



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL
CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA
VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA**

Edwin Virgilio Mazariegos Lemus
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, febrero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL
CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA
VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWIN VIRGILIO MAZARIEGOS LEMUS
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de febrero de 2009.


Edwin Virgilio Mazariegos Lemus



Guatemala 17 de marzo de 2011.
Ref.EPS.DOC.451.03.11.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edwin Virgilio Mazariegos Lemus** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **9515984**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA”**.

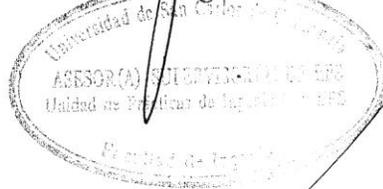
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todas”

Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



Guatemala, 17 de marzo de 2011.

Ref.EPS.D.210.03.11

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edwin Virgilio Mazariegos Lemus**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


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

NISZ/ra





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



Guatemala,
28 de marzo de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

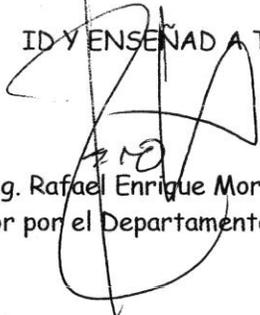
Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edwin Virgilio Mazariegos Lemus, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

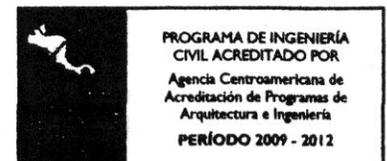

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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



Guatemala,
10 de noviembre de 2011

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edwin Virgilio Mazariegos Lemus, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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 INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Edwin Virgilio Mazariegos Lemus, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

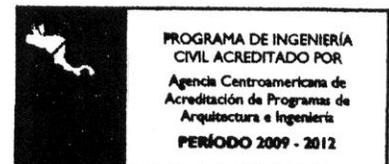

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, febrero 2012

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua

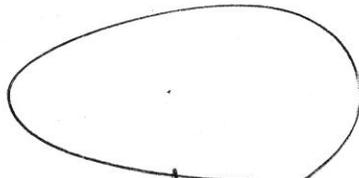




Ref. DTG.059.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL CHAGUITE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE JALAPA**, presentado por el estudiante universitario **Edwin Virgilio Mazariegos Lemus**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, febrero de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas las bendiciones que ha derramado sobre mi familia, y en mí.
- Mis padres** Marco Aurelio Mazariegos López y Ana Maria Lemus Reyes, por ser mi principal fuente de inspiración y sobre todo, por el apoyo incondicional que me brindaron. Le pido a nuestro Creador que derrame bendiciones hoy, mañana y siempre.
- Mis hermanos** Marco Aurelio, Jorge Alberto, Ana Veronica y Silda Julieta, por su apoyo incondicional.
- Mi esposa e hijas** Marta Josefina, Maria José y Andrea Mishelle, por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional.
- Mis tíos** Gracias por la confianza y el apoyo brindado, en especial a Carmen Amelia Mazariegos López.
- Mis amigos y familia** Gracias por todo y que Dios los bendiga.
- Mis abuelos** Virgilio Mazariegos, Julia López, Vicente Lemus y Laura Reyes. (q.e.p.d.).

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por la oportunidad que me da de vivir y hacer realidad un sueño.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas y realizar uno de mis sueños.
Mis padres	Marco Aurelio Mazariegos López y Ana Maria Lemus Reyes, por apoyarme en todo momento de mi vida.
Mi esposa e hijas	Marta Josefina, Maria José y Andrea Mishelle por su apoyo incondicional.
Ing. Juan Merck Cos	Por asesorarme y orientarme, en la realización de mi EPS. Por la ayuda y consejos que me brindó en el desarrollo del presente trabajo de graduación.
Mis amigos	En especial a Edy Carcamo y Wilber Duarte por su apoyo y amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
.	
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del caserío el Chaguite.....	1
1.1.1. Aspectos físicos.....	1
1.1.1.1. Localización.....	3
1.1.1.2. Extensión territorial.....	4
1.1.1.3. Límites y colindancias.....	5
1.1.1.4. Vías de acceso.....	6
1.1.1.5. Climatología.....	8
1.1.1.6. Características topográficas.....	9
1.1.1.7. Idioma.....	13
1.1.1.8. Servicios públicos.....	13
1.1.1.9. Producción.....	20
1.1.2. Demografía.....	24
1.1.2.1. Datos de la población.....	24
1.1.2.2. Distribución de viviendas.....	24
1.1.2.3. Datos sobre el uso del agua.....	24
1.1.2.4. Canalización de aguas servidas.....	25

