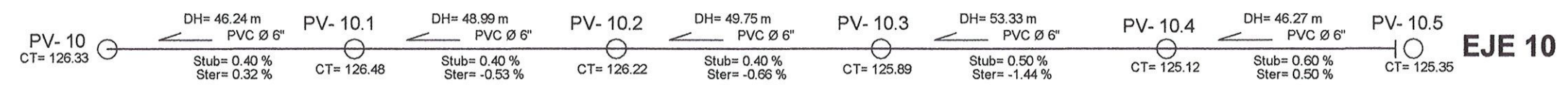
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
DE COLONIA MAZAT - AHUI

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA  
ESCALA: INDICADA



CONTENIDO: PERFIL DE RAMAL PRINCIPAL Y RAMALES 9 Y 10  
HOJA: 3

*Christa del Rosario Classon de Pinto*  
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería  
8





SIMBOLOGÍA	
	TUBERÍA A INSTALAR PVC
	RAMAL INICIAL
	POZO DE VISITA NO.
<b>Stub</b>	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
<b>Ster</b>	PENDIENTE DEL TERRENO
	DIÁMETRO EN PULGADAS
	DIRECCIÓN DE FLUJO
<b>CT</b>	COTA DEL TERRENO (MSNM)
<b>DH</b>	DISTANCIA HORIZONTAL
<b>PO</b>	PUNTO OBSERVADO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

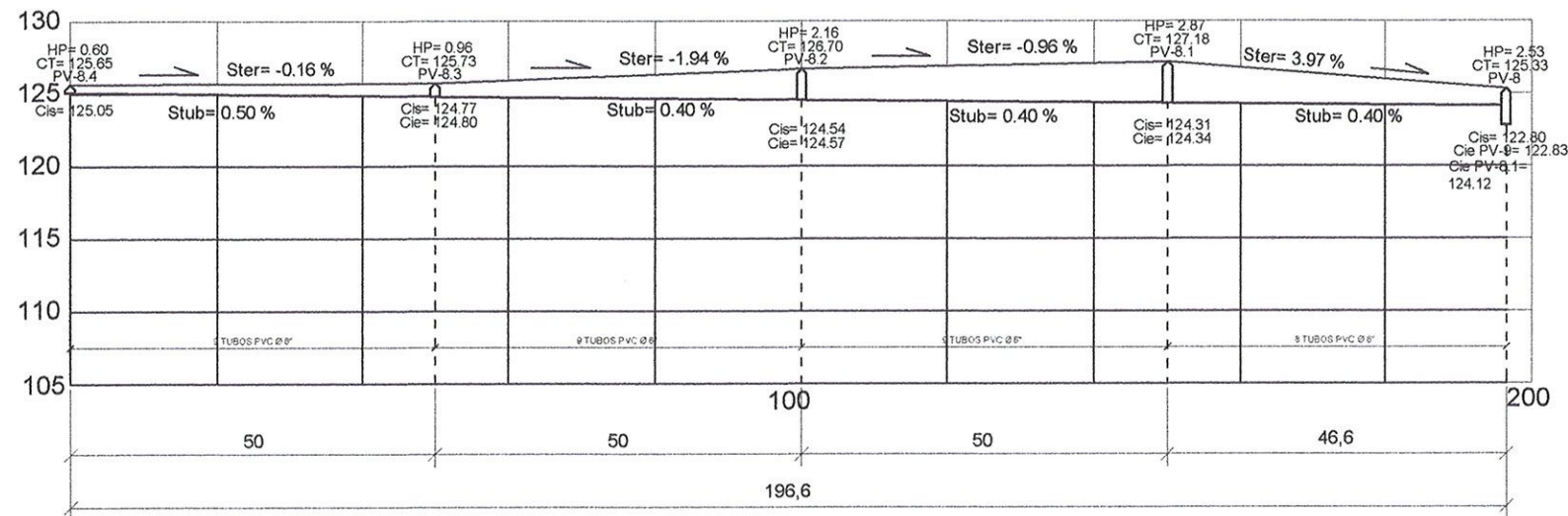
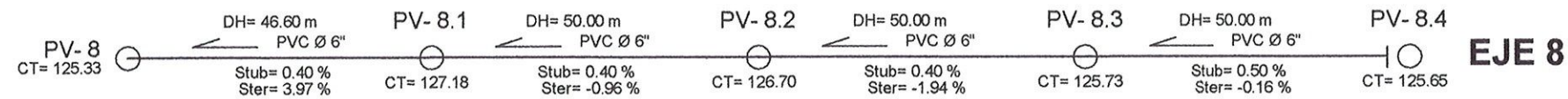
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
DE COLONIA MAZAT - AHUI

CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PERFIL DE RAMAL PRINCIPAL Y RAMALES 9 Y 10	HOJA: 4

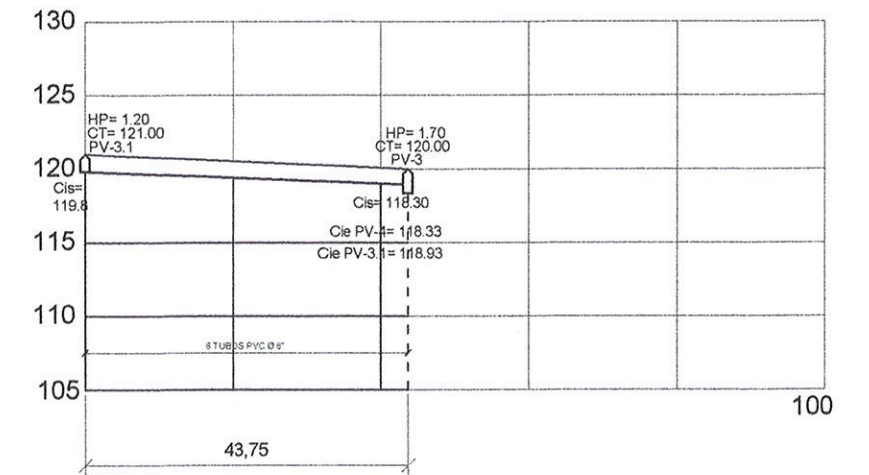
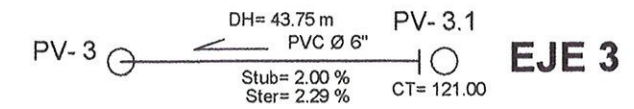
ASESORA DE EPS  
ING. CHRISTA CLASSON DE PINTO

8



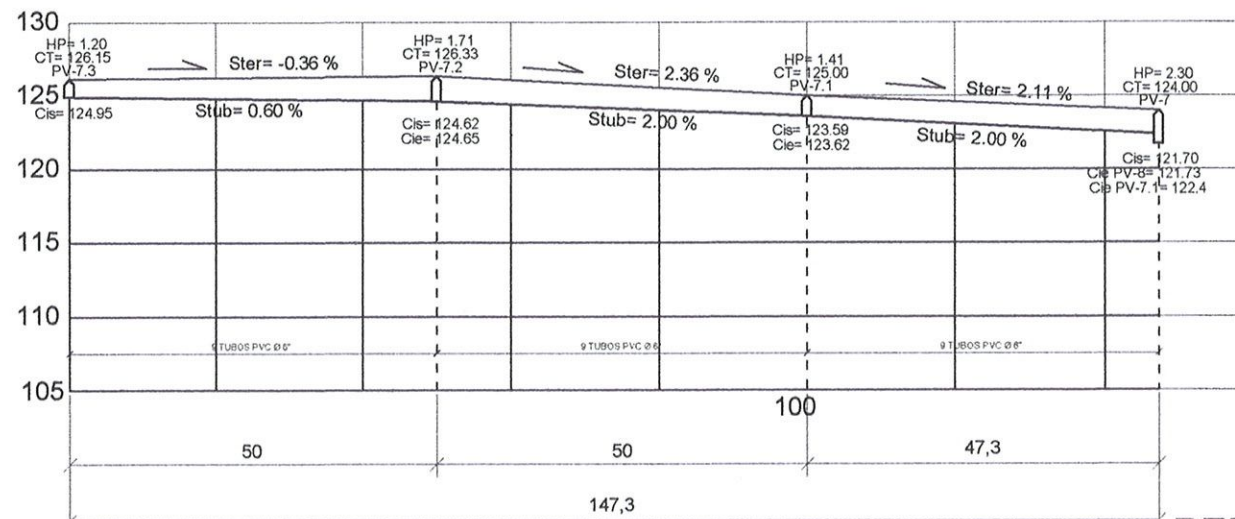
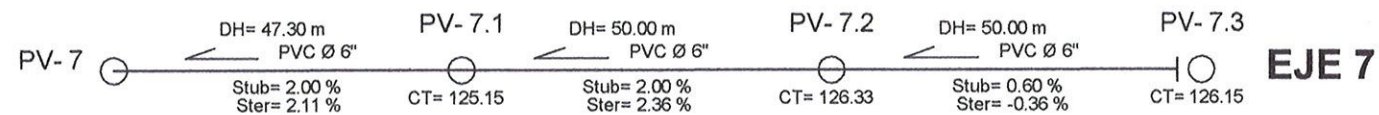


**PERFIL EJE 8**  
ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



**PERFIL EJE 3**

ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



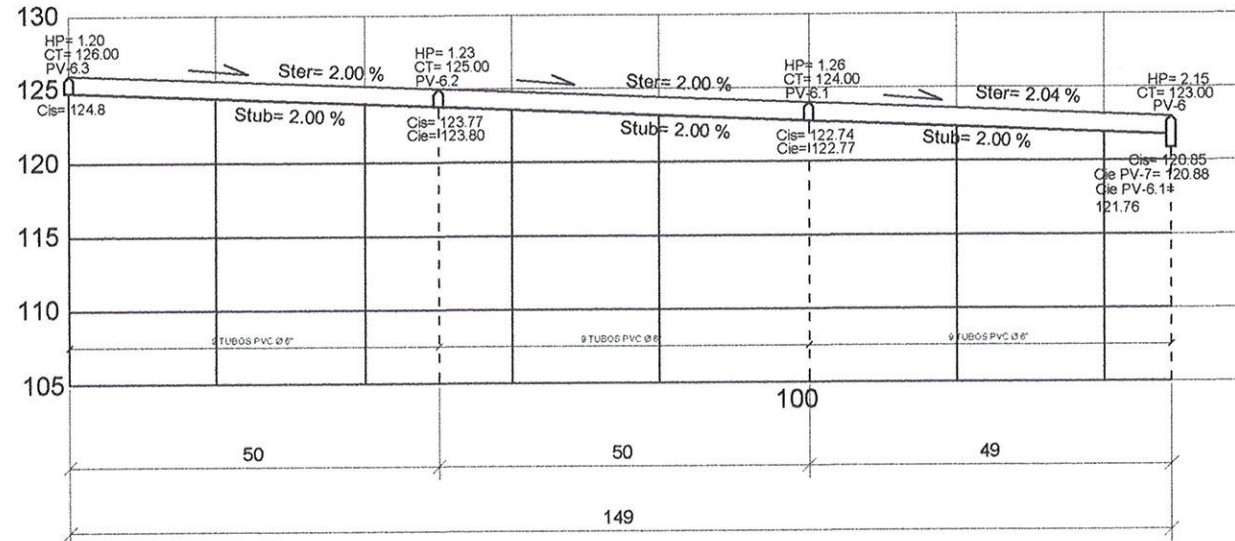
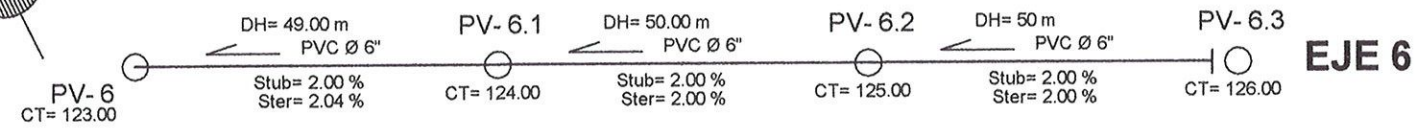
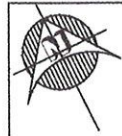
**PERFIL EJE 7**  
ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

SIMBOLOGÍA	
—	TUBERÍA A INSTALAR PVC
○—	RAMAL INICIAL
PV ○	POZO DE VISITA NO.
Stub	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
Ster	PENDIENTE DEL TERRENO
Ø	DIÁMETRO EN PULGADAS
↘	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	COTA DEL TERRENO (MSNM)
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PO	PUNTO OBSERVADO

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Christina del Rosario Chasson de Pinto  
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

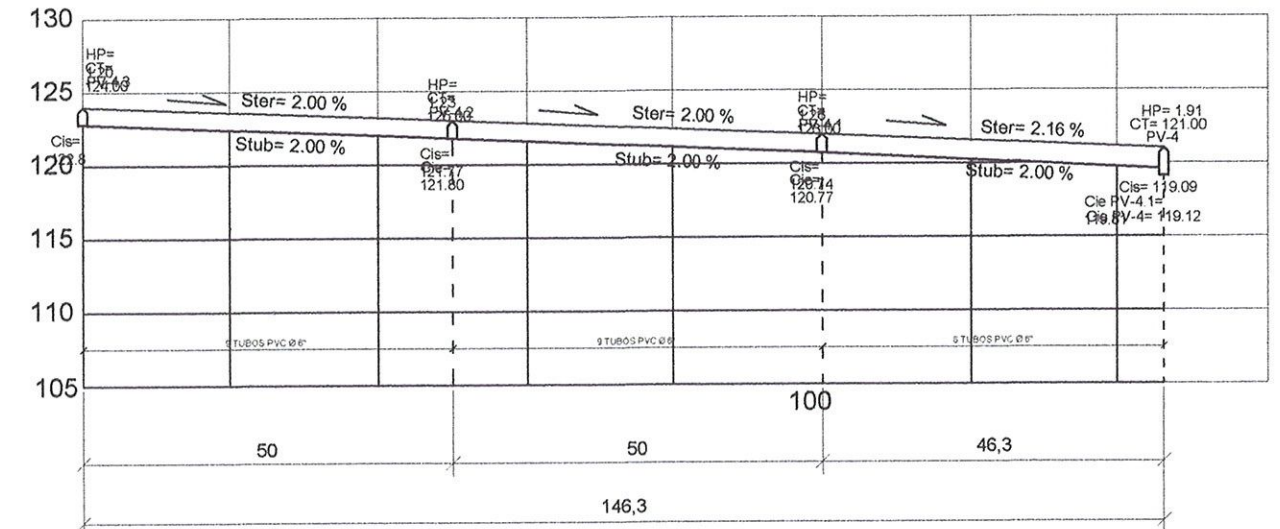
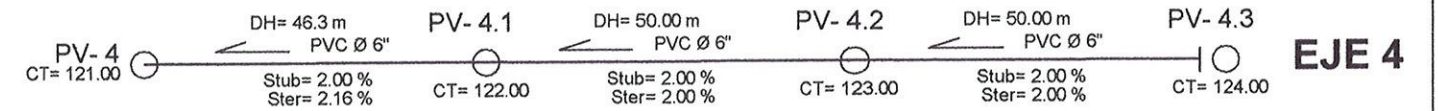
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE COLONIA MAZAT - AHUI	
CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PERFIL DE RAMAL 3,7 y 8	HOJA: 5 8