1.1.2.5.	Tipología de viviendas.....	25
1.1.3.	Condición sociocultural.....	25
1.1.3.1.	Educación.....	25
1.1.3.2.	Salud.....	25
1.1.3.3.	Cultura.....	26
1.1.4.	Condición económica.....	26
1.1.5.	Organización comunitaria.....	27
1.1.6.	Servicios en la comunidad.....	27
1.2	Investigación sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de las comunidades.....	29
1.2.1.	Identificación de las necesidades.....	29
1.2.2.	Priorización de las necesidades.....	30
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	31
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Chaguite del municipio de Jalapa, Jalapa.....	31
2.1.1.	Descripción del proyecto.....	31
2.1.2.	Levantamiento topográfico.....	32
2.1.2.1.	Altimetría.....	32
2.1.2.2.	Planimetría.....	32
2.2.	Diseño del sistema.....	33
2.2.1.	Descripción del sistema a utilizar.....	33
2.2.2.	Diseño hidráulico.....	34
2.2.2.1.	Período de diseño.....	34
2.2.2.2.	Población de diseño.....	34
2.2.2.3.	Dotación.....	36
2.2.2.4.	Factor de retorno.....	36

2.2.2.5.	Factor de flujo instantáneo.....	37
2.3.	Caudal sanitario.....	37
2.3.1.	Caudal domiciliar.....	37
2.3.2.	Caudal de infiltración.....	40
2.3.3.	Caudal por conexiones ilícitas.....	40
2.3.4.	Factor de caudal medio.....	42
2.3.5.	Caudal de diseño.....	44
2.3.6.	Diseño de secciones y pendientes.....	44
2.3.7.	Velocidades máximas y mínimas.....	45
2.3.8.	Cotas invert.....	49
2.3.9.	Diámetro de tubería.....	50
2.3.10.	Pozos de visita.....	52
2.3.11.	Conexiones domiciliarias.....	55
2.3.12.	Profundidad de la tubería.....	55
2.3.13.	Principios hidráulicos.....	58
2.3.14.	Relaciones hidráulicas.....	58
2.4.	Tratamiento de aguas servidas.....	60
2.4.1.	Importancia del tratamiento de las aguas..... negras.....	60
2.4.2.	Proceso de tratamiento.....	60
2.4.3.	Características del agua residual.....	61
2.4.3.1.	Aguas negras frescas.....	62
2.4.3.2.	Aguas negras sépticas.....	62
2.4.3.3.	Aguas negras estabilizadas.....	62
2.4.4.	Selección del tipo de tratamiento.....	63
2.4.5.	Propuesta de las unidades de tratamiento.....	63
2.4.5.1.	Fosa séptica.....	63
2.4.5.2.	Diseño de fose séptica.....	64

2.5.	Ejemplo del diseño hidráulico del sistema.....	66
2.6.	Presupuesto del proyecto.....	74
3.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	75
3.1.	Mantenimiento de alcantarillado sanitario.....	75
3.1.1.	Guía I: línea central.....	75
3.1.2.	Guía II: pozos de visita.....	78
3.1.3.	Guía III: conexiones domiciliarias.....	78
3.2.	Conexiones intradomiciliarias.....	79
3.3.	Fosas sépticas.....	80
4.	DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA DEL MUNICIPIO DE JALAPA.....	81
4.1.	Investigación preliminar.....	81
4.1.1.	Infraestructura para el centro educativo.....	81
4.1.1.1.	Edificio de aulas colonia Linda Vista...	81
4.1.2.	Descripción del espacio disponible.....	82
4.1.2.1.	Localización del terreno.....	82
4.1.2.2.	Topografía del terreno.....	82
4.1.3.	Normas para diseño de edificios educativos.....	82
4.1.3.1.	Criterios generales.....	83
4.1.4.	Espacios educativos.....	86
4.1.4.1.	Aula teórica.....	86
4.2.	Diseño de edificio de aulas.....	87
4.2.1.	Diseño arquitectónico.....	87
4.2.1.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	88
4.2.1.2.	Distribución de ambientes.....	88

4.2.1.3.	Altura del edificio.....	89
4.2.1.4.	Selección del sistema estructural a usar.....	89
4.2.2.	Análisis estructural.....	90
4.2.2.1.	Pre-dimensionamiento estructural.....	90
4.2.2.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles.....	95
4.2.2.3.	Cargas aplicadas a los marcos rígidos.....	97
4.2.2.4.	Cargas verticales.....	97
4.2.2.5.	Cargas horizontales en marcos rígidos.....	102
4.2.2.6.	Análisis de marcos rígidos por un de análisis estructural.....	112
4.2.2.7.	Momentos últimos por envolventes de momentos.....	129
4.2.2.8.	Diagrama de corte en marcos rígidos.....	132
4.2.2.9.	Diseño estructural.....	134
4.2.2.10.	Planos constructivos.....	178
4.2.2.11.	Costos y presupuestos.....	178
	CONCLUSIONES.....	181
	RECOMENDACIONES.....	183
	BIBLIOGRAFÍA.....	185
	ANEXOS.....	187