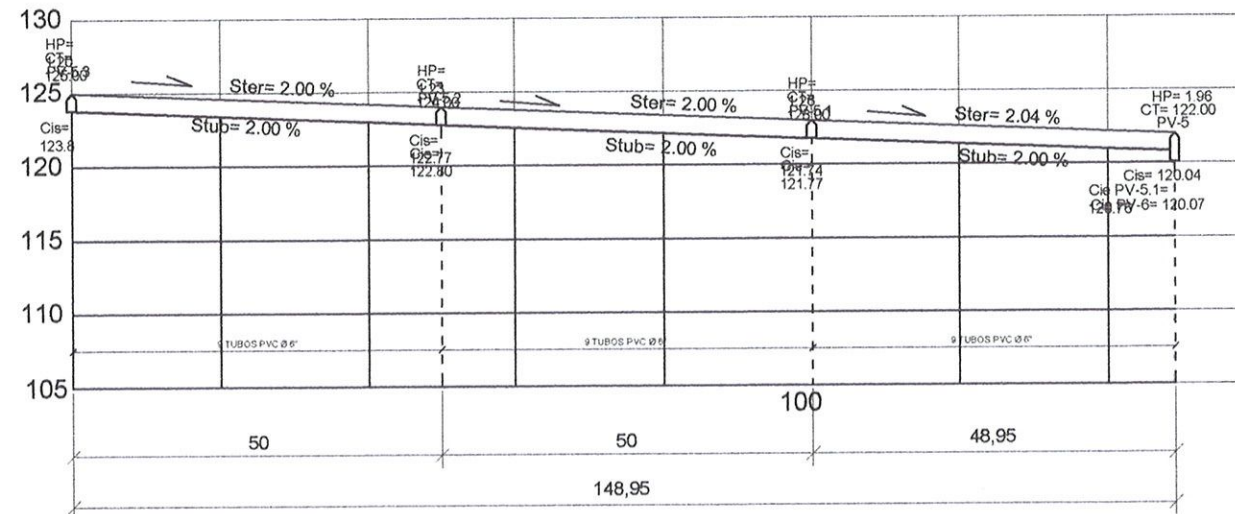
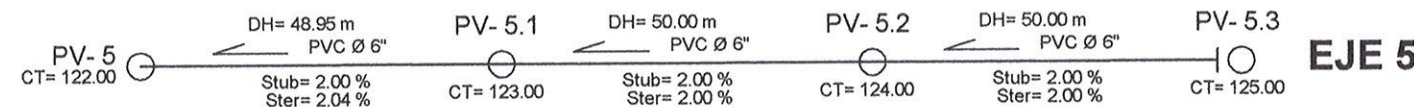
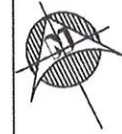
**PERFIL EJE 6**

ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



**PERFIL EJE 4**

ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



**PERFIL EJE 5**

ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000

**SIMBOLOGÍA**

—	TUBERÍA A INSTALAR PVC
○	RAMAL INICIAL
PV ○	POZO DE VISITA NO.
Stub	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
Ster	PENDIENTE DEL TERRENO
Ø	DIÁMETRO EN PULGADAS
↗	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	COTA DEL TERRENO (MSNM)
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PO	PUNTO OBSERVADO



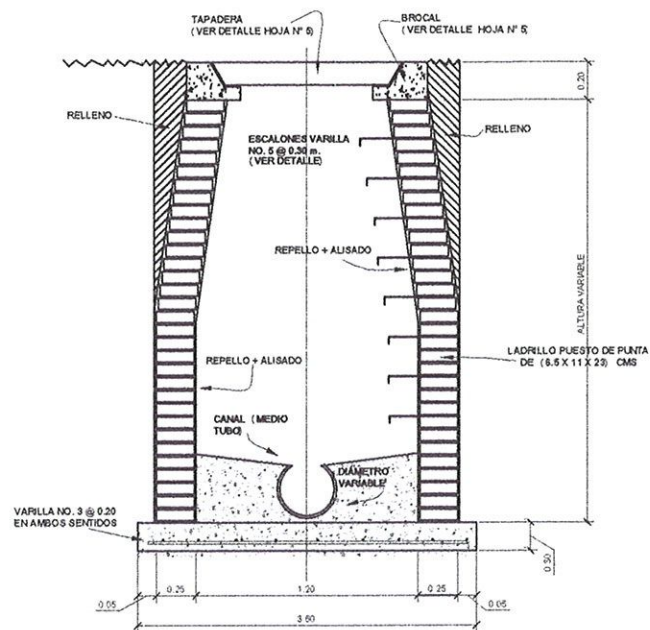
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
DE COLONIA MAZAT - AHUI

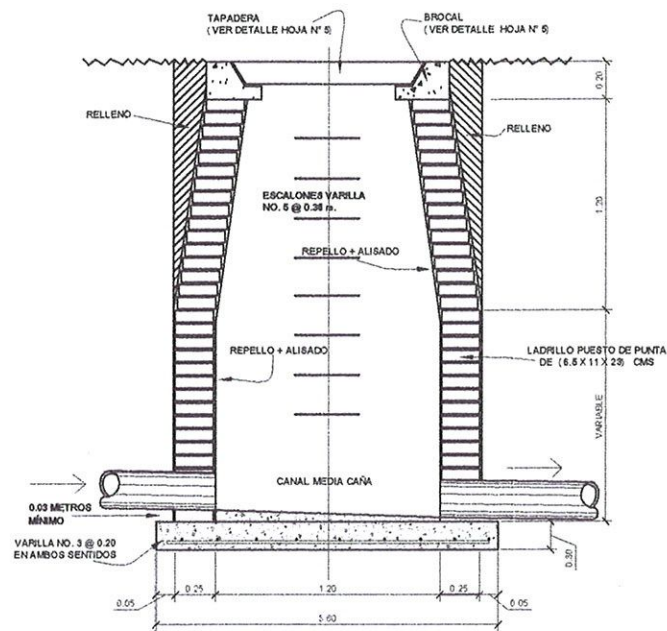
CÁLCULO Y DISEÑO:	OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PERFIL DE RAMAL 4,5 y 6	HOJA:	6 8

ASESOR DE EPS  
ING. CRISTINA GARCIA DE PINTO

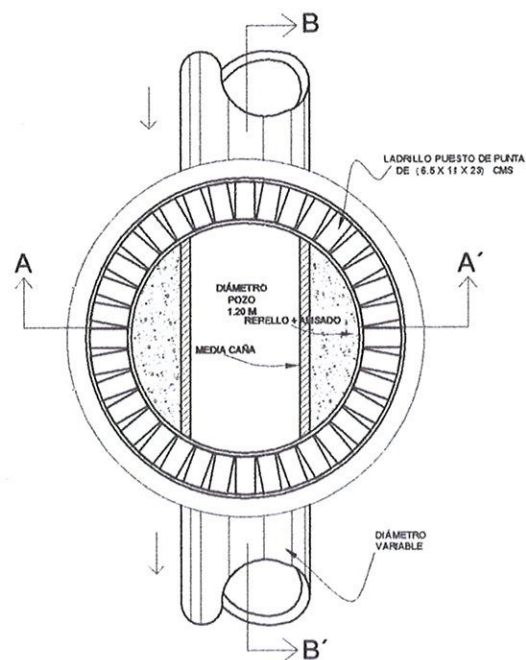




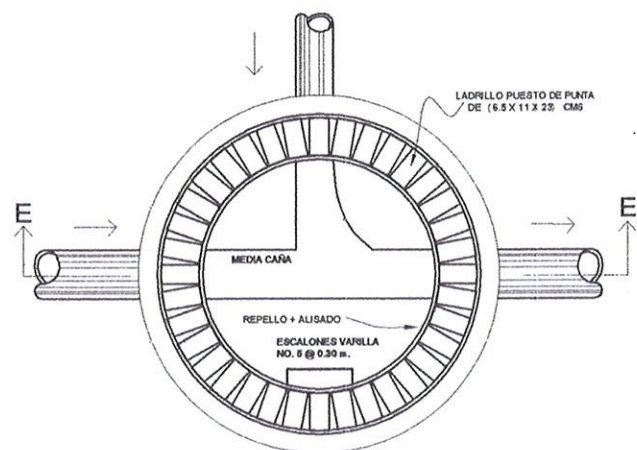
SECCION A-A'  
ESCALA 1/20



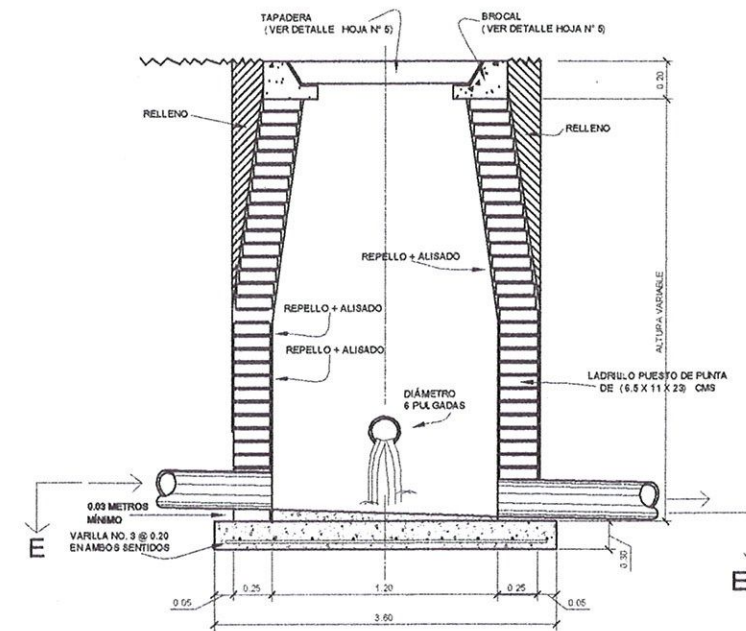
SECCION B-B'  
ESCALA 1/20



PLANTA  
ESCALA 1/20



SECCIÓN E-E'  
ESCALA 1/20



DETALLE DE POZO  
CON 2 ENTRADAS  
ESCALA 1/20

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

##### MORTERO:

1. EL CEMENTO A UTILIZAR DEBE SER PORTLAND TIPO 1, ASTM C-150.
2. EL AGUA A UTILIZAR DEBE SER LIMPIA Y LIBRE DE CUALQUIER SUSTANCIA DAÑINA.
3. SE UTILIZARÁ ARENA DE RÍO SECA, ASTM C-144C

##### TUBERÍA:

4. LAS UNIONES REALIZADAS ENTRE TRAMOS DE TUBERÍA, ASÍ COMO ENTRE TUBOS Y CONEXIONES, CUMPLEN CON LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ASTM D3212. EL EMPAQUE DE HULE UTILIZADO PARA EL SELLO ENTRE TUBERÍAS, ENTRE TUBOS Y CONEXIONES CUMPLEN CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ASTM F477.
5. TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALINEADA Y CON LA PENDIENTE ESPECIFICADA EN PLANOS.
6. NO DEBE UTILIZARSE TUBERÍA DE DIÁMETRO MENOR A LO ESPECIFICADO EN PLANOS.
7. TODA LA TUBERÍA DEBERÁ CUMPLIR CON LA NORMA ASTM F949.

##### NOTAS:

8. EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO PARA LA BASE SERÁ DE 7.5 CM Y DE 2 A 4 CM PARA LA TAPADERA. (ACI 318S-05 CAPÍTULO 7, SECCIÓN 7.7.1 (A) Y (C)).



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
DE COLONIA MAZAT - AHUI

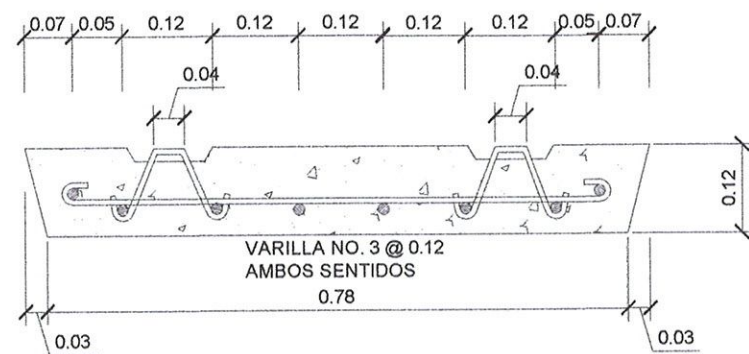
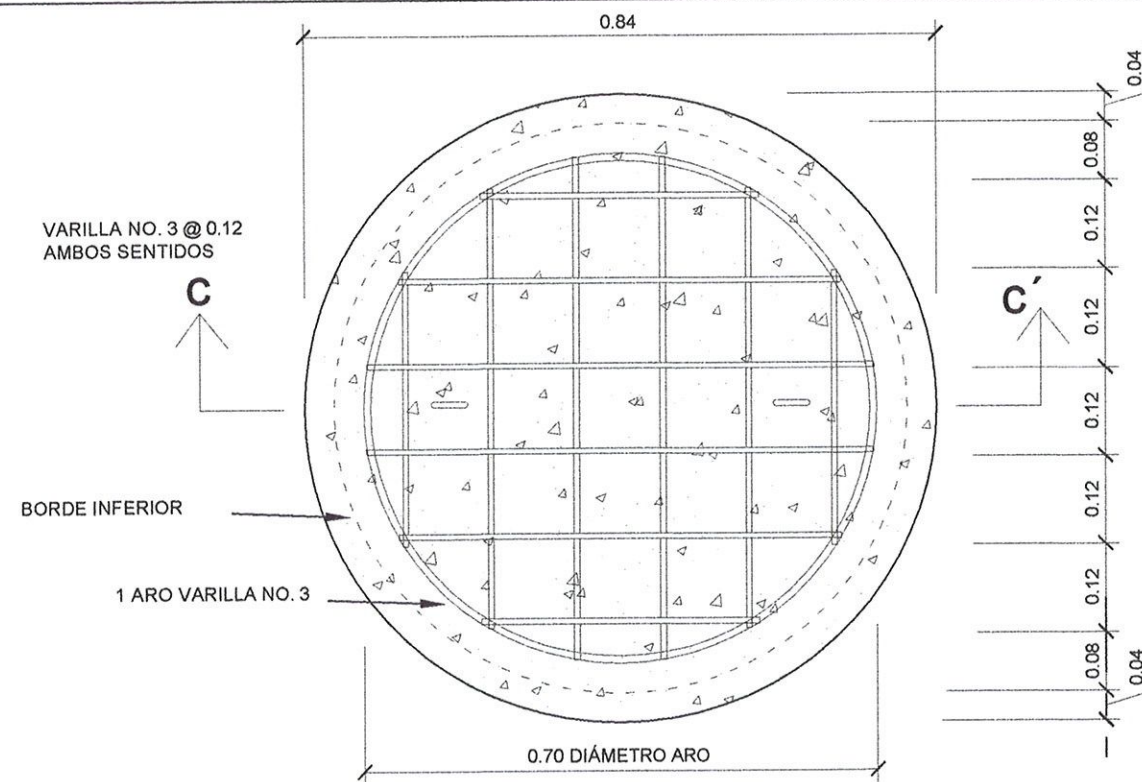
CÁLCULO Y DISEÑO: OSCAR ANTONIO REYES ALVARADO  
COORDINADOR (A) EPS  
CONTENIDO: ÁREA INFERAESTRUCTURA  
DETALLES TÍPICOS DE POZOS DE VISITA  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Escuela de Ingeniería

ESCALA:  
INDICADA

HOJA:

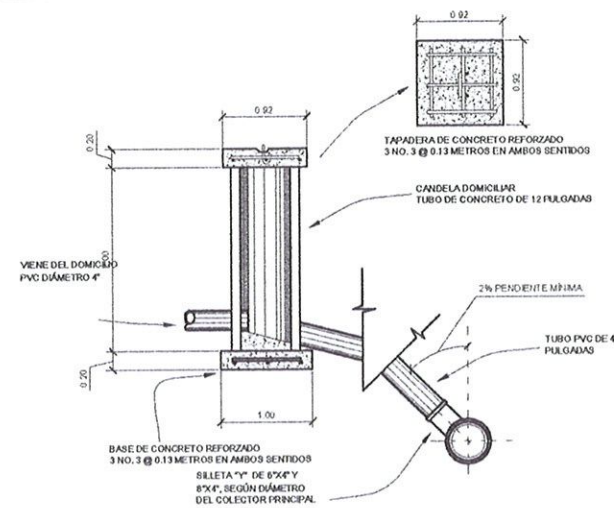
7  
8



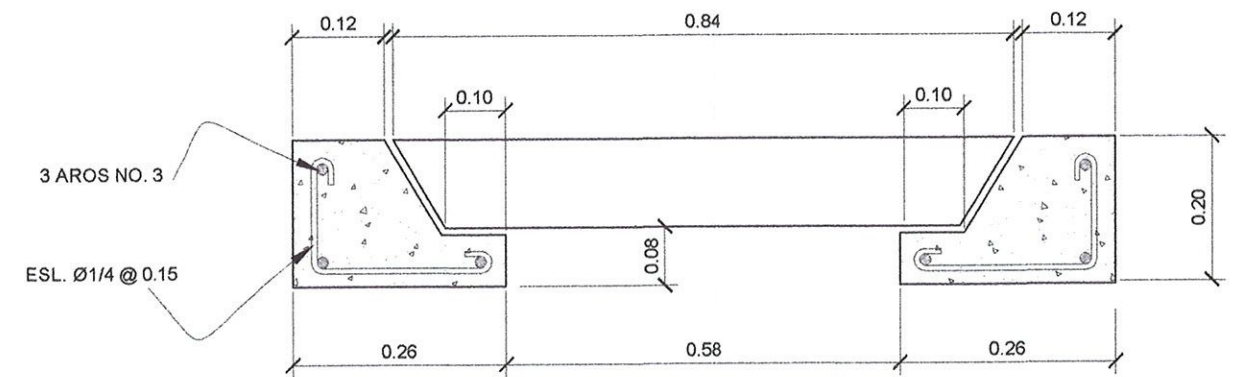


**TAPADERA DE POZO,**

ESCALA 1/20

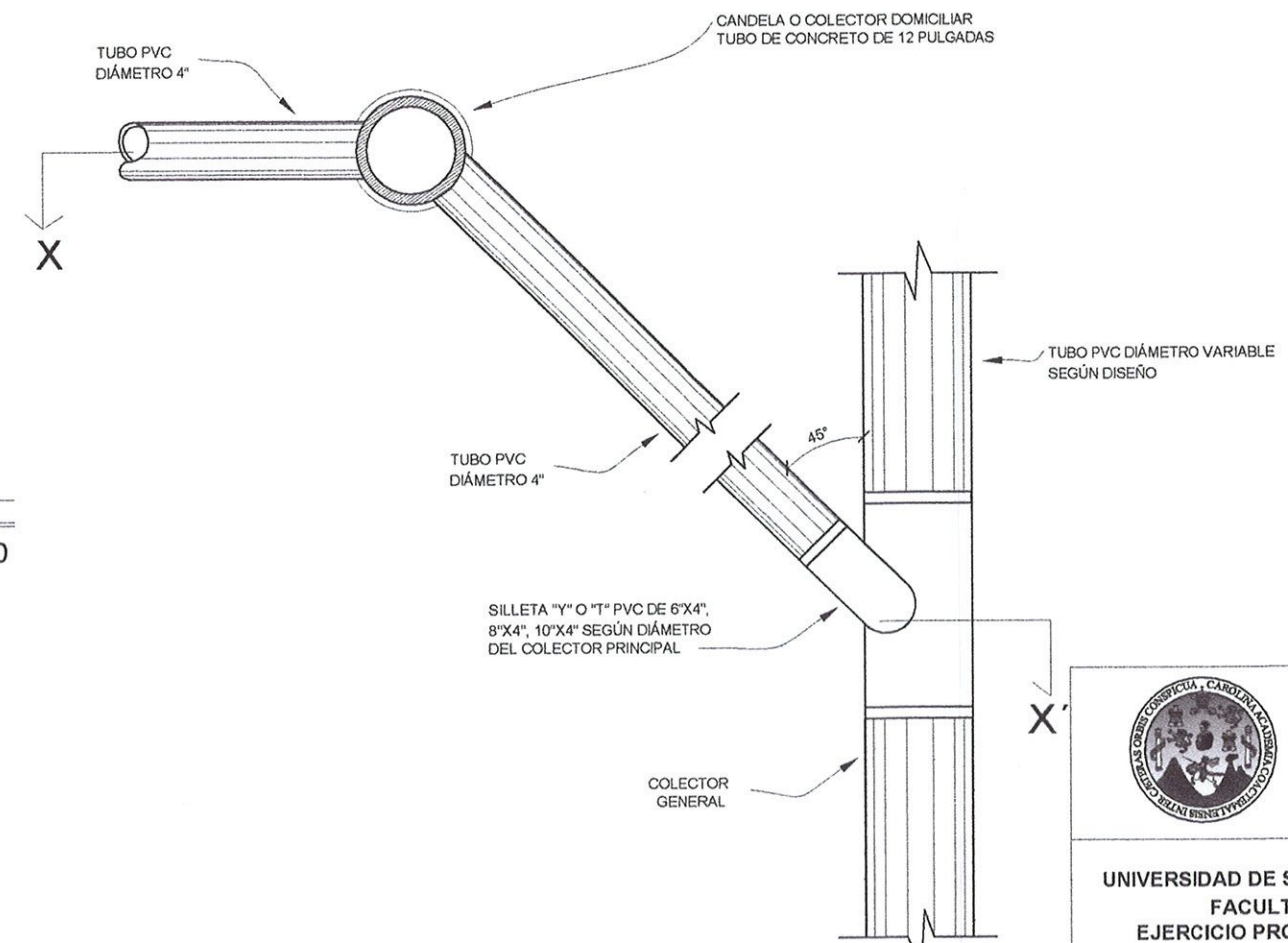


**SECCIÓN X-X'**



**DETALLE DE BROCAL POZO**




ESCALA 1/20



**ACOMETIDA DOMICILIAR**

VISTA EN PLANTA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Inga. Christa del Rosario Chasson de Pinto  
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

 	
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>	
<b>MUNICIPALIDAD DE MASAGUA, ESCUINTLA</b> <b>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO</b> <b>DE COLONIA MAZAT - AHUI</b>	
<b>CÁLCULO Y DISEÑO:</b> OSCAR ANTONIO REYES ALVAJARA	<b>ESCALA:</b> INDICADA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE TAPADERAS DE POZOS Y ACOMETIDA DOMICILIAR	<b>HOJA:</b> 8
	

Apéndice 3. **Tablas resumen del cálculo del diseño hidráulico del alcantarillado sanitario.**

.





DE PV	A PV	COTAS DEL TERRENO		DH (m)	S%TERRENO	ϕ (pulg)	S%TUBERIA	COTAS INVERT		ALTURA DE POZO
		INICIO	FINAL					Cis	Cie	
10	9	126.33	125.99	38.99	0.87	8	0.70	123.48	123.20	2.85
9	8	125.99	125.33	34.19	1.93	8	1.00	123.17	122.83	2.82
8	7	125.33	124.00	43	3.09	8	2.50	122.80	121.73	2.53
7	6	124.000	123.00	35.52	2.82	8	2.30	121.70	120.88	2.30
6	5	123.000	122.00	33.69	2.97	8	2.30	120.85	120.07	2.15
5	4	122.000	121.00	40.05	2.50	8	2.30	120.04	119.12	1.96
4	3	121.000	120.00	33.02	3.03	8	2.30	119.09	118.33	1.91
3	2	120.000	119.79	58.35	0.36	8	1.00	118.30	117.72	1.70
2	1	119.79	119.19	44.89	1.34	8	1.00	117.69	117.24	2.10
1	0	119.19	118.57	49.66	1.25	8	1.00	117.21	116.71	1.98
0	A	118.57	117.65	60.47	1.52	8	1.00	116.68	116.08	1.89
A	B	117.65	118.29	73.45	-0.87	8	1.00	116.05	115.32	1.60