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Departamento de Jalapa Escala 1:50,000.....	3
2.	Caserío El Chaguite.....	4
3.	Vías de comunicación en el departamento de Jalapa.....	7
4.	Climas del departamento de Jalapa.....	9
5.	Clases de capacidad de uso de la tierra.....	12
6.	Sección parcialmente llena.....	46
7.	Detalle de cotas invert.....	50
8.	Detalle de profundidad de colector principal.....	56
9.	Planta de distribución de áreas.....	90
10.	Planta de losas típica	91
11.	Criterios para dibujar modelos matemáticos de marcos elásticos unidos con nudos rígidos.....	95
12.	Marco típico elástico unido con nudos rígidos, sentido X.....	96
13.	Marco típico elástico unido con nudos rígidos, sentido Y.....	96
14.	Mapa de zonificación sísmica para Guatemala.....	103
15.	Modelo matemático marco típico elástico unido con nudos rígidos, sentido X.....	110
16.	Modelo matemático, marco típico elástico unido con nudos rígidos, sentido	110

17.	Planta típica (nivel 1 y nivel 2), de distribución de Marcos elásticos unidos con nudos rígidos.....	111
18.	Diagrama de momentos (kg-m) –carga muerta- marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y.....	125
19.	Diagrama de momentos (kg-m) –carga viva- marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y	126
20.	Diagrama de momentos (kg-m) –fuerza sísmica- marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y	127
21.	Diagrama de momentos últimos (kg-m) marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X.....	128
22.	Diagrama de momentos últimos (kg-m) marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y.....	131
23.	Diagrama de cortes últimos (kg) marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X.....	133
24.	Diagrama de cortes últimos (kg) marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y.....	133
25.	Planta típica de distribuciones de losas, edificio de aulas.....	135
26.	Planta de momentos actuantes en losas típicas – nivel 1.....	136
27.	Planta de momentos balanceados en losas típicas – nivel 1.....	138
28.	Diagrama de momentos y cortes últimos en la viga 1.....	141
29.	Sección típica de cimiento.....	158
30.	Chequeo de corte simple.....	161
31.	Revisión de corte punzonante.....	162
32.	Zapata combinada.....	163
33.	Obtención de la resultante.....	165
34.	Diagrama de corte y momento.....	166
35.	Sección de la zapata.....	167
36.	Planta de la zapata combinada.....	168

37.	Dimensiones de escalera.....	173
38.	Distribución de carga y momentos.....	174

TABLAS

I.	Estadística demográfica de Jalapa y el caserío El Chaguite....	5
II.	Rango de valores de factor caudal medio.....	43
III.	Factor de rugosidad n.....	46
IV.	Dimensiones básicas para colector principal.....	51
V.	Profundidades mínimas para colector de concreto.....	56
VI.	Profundidades mínimas para colector de pvc.....	56
VII.	Ancho promedio de zanja dependiendo de la profundidad.....	58
VIII.	Cuadro resumen diseño hidráulico.....	73
IX.	Cuadro de costos unitarios.....	74
X.	Resumen de cargas en sentido X.....	99
XI.	Resumen de cargas en sentido Y en aulas.....	100
XII.	Resumen de cargas en sentido Y en pasillos.....	102
XIII.	Fuerzas por marco en cada nivel 1, marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X.....	111
XIV.	Fuerzas por marco en cada nivel 2, marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X.....	112
XV.	Áreas de acero en las losas típicas.....	140
XVI.	Calculo de vigas, edificio de aulas.....	145
XVII.	Calculo de columnas, edificio de aulas.....	156
XVIII.	Cuadro de costos unitarios.....	179

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Actual
Ac	Acumulada
H	Altura de viga
Hpozo	Altura del pozo
Ast	Área de acero longitudinal en la columna
Asmax	Área de acero máximo
Asmin	Área de acero mínimo
As	Área de acero requerida por el momento
Az	Área de la zapata
Ag	Área gruesa
b	Base de la viga
CM	Carga Muerta
CV	Carga viva
Q	Caudal
q	Caudal a sección parcial
Qcom	Caudal comercial
Qcon. Ilíc.	Caudal conexiones ilícitas
qdis	Caudal de diseño
Qinf	Caudal de infiltración
Qmed	Caudal medio
cm	Centímetro

c.m.	Centro de masa
c.r.	Centro de rigidez
Vb	Corte basal
Vu	Corte actuante
CT	Cota del terreno
CI	Cota invert
Er	Deformación en rotura
ϕ	Diámetro
D	Diámetro a sección llena
DH	Distancia horizontal
F.C.U.	Factor de carga última
FH	Factor de Hardmond
Fi	Fuerza sísmica en el nivel i
F	Futura
kg	Kilogramo
Mcv	Momento carga viva
Mu	Momento último
m	Metro
Ec	Modulo de elasticidad del concreto
M+	Momento positivo (kg-m)
M-	Momento negativo (kg-m)
Mcu	Momento carga última
%	Pendiente del terreno

GLOSARIO

ACI	<i>(American Concrete Institute)</i> . “Instituto Americano del Concreto”
Aguas negras	En general, se llaman así a las aguas de desechos provenientes de usos domésticos industriales.
Aguas negras domiciliarias	Las que provienen de la higiene personal, limpieza de edificios, cocinas, lavanderías, etc.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas. Sirve para la representación de perfiles de una sección de terreno, cuyas alturas están referidas a un eje llamado línea de horizonte.
Altura	Distancia vertical entre la parte más baja de la superestructura y el nivel de las aguas en estiaje.
Análisis estructural	Consiste en determinar los efectos máximos producidos por las cargas mayoradas sobre los elementos estructurales.
Área de acero requerida	Cantidad de acero, calculada para resistir el momento actuante en el elemento estructural.

Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que los conduce al sistema de drenaje
Carga muerta	Peso muerto soportado por el elemento estructural, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el personal, maquinaria móvil, etc., soportado por un elemento estructural.
Cimiento corrido	Es el que se construye para soportar un muro.
.	
Colector	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas negras indeseables de la población al lugar de descarga.
Colector principal	Sucesión de tramos, que partiendo de la descarga, siguen la dirección de los gastos mayores.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta el frente de esta, donde se encuentra la candela.
Cota <i>invert</i>	Cota de la parte inferior del tubo ya instalado.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de vivienda por unidad de área.

Dotación	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
Estribo	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo de corte.
Factor de caudal medio	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
Factor de Hardmond	Factor de seguridad para las horas pico. Esta en relación con la población.
Factor de rugosidad	Factor que expresa qué tan lisa es una superficie.
Fórmula de Manning	Fórmula utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto, relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Momento	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Período de diseño	Tiempo durante el cual, la obra diseñada presentará un servicio satisfactorio.

Peralte efectivo

Es cada una de las vigas de soporte de la estructura colocada paralelamente a línea central del puente; se asienta en los apoyos de la sub – estructura y recibe la carga de la losa.

Rigidez

Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.

Zapata

Tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, contiene el desarrollo de los proyectos: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Chaguite y edificación escolar de dos niveles para la colonia Linda Vista; ambos ubicados en el municipio de Jalapa, como un aporte del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Chaguite, vendrá a resolver la problemática de los focos de contaminación y malos olores en la comunidad, por lo que las aguas servidas ya no serán vertidas sobre la superficie del terreno, este proyecto beneficiará a 2 523 habitantes y el costo asciende a Q. 1 170 152,12. La tubería será de PVC de 6" en toda la red, al final se incorporará un tratamiento primario a base de fosas sépticas.

La edificación de dos niveles, será una estructura a base de marcos dúctiles con nudos rígidos, losa plana de concreto reforzado, muros (tabiques) de mampostería reforzada de blocks, tendrá una capacidad para albergar a 336 alumnos.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Chaguite y una edificación escolar de dos niveles para la colonia Linda Vista, del municipio de Jalapa, departamento de Jalapa.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío El Chaguite.
2. Capacitar a los miembros del comité del caserío El Chaguite, sobre aspectos de mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Jalapa cuenta con 234 comunidades, de las cuales al caserío El Chaguite y a la colonia Linda Vista, se les proporcionó apoyo técnico para la solución de sus necesidades en cuanto a servicios básicos (sistema de alcantarillado sanitario), así también a la colonia Linda Vista (edificación escolar de dos niveles).

En el caserío El Chaguite, se diseñó un sistema de alcantarillado sanitario, para una población de 2,524 habitantes al final del período de diseño. El sistema es alcantarillado sanitario, el colector principal será de PVC diámetro 6", con conexión domiciliar de PVC diámetro 4", se construirán dos fosas sépticas con una capacidad de 95,13 m³.

En la colonia Linda Vista, se desarrolló el diseño de una edificación escolar de dos niveles de 900 m², el cual tiene los siguientes espacios; ocho aulas, un sanitario, una bodega, pasillos y módulo de gradas.

Las paredes son de mampostería de block, con columnas y vigas de concreto reforzado, toda la estructura estará apoyada sobre zapatas aisladas y combinadas, las cuales distribuirán las cargas a toda el área de construcción.

Así también, se describen los aspectos técnicos que intervienen en el diseño; los criterios utilizados para el cálculo y la elaboración del presupuesto de cada uno de los proyectos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del caserío El Chaguite

La población se encuentra en las cercanías del casco urbano del municipio de Jalapa; para conocer mejor de ella se mencionan los siguientes puntos:

1.1.1. Aspectos físicos

La población se distribuye de la siguiente manera; ladina 55%, mestiza 25% e indígena 20%, en el municipio de Jalapa; en tanto que en el caserío El Chaguite ladina 20%, mestiza un 55% e indígena un 25%.

La vida en Jalapa es de un ambiente hogareño, sus construcciones son de ladrillo, block y adobe. Desde la mansión más lujosa hasta la más humilde, se siente el ambiente de una familia jalapaneca, su dieta es generalmente preparada por las amas de casa, haciéndolo de la siguiente manera; las tortillas se hacen de maíz y el frijol lo preparan cocido.

En el caserío El Chaguite el ambiente es más de trabajo para los hombres y el cuidado del hogar y cocina para las mujeres.

- Costumbres de la cabecera de Jalapa y caserío El Chaguite;
 - Rezarle al difunto los nueve días, el año y los siete años
 - Celebrar los casamientos y bautizos
 - Llevarle flores a los difuntos

- Salir en familia los días domingos

- Fiestas cívicas y religiosas

Las fiestas cívicas que se celebran en la cabecera y en el caserío El Chaguite, así también en cada uno de los municipios y en todas las aldeas del departamento de Jalapa, son las de la Independencia Nacional que es el 15 de Septiembre de cada año.