								INTEGRACION DE CAUDALES													
DE PV	A PV	VIVIENDAS		No. DE HABITANTES		FH		Qdom		Qilicito		Qinfiltr		Qcom	Qind	Qsan		fqm	fqm	q DE DISEÑO	
		LOCAL	ACUM.	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA			ACTUAL	FUTURA			utilizar	ACTUAL
10	9	23	23	138	234.00	4.20257413	4.12239652	0.19166667	0.325	0.09583333	0.1625	0.08	0.08	0	0	0.3675	0.5675	0.002425	0.002	1.15991046	1.92928157
9	8	42	65	390	659.00	4.02735444	3.90952128	0.54166667	0.915277778	0.27083333	0.45763889	0.08	0.08	0	0	0.8925	1.45291667	0.002205	0.002	3.14133646	5.15274904
8	7	32	97	582	984.00	3.93939231	3.8045053	0.80833333	1.366666667	0.40416667	0.68333333	0.08	0.08	0	0	1.2925	2.13	0.002165	0.002	4.58545264	7.48726644
7	6	28	125	750	1268.00	3.87709143	3.73114507	1.04166667	1.761111111	0.52083333	0.88055556	0.08	0.08	0	0	1.6425	2.72166667	0.002146	0.002	5.81563715	9.46218389
6	5	28	153	918	1552.00	3.8236491	3.66880531	1.275	2.155555556	0.6375	1.07777778	0.08	0.08	0	0	1.9925	3.31333333	0.002135	0.002	7.02021974	11.3879717
5	4	24	177	1062	1795.00	3.78300483	3.62183278	1.475	2.493055556	0.7375	1.24652778	0.08	0.08	0	0	2.2925	3.81958333	0.002128	0.002	8.03510227	13.0023797
4	3	25	202	1212	2048.00	3.74460901	3.57775451	1.68333333	2.844444444	0.84166667	1.42222222	0.08	0.08	0	0	2.605	4.34666667	0.002122	0.002	9.07693223	14.6544825
3	2	8	210	1260	2129.00	3.73304199	3.56452091	1.75	2.956944444	0.875	1.47847222	0.08	0.08	0	0	2.705	4.51541667	0.002121	0.002	9.40726582	15.17773
2	1	0	210	1260	2129.00	3.73304199	3.56452091	1.75	2.956944444	0.875	1.47847222	0.08	0.08	0	0	2.705	4.51541667	0.002121	0.002	9.40726582	15.17773
1	0	0	210	1260	2129.00	3.73304199	3.56452091	1.75	2.956944444	0.875	1.47847222	0.08	0.08	0	0	2.705	4.51541667	0.002121	0.002	9.40726582	15.17773
0	A	0	210	1260	2129.00	3.73304199	3.56452091	1.75	2.956944444	0.875	1.47847222	0.08	0.08	0	0	2.705	4.51541667	0.002121	0.002	9.40726582	15.17773
A	B	0	210	1260	2129.00	3.73304199	3.56452091	1.75	2.956944444	0.875	1.47847222	0.08	0.08	0	0	2.705	4.51541667	0.002121	0.002	9.40726582	15.17773

DE PV	A PV	SECCION LLENA		q/Q		v/V		v (m/s)		d/D	
		V (m/s)	Q (L/s)	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO
10	9	1.148	37.229	0.0311561	0.05182201	0.452	0.52729	0.518896	0.60532892	0.121	0.155
9	8	1.372	44.493	0.0706029	0.11581033	0.57746	0.667755	0.79227512	0.91615986	0.18	0.23
8	7	2.169	70.339	0.0651908	0.10644545	0.56379	0.6506	1.22286051	1.4111514	0.173	0.22
7	6	2.081	67.485	0.0861767	0.14021166	0.6132	0.705466	1.2760692	1.46807475	0.199	0.253
6	5	2.081	67.485	0.1040264	0.16874819	0.647	0.74406	1.346407	1.54838886	0.218	0.278
5	4	2.081	67.485	0.119065	0.19267066	0.6728	0.77329	1.4000968	1.60921649	0.233	0.298
4	3	2.081	67.485	0.134503	0.2171517	0.697	0.7997	1.450457	1.6641757	0.248	0.317
3	2	1.372	44.493	0.2114325	0.34112625	0.79292	0.905495	1.08788624	1.24233914	0.312	0.403
2	1	1.372	44.493	0.2114325	0.34112625	0.79292	0.905495	1.08788624	1.24233914	0.312	0.403
1	0	1.372	44.493	0.2114325	0.34112625	0.79292	0.905495	1.08788624	1.24233914	0.312	0.403
0	A	1.372	44.493	0.2114325	0.34112625	0.79292	0.905495	1.08788624	1.24233914	0.312	0.403
A	B	1.372	44.493	0.2114325	0.34112625	0.79292	0.905495	1.08788624	1.24233914	0.312	0.403



DE PV	A PV	COTAS DEL TERRENO		DH (m)	S%TERRENO	φ (pulg)	S%TUBERIA	COTAS INVERT		ALTURA DE POZO	
		INICIO	FINAL					Cis	Cie	CT	Hpozo
10.5	10.4	125.35	125.12	46.27	0.497	6	0.60	124.75	124.47	125.35	0.60
10.4	10.3	125.12	125.89	53.33	-1.444	6	0.50	124.44	124.18	125.12	0.68
10.3	10.2	125.89	126.22	49.75	-0.663	6	0.40	124.15	123.95	125.89	1.74
10.2	10.1	126.22	126.48	48.99	-0.531	6	0.40	123.92	123.72	126.22	2.30
10.1	10	126.48	126.33	46.24	0.324	6	0.40	123.69	123.51	126.48	2.79
9.5	9.4	125.00	125.03	42.75	-0.070	6	0.50	124.4	124.19	125.00	0.60
9.4	9.3	125.03	125.59	52.34	-1.070	6	0.40	124.16	123.95	125.03	0.87
9.3	9.2	125.59	125.89	48.45	-0.619	6	0.40	123.92	123.72	125.59	1.67
9.2	9.1	125.89	126.19	54.86	-0.547	6	0.40	123.69	123.47	125.89	2.20
9.1	9	126.19	125.99	45.88	0.436	6	0.40	123.44	123.26	126.19	2.75
8.4	8.3	125.65	125.73	50.00	-0.160	6	0.50	125.05	124.80	125.65	0.60
8.3	8.2	125.73	126.7	50.00	-1.940	6	0.40	124.77	124.57	125.73	0.96
8.2	8.1	126.7	127.18	50.00	-0.960	6	0.40	124.54	124.34	126.70	2.16
8.1	8	127.18	125.33	46.60	3.970	6	0.40	124.31	124.12	127.18	2.87
7.3	7.2	126.15	126.33	50.00	-0.360	6	0.60	124.95	124.65	126.15	1.20
7.2	7.1	126.33	125.15	50.00	2.360	6	2.00	124.62	123.62	126.33	1.71
7.1	7	125.15	124.00	47.30	2.431	6	2.00	123.59	122.64	125.15	1.56
6.3	6.2	126.00	125.00	50.00	2.000	6	2.00	124.8	123.80	126.00	1.20
6.2	6.1	125.00	124.00	50.00	2.000	6	2.00	123.77	122.77	125.00	1.23
6.1	6	124.00	123.00	49.00	2.041	6	2.00	122.74	121.76	124.00	1.26
5.3	5.2	125.00	124.00	50.00	2.000	6	2.00	123.8	122.80	125.00	1.20
5.2	5.1	124.00	123.00	50.00	2.000	6	2.00	122.77	121.77	124.00	1.23
5.1	5	123.00	122.00	48.95	2.043	6	2.00	121.74	120.76	123.00	1.26
4.3	4.2	124.00	123.00	50.00	2.000	6	2.00	122.8	121.80	124.00	1.20
4.2	4.1	123.00	122.00	50.00	2.000	6	2.00	121.77	120.77	123.00	1.23
4.1	4	122.00	121.00	46.30	2.160	6	2.00	120.74	119.81	122.00	1.26
3.1	3	121.00	120.00	43.75	2.286	6	2.00	119.8	118.93	121.00	1.20