- Fiestas religiosas

- ✓ Día de la virgen del Carmen
- ✓ 14 de septiembre, día de Jesús crucificado, patrón de Jalapa
- ✓ 18 de diciembre, día de Santa María Xalapán, patrona de Jalapa
- ✓ Último domingo de enero, día de Jesús de la Buena Esperanza
- ✓ 24 de junio, día de San Juan El Porvenir
- ✓ Junio, día del Sagrado Corazón de Jesús en la iglesia El Porvenir
- ✓ Semana Santa

Las fiestas del caserío El Chaguite son las siguientes: 15 de enero; día del Cristo Negro del señor de Esquipulas.

- Grupos étnicos

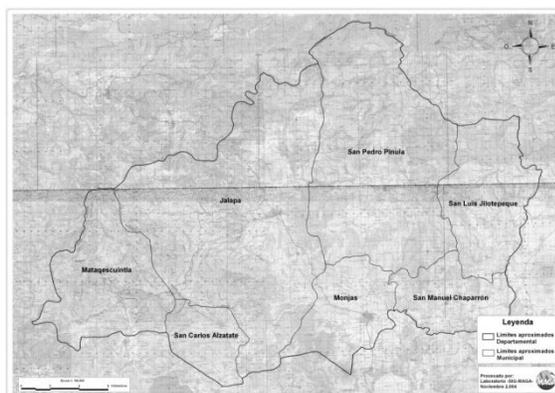
En el departamento de Jalapa existen dos grupos y el lugar donde están radicados es en la montaña progresista. Dichos grupos están divididos en dos comunidades llamadas: Ladinos Pardos y Santa Maria Xalapan. Esta división se ve en la situación geográfica de sus tierras, ya que la montaña de Jalapa está dividida en dos partes; la carretera de Jalapa que conduce a Mataquescuintla es más o menos la que divide las dos comunidades.

El grupo que comprende en el caserío El Chaguite no está definido directamente; por estar muy cerca al casco urbano esta constituido por diversas familias de otros sectores del país y personas de los diferentes municipios de Jalapa.

1.1.1.1. Localización

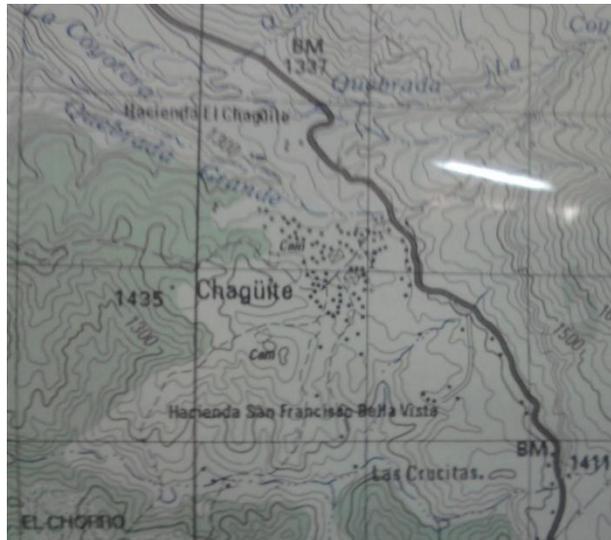
- Según el Instituto Geográfico Nacional, el parque de la cabecera se encuentra a 1 361,91 m SNM, latitud 14°38'02", longitud 89°58'52".
- El caserío El Chaguite, se encuentra ubicado a 4 km del parque de la cabecera, carretera hacia la ciudad capital y a 25 km de la estación meteorológica que se encuentra en la aldea Potrero Carrillo.

Figura 1. Departamento de Jalapa 1:50 000



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA, diciembre de 2004.

Figura 2. **Caserío El Chaguite**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

1.1.1.2. Extensión territorial

El municipio de Jalapa del departamento de Jalapa. Municipalidad de categoría ciudad. Nombre geográfico oficial: Jalapa. Área en 554 km². Conforme a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Transformación Agraria, INTA.

El municipio cuenta con una ciudad, 33 aldeas, 112 caseríos y 27 parajes. La cabecera, Jalapa, con categorías de ciudad, tiene los caseríos Cerro Alcoba, El Arenal, La Aurora, San Cash, Crucitas, El Terrero, El Lazareto y El Chaguite.

El caserío El chaguite cuenta con una extensión de 6,200 metros cuadrados, su categoría es caserío.

Tabla I. **Estadística demográfica de Jalapa y el caserío El Chaguite.**

DEPARTAMENTO, MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO		GRUPO ETNICO		ALFABETISMO	
		INDIGENA	NO INDIGENA	ALFABETA	ANALFA-BETA
JALAPA DEPARTAMENTO		4 610 440	6 626 756	6 350 188	2 571 179
JALAPA MUNICIPIO		46 766	196 160	122 390	65 823
JALAPA	CIUDAD	8 948	96 848	56042	25 109
EL CHAGUITE	CASERIO	484	29 924	21 892	3 551

DEPARTAMENTO, MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO		NIVEL DE ESCOLARIDAD			
		NINGUNO	PRE- PRIMARIA	PRIMARIA	MEDIA
JALAPA DEPARTAMENTO		2 512 560	99 557	4 524 597	1462 520
JALAPA MUNICIPIO		64 790	2 106	99 170	19 677
JALAPA	CIUDAD	24 615	777	42 686	11 164
EL CHAGUITE	CASERIO	3 484	117	11 442	8 587

DEPARTAMENTO, MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO		P E A		
		SUPERIOR	HOMBRES	MUJERES
JALAPA DEPARTAMENTO		322 133	2 525 683	937 714
JALAPA MUNICIPIO		2 470	56 342	16 317
JALAPA	CIUDAD	1 909	23 707	7 018
EL CHAGUITE	CASERIO	1 813	6 156	3 973

Fuente: XI censo de población, VI habitación 2002.

1.1.1.3. Límites y colindancias

- Posición geográfica del departamento

Está situado en el municipio de Jalapa, al norte con los municipios de Sansare y Sanarate, al sur con los municipios de Monjas y San Carlos Alzatate, con los municipios de San Pedro Pinula y San Luis Jilotepeque y al este con el municipio de Mataquescuintla.

El caserío El Chaguite está situado al norte con caserío La Laguna, al sur con aldea el Guaje, al este con caserío Los Achiotes.

- Límites del municipio de Jalapa
 - Al norte con el departamento de El Progreso.
 - Al sur con el departamento de Jutiapa.
 - Al este con San Pedro Pinula y Monjas.
 - Al oeste con Mataquescuintla y San Carlos Alzatate.

Algunos de sus municipios, han mantenido las riquezas tradicionales como patrimonio de una raza criolla nacida de las entrañas de esta tierra.

1.1.1.4. Vías de acceso

- Vías de comunicación; la cabecera de Jalapa está comunicada con sus municipios por medio de las vías siguientes
 - Cabecera Jalapa al municipio de San Luis Jilotepeque; carretera de terracería.
 - Cabecera Jalapa al municipio de Monjas; carretera asfaltada, que comunica con la capital.
 - Cabecera Jalapa al municipio de San Pedro Pinula; carretera de terracería.
 - Cabecera Jalapa al municipio de San Carlos Alzatate; carretera parte asfaltada y parte de terracería.
 - Cabecera Jalapa al municipio de Sansare; carretera asfaltada, que termina al unirse con la Atlántica y comunica con la capital.
 - En todos los municipios y en algunas aldeas existe el servicio de las oficinas de Correo y Telégrafos.

- Cabecera Jalapa al municipio de Mataquescuintla; carretera de terracería que comunica con la capital.

Existen también carreteras de terracería que comunican con las aldeas de Santa María Xalapán y otras.

- Distancias desde Jalapa

- Monjas 23 kilómetros
- San Luis Jilotepeque 41 kilómetros
- San Pedro Pinula 20 kilómetros
- Mataquescuintla 41 kilómetros
- San Carlos Alzatate 54 kilómetros
- San Manuel Chaparrón 36 kilómetros

La cabecera se encuentra aproximadamente 172 kilómetros en dirección este-noreste de la capital de la república y a 98 kilómetros en dirección norte.

Figura 3. **Vías de comunicación en el departamento de Jalapa**



Fuente: DMP Jalapa.

1.1.1.5. Climatología

El clima, tanto en la Cabecera Departamental como en el caserío El Chaguite, es el mismo según datos obtenidos de la estación del INSIVUMEH E-23 ubicada en la aldea de Potrero Carrillo, Jalapa; se percibe de la siguiente manera;

- Temperatura media anual para el año 2006 = 16,7 °C
- Lluvia en milímetros anual para el año 2006 = 1 195
- Velocidad del viento en km/h = 2,4

En cuanto al clima, resulta de la acción de muchos factores como la humedad, los vientos, la precipitación, la altura sobre el nivel del mar (SNM), las montañas, etc; el mismo está clasificado como templado húmedo semi-seco.

El clima es factor clave y estimulante en la vida del hombre, por ello en Jalapa se goza con una temperatura media templada y oscila entre 18°C y 28°C. A Jalapa se le ha dado el nombre de “La Climatológica de Oriente”.

Figura 4. Climas del departamento de Jalapa



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH.

1.1.1.6. Características topográficas

La topografía del municipio de Jalapa es bastante plana, siendo un valle de extensión territorial extenso, rodeado de montañas y el volcán Jumay en la parte Norte, su pendiente está registrada hacia el Este y siendo la parte Oeste la que cuenta con una cota de elevación más alta de todo el valle. Las características topográficas de el caserío El Chaguite es quebrado y con pendientes de un 12%, siendo un 40% de su territorio plano. Pasan entre el caserío varias quebradas que sólo llevan agua en invierno.

Según la Clasificación de los Suelos de Guatemala de Simmons, Tárano y Pinto, la serie que le corresponde al área de Jalapa es (JI). Estos son de profundidad variable, la mayoría se hallan entre los 40 a 60 centímetros, generalmente se encuentran establecidos en áreas con cierto nivel de pendiente y otros con pendientes moderadas en donde se han originado a partir de disposiciones o coluviamientos gruesos y recientes. Estos suelos son susceptibles a la erosión cuando se encuentran en superficies inclinadas, por lo que se recomienda su utilización con cultivos permanentes como frutales: cítricos, lauráceas y deciduos.