DE PV	A PV	SECCION LLENA		q/Q		v/V		v (m/s)		d/D	
		V (m/s)	Q (L/s)	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO
10.5	10.4	0.878	16.016	0.024470917	0.041201452	0.42115	0.49308	0.369766188	0.432920728	0.108	0.139
10.4	10.3	0.801	14.612	0.04775998	0.080338928	0.51467	0.60020	0.412249869	0.4807602	0.149	0.193
10.3	10.2	0.717	13.079	0.08214777	0.136755897	0.60400	0.70067	0.433068	0.50238039	0.194	0.25
10.2	10.1	0.717	13.079	0.073697089	0.122586145	0.58515	0.67947	0.419555418	0.487177122	0.184	0.237
10.1	10	0.717	13.079	0.08868495	0.147509868	0.61688	0.71652	0.44230296	0.513741972	0.201	0.26
9.5	9.4	0.801	14.612	0.042556	0.071823133	0.49745	0.57939	0.39845745	0.46409139	0.141	0.181
9.4	9.3	0.717	13.079	0.066152371	0.11032472	0.56770	0.65750	0.4070409	0.4714275	0.175	0.224
9.3	9.2	0.717	13.079	0.103549621	0.171576615	0.64540	0.74700	0.4627518	0.535599	0.217	0.28
9.2	9.1	0.717	13.079	0.140243178	0.231986591	0.70546	0.81456	0.50581482	0.584036652	0.253	0.328
9.1	9	0.717	13.079	0.158368744	0.261157581	0.73044	0.84170	0.52372548	0.6034989	0.269	0.349
8.4	8.3	0.801	14.612	0.042556	0.071823133	0.49527	0.57939	0.396709668	0.46409139	0.14	0.181
8.3	8.2	0.717	13.079	0.069929187	0.11646439	0.57553	0.66776	0.412653576	0.478780335	0.179	0.23
8.2	8.1	0.717	13.079	0.107247968	0.177557837	0.65238	0.75440	0.46775646	0.5409048	0.221	0.285
8.1	8	0.717	13.079	0.121974759	0.201942736	0.67780	0.78319	0.4859826	0.561545796	0.236	0.305
7.3	7.2	0.878	16.016	0.043573229	0.07329623	0.49963	0.58320	0.438674262	0.5120496	0.142	0.183
7.2	7.1	1.602	29.223	0.032983753	0.054864463	0.45928	0.53558	0.73576656	0.857995956	0.124	0.159
7.1	7	1.602	29.223	0.047999732	0.079467507	0.51467	0.59840	0.824499738	0.9586368	0.149	0.191
6.3	6.2	1.602	29.223	0.023880807	0.040170839	0.41868	0.48867	0.670730166	0.78284934	0.107	0.137
6.2	6.1	1.602	29.223	0.032983753	0.054864463	0.45928	0.53557	0.73576656	0.85798314	0.124	0.159
6.1	6	1.602	29.223	0.047999732	0.079467507	0.51467	0.59840	0.824499738	0.9586368	0.149	0.191
5.3	5.2	1.602	29.223	0.013411567	0.022580928	0.35079	0.41123	0.561959172	0.65879046	0.081	0.104
5.2	5.1	1.602	29.223	0.026213822	0.043855804	0.43090	0.50180	0.6903018	0.803881998	0.112	0.143
5.1	5	1.602	29.223	0.041359842	0.06872195	0.49308	0.57359	0.789907752	0.918884772	0.139	0.178
4.3	4.2	1.602	29.223	0.01604496	0.026905244	0.36980	0.43330	0.5924196	0.6941466	0.088	0.113
4.2	4.1	1.602	29.223	0.027912577	0.046620591	0.43812	0.51040	0.701863434	0.8176608	0.115	0.147
4.1	4	1.602	29.223	0.043024637	0.071417939	0.49745	0.57940	0.7969149	0.92819079	0.141	0.181
3.1	3	1.602	29.223	0.021278728	0.035912795	0.40369	0.47300	0.64671138	0.757746	0.101	0.13

DE PV	A PV	COTAS DEL TERRENO		VIVIENDAS		NO. DE HABITANTES		FH		Qdom		Qilcito		Qinfiltr		Qcom	Qind	Qmed		fqm	fqm utilizar	q DE DISEÑO	
		INICIO	FINAL	LOCAL	ACUM.	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA			ACTUAL	FUTURA			ACTUAL	FUTURA
10.5	10.4	125.35	125.12	5	5	30	51.00	4.354735684	4.31295723	0.04166667	0.070833333	0.020833333	0.035416667	0.06	0.06	0	0	0.1225	0.16625	0.00326	0.003	0.391926212	0.659882456
10.4	10.3	125.12	125.89	4	9	54	92.00	4.307832308	4.25330587	0.075	0.127777778	0.0375	0.063888889	0.06	0.06	0	0	0.1725	0.251666667	0.002736	0.003	0.697868834	1.17391242
10.3	10.2	125.89	126.22	5	14	84	142.00	4.263534463	4.19866287	0.11666667	0.197222222	0.058333333	0.098611111	0.06	0.06	0	0	0.235	0.355833333	0.002506	0.003	1.074410685	1.788630382
10.2	10.1	126.22	126.48	5	19	114	193.00	4.227562379	4.15363781	0.15833333	0.268055556	0.079166667	0.134027778	0.06	0.06	0	0	0.2975	0.462083333	0.002394	0.002	0.963884222	1.603304195
10.1	10	126.48	126.33	4	23	138	234.00	4.202574128	4.12239652	0.19166667	0.325	0.095833333	0.1625	0.06	0.06	0	0	0.3475	0.5475	0.00234	0.002	1.159910459	1.92928157
9.5	9.4	125.00	125.03	8	8	48	82.00	4.31825186	4.26617729	0.06666667	0.113888889	0.033333333	0.056944444	0.06	0.06	0	0	0.16	0.230833333	0.002815	0.003	0.621828268	1.049479613
9.4	9.3	125.03	125.59	9	17	102	173.00	4.241210125	4.17033818	0.14166667	0.240277778	0.070833333	0.120138889	0.06	0.06	0	0	0.2725	0.420416667	0.00243	0.002	0.865206865	1.44293701
9.3	9.2	125.59	125.89	10	27	162	274.00	4.180016965	4.09498275	0.225	0.380555556	0.1125	0.190277778	0.06	0.06	0	0	0.3975	0.630833333	0.002302	0.002	1.354325497	2.244050546
9.2	9.1	125.89	126.19	10	37	222	376.00	4.131172352	4.03477743	0.30833333	0.522222222	0.154166667	0.261111111	0.06	0.06	0	0	0.5225	0.843333333	0.002243	0.002	1.834240524	3.034152627
9.1	9	126.19	125.99	5	42	252	426.00	4.109731761	4.00901409	0.35	0.591666667	0.175	0.295833333	0.06	0.06	0	0	0.585	0.9475	0.002224	0.002	2.071304808	3.415680004
8.4	8.3	125.65	125.73	8	8	48	82.00	4.31825186	4.26617729	0.06666667	0.113888889	0.033333333	0.056944444	0.06	0.06	0	0	0.16	0.230833333	0.002815	0.003	0.621828268	1.049479613
8.3	8.2	125.73	126.7	10	18	108	183.00	4.234277027	4.16185181	0.15	0.254166667	0.075	0.127083333	0.06	0.06	0	0	0.285	0.44125	0.002411	0.002	0.914603838	1.523237763
8.2	8.1	126.7	127.18	10	28	168	284.00	4.174690978	4.08851928	0.23333333	0.394444444	0.116666667	0.197222222	0.06	0.06	0	0	0.41	0.651666667	0.002295	0.002	1.402696169	2.322278949
8.1	8	127.18	125.33	4	32	192	325.00	4.154447581	4.06339853	0.26666667	0.451388889	0.133333333	0.225694444	0.06	0.06	0.036	0	0.496	0.773083333	0.002379	0.002	1.595307871	2.641209047
7.3	7.2	126.15	126.33	9	9	54	92.00	4.307832308	4.25330587	0.075	0.127777778	0.0375	0.063888889	0.06	0.06	0	0	0.1725	0.251666667	0.002736	0.003	0.697868834	1.17391242
7.2	7.1	126.33	125.15	10	19	114	193.00	4.227562379	4.15363781	0.15833333	0.268055556	0.079166667	0.134027778	0.06	0.06	0	0	0.2975	0.462083333	0.002394	0.002	0.963884222	1.603304195
7.1	7	125.15	124.00	9	28	168	284.00	4.174690978	4.08851928	0.23333333	0.394444444	0.116666667	0.197222222	0.06	0.06	0	0	0.41	0.651666667	0.002295	0.002	1.402696169	2.322278949
6.3	6.2	126.00	125.00	9	9	54	92.00	4.307832308	4.25330587	0.075	0.127777778	0.0375	0.063888889	0.06	0.06	0	0	0.1725	0.251666667	0.002736	0.003	0.697868834	1.17391242
6.2	6.1	125.00	124.00	10	19	114	193.00	4.227562379	4.15363781	0.15833333	0.268055556	0.079166667	0.134027778	0.06	0.06	0	0	0.2975	0.462083333	0.002394	0.002	0.963884222	1.603304195
6.1	6	124.00	123.00	9	28	168	284.00	4.174690978	4.08851928	0.23333333	0.394444444	0.116666667	0.197222222	0.06	0.06	0	0	0.41	0.651666667	0.002295	0.002	1.402696169	2.322278949
5.3	5.2	125.00	124.00	5	5	30	51.00	4.354735684	4.31295723	0.04166667	0.070833333	0.020833333	0.035416667	0.06	0.06	0	0	0.1225	0.16625	0.00326	0.003	0.391926212	0.659882456
5.2	5.1	124.00	123.00	10	15	90	153.00	4.255813953	4.18822932	0.125	0.2125	0.0625	0.10625	0.06	0.06	0	0	0.2475	0.37875	0.002475	0.002	0.766046512	1.281598171
5.1	5	123.00	122.00	9	24	144	244.00	4.196731429	4.11529006	0.2	0.338888889	0.1	0.169444444	0.06	0.06	0	0	0.36	0.568333333	0.002329	0.002	1.208658651	2.008261548
4.3	4.2	124.00	123.00	6	6	36	61.00	4.341498795	4.29645869	0.05	0.084722222	0.025	0.042361111	0.06	0.06	0	0	0.135	0.187083333	0.003067	0.003	0.46888187	0.78625194
4.2	4.1	123.00	122.00	10	16	96	163.00	4.248381454	4.17912129	0.13333333	0.226388889	0.066666667	0.113194444	0.06	0.06	0	0	0.26	0.399583333	0.002451	0.002	0.815689239	1.362393539
4.1	4	122.00	121.00	9	25	150	254.00	4.191029862	4.10835909	0.20833333	0.352777778	0.104166667	0.176388889	0.06	0.06	0	0	0.3725	0.589166667	0.00232	0.002	1.257308959	2.087046418
3.1	3	121.00	120.00	8	8	48	82.00	4.31825186	4.26617729	0.06666667	0.113888889	0.033333333	0.056944444	0.06	0.06	0	0	0.16	0.230833333	0.002815	0.003	0.621828268	1.049479613