El perfil del suelo superficial, a una profundidad alrededor 10 a 20 centímetros, es franco arenoso fino de color gris a gris oscuro. La reacción es de fuerte a medianamente ácido, pH alrededor de 5.5. El subsuelo, a una profundidad alrededor de 30 a 40 centímetros, es franco o franco arenoso fino de color amarillo grisáceo, que es duro cuando está seco, pero friable cuando está húmedo. Carece de estructura y la reacción es muy fuertemente ácida, pH de 4.5 a 5.0.6 El substrato es toba volcánica o ceniza volcánica pomácea firmemente cementada de color claro que en muchos casos es micácea.

Las variaciones e inclusiones, varían en textura de franco arcillo arenoso a franco arenoso, pero el tipo franco arenoso fino es muy extenso. La profundidad de la capa del suelo varía, pudiendo llegar a 75 centímetros; en muchas áreas los afloramientos de la toba son numerosos llegando a constituir hasta el 5% del área. La consistencia de la toba varía de suave a muy dura. Pero se encuentran áreas con suelos profundos y oscuros, éstos se pueden apreciar en los fondos de los valles y las mesetas altiplánicas.

En cuanto a usos y recomendaciones, prácticamente toda el área sostiene una vegetación abierta de pino (*Pinus ocarpa*) con una cubierta de pastos y cultivos limpios, recomendable para el manejo forestal y el establecimiento de cultivos permanentes (aguacate, jocote de corona, pomáceas entre otros).

Para la capacidad de uso del suelo, se aplica la metodología de la clasificación de la capacidad productiva del suelo bajo el sistema USDA (Servicio de Agricultura de los Estados Unidos), se tomó en consideración principalmente las variables siguientes: pendiente, textura, drenaje superficial e interno, profundidad, contenido de materia orgánica y material generador, lo que permitió determinar que la zona del Proyecto se encuentra ubicada en las clases VI y VII (ver figura No 5).

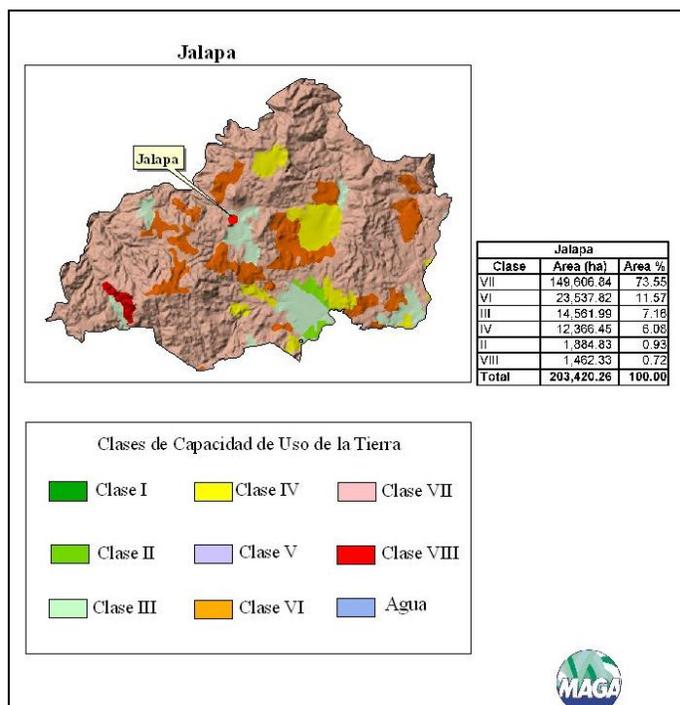
La clase VI, dice que las tierras sólo para cultivos perennes y de montaña, principalmente para fines forestales y agroforestería, con factores limitantes muy severos de topografía, profundidad y pedregosidad. Suelos muy poco profundos, no mecanizables, textura deficiente, topografías onduladas a fuerte o quebrada y pronunciada pendiente, drenaje aceptable, no aptas para cultivos limpios. Generalmente su uso es para cultivos permanentes y bosques, aunque pueden desarrollarse cultivos con sus respectivas restricciones de conservación de suelos y especies adecuadas.

Mientras que la clase VII apunta que las tierras cultivables con severas restricciones, aptas para fines de uso y explotación forestal o cultivos permanentes, de topografía ondulada a quebrada, con pendientes entre 30 y 45%. Incluye suelos poco profundos, de textura y drenaje restringidos. No aptas para cultivos limpios, sin embargo los cultivos permanentes pueden considerarse en pendiente poco pronunciadas, con prácticas adecuadas de

conservación de suelos (plantación al tresbolillo, curvas a nivel o terrazas donde se puedan realizar).

Según el Mapa Geológico de la República de Guatemala, se pudo determinar que el material originario de estas regiones, son Tv; rocas ígneas y metamórficas del Cuaternario (rocas volcánicas).