## **ANEXOS**



## Anexo 1. Resultado ensayo de compresión triaxial

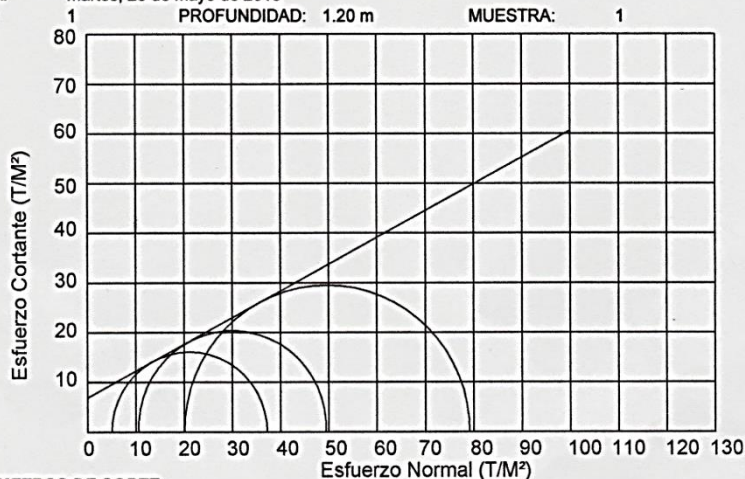


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



### ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 413 S.S. O.T.: 31,483  
INTERESADO: Oscar Antonio Reyes Alvajara  
PROYECTO: EPS "Diseño Estructural de Escuela de Microparciamiento La Aurora, Masagua, Escuintla"  
UBICACIÓN: Microparciamiento La Aurora, Masagua, Escuintla  
FECHA: martes, 26 de mayo de 2015  
POZO: 1 PROFUNDIDAD: 1.20 m MUESTRA: 1



#### PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 28,25^\circ$  COHESIÓN:  $C_u = 6,93 \text{ Ton/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.  
DESCRIPCION DEL SUELO: Limo Arenoso Orgánico Color Café Oscuro  
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"  
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado. Reposición de informe solicitada por el interesado.

PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA $q$ (T/m <sup>2</sup> )	21.09	29.96	49.57
PRESION INTERSTICIAL $u$ (T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA $Er$ (%)	3.5	5.5	10.0
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	0.73	0.73	0.73
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.13	1.13	1.13
HUMEDAD (%H)	63.05	63.05	63.05

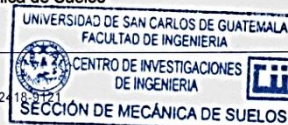
Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Caño Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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

Fuente: CII/USAC.

## Anexo 2. Resultado ensayo Límites de Atterberg



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



INFORME No. 411 S.S.

O.T.: 31,483

Interesado: Oscar Antonio Reyes Alvajara

Proyecto: EPS "Diseño Estructural de Escuela de Microparciamiento La Aurora, Masagua, Escuintla"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Microparciamiento La Aurora, Masagua, Escuintla

FECHA: martes, 26 de mayo de 2015

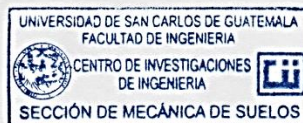
### RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Limo Arenoso Orgánico Color Café Oscuro

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado. Reposición de informe solicitado por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC




Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

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


Fuente: CII/USAC.



### Anexo 3. Resultado ensayo de análisis granulométrico



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



---

**INFORME No.** 412 S.S.

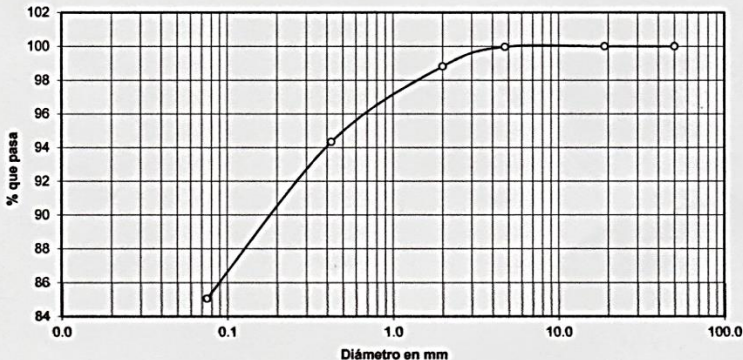
**O.T. No.** 31,483

Interesado: Oscar Antonio Reyes Alvajara  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y con lavado previo.  
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11  
 Proyecto: EPS "Diseño Estructural de Escuela de Microparcamiento La Aurora, Masagua,  
 Ubicación: Microparcamiento La Aurora, Masagua, Escuintla  
 Fecha: martes, 26 de mayo de 2015

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.0	100.00
3/4"	19.0	100.00
4	4.75	99.97
10	2.0	98.82
40	0.425	94.34
200	0.075	85.06

% de Grava: 0.03  
 % de Arena: 14.91  
 % de finos: 85.06


D<sub>10</sub>: \*  
 D<sub>30</sub>: \*  
 D<sub>60</sub>: \*





Descripción del suelo: Limo Arenoso Orgánico Color Café Oscuro  
 Clasificación: S.C.U.: OL P.R.A.: A-4  
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado. Reposición de informe solicitado por el interesado.  
 \* Diámetro efectivo no aplica.

Vo. Bo.  
 Inga. Telma Maricela Cano Morales  
 DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,

  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

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

Fuente: CII/USAC