Figura 5. **Clases de capacidad de uso de la tierra**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA.

1.1.1.7. Idioma

En el municipio de Jalapa, el caserío El Chaguite y la colonia Linda Vista se habla el español.

1.1.1.8. Servicios públicos

Infraestructura básica con la que cuenta la cabecera municipal de Jalapa;

En cuanto al servicio de agua potable, el agua que surte en gran parte a la ciudad de Jalapa en su casco urbano, proviene del río Jalapa, este río es alimentado por varios nacimientos y riachuelos en lo alto de la montaña de Santa María Xalapán.

Del río, el agua se conduce hacia tanques de captación; los cuales se encuentran en la parte alta del pueblo, aproximadamente a dos kilómetros de la ciudad, en el sitio denominado El Arenal, aquí se da el proceso de filtración, purificación y clorificación del agua, para que después por gravedad llegue a los usuarios.

Debido al incremento de la población y a su vez el incremento en la demanda de este servicio, la municipalidad ha tenido que buscar formas de abastecer a la población de este vital líquido, mediante la perforación de pozos mecánicos en distintos puntos de la cabecera, los cuales proveen de agua a los barrios y colonias donde es imposible que llegue el agua de la planta de distribución municipal.

Hasta el momento se cuenta con la cantidad de cuatro pozos perforados, de los cuales uno está sin funcionar, por no contar con equipo de bombeo. No

obstante, el pueblo se ha ido extendiendo hacia puntos en los cuales ha sido imposible cubrir este servicio.

Es por ello que se observa la necesidad de introducir el servicio de agua potable hacia esos puntos, ya que éste es un servicio básico para el desarrollo de la población y a la vez es un factor esencial para preservar la salud.

El servicio de alcantarillado sanitario en la cabecera es de 75%, quedando un 25% de la población sin acceso a este servicio, en la mayor parte donde existe este servicio, ya se ha completado el período de diseño. En un 100% el servicio es combinado, el cual conforme ha ido pasando el tiempo a llegado a causar estragos en distintos puntos de la ciudad, donde converge la mayor parte del caudal acumulado.

Se suma a esta problemática el incremento de la población, quien introduce al sistema de drenajes todo tipo de caudal, sumado a esto el cambio que se ha registrado en la intensidad con la que se precipita la lluvia, con lo cual empeora la situación.

Es por ello que en la actualidad se están tomando medidas al respecto, una de ellas es la introducción de tubería para el caudal sanitario y tubería para el caudal pluvial, esta será de PVC, ya que la existente es de concreto. Se espera que en los próximos meses se cuente con este tipo de tubería en la mayor parte del sistema principal; en cuanto al resto de la población que no tiene este servicio, se encuentra distribuida en distintos puntos de la ciudad.

La fracción donde no existe este servicio, la situación es difícil, los vecinos se ven obligados a seguir utilizando sistemas de letrización tradicionales, siendo estos los pozos ciegos ventilados, mismos que causan reproducción de

insectos, y la contaminación de los mantos acuíferos subterráneos. Por la falta de este servicio corren los desagües a flor de tierra, provoca un aspecto visual desagradable, a la vez que se cría un ambiente para la proliferación de enfermedades y parásitos, que deterioran el estado de salud de la población.

La energía eléctrica de Jalapa proviene de la hidroeléctrica Chixoy que se desvía de la línea principal a Guatemala, a la altura de Sanaráte. Este servicio cubre un 90% de la población, el que es brindado por la Municipalidad de la cabecera, mediante la Empresa Eléctrica Municipal, el otro 10% lo provee DEORSA.

Este servicio eléctrico, por la magnitud que alcanzó el lugar, es obsoleto y deficiente, a tal grado que está a punto de colapsar por el deterioro que sufre la red de distribución, ya que data desde principios de la década de los sesenta, lo que indica que su período de diseño, que fue de 40 años ya fue rebasado y necesita ser sustituido al menos el 90% de la red.

Sistema vial se desarrolla de la siguiente forma; 65% de sus calles se encuentran pavimentadas, un 20% adoquinada y un 15% se encuentra aún de terracería; es de gran importancia hacer mención en cuanto al estado, señalización y reordenamiento vial, con la cual se cuenta en este momento.

En cuanto al estado de las distintas vías, está en marcha un programa de rehabilitación de las principales calles, mediante el cambio de adoquín por pavimento de concreto, debido a que el adoquinado presenta un deterioro avanzado.

Para el resto de las calles se tiene planificado realizar un estudio, que será ejecutado por fases, dichas fases pretenden cubrir las necesidades en lo que

respecta a la pavimentación del resto de calles, serán tomadas en cuenta y ordenadas por el grado de importancia que presenten, tanto por la ubicación como la contribución a la fluidez del tráfico, mediante la habilitación de vías alternas. Con la puesta en marcha de este proyecto se contribuye al desarrollo y la mejora en cuanto al aspecto visual de la ciudad.

Lo que respecta a la señalización de la ciudad se puede comentar que existen ciertas deficiencias en la misma, tanto en las lumínicas como en la físicas, debido al desorden que existe en el sistema; ya que los semáforos existentes no funcionan, los altos en las intersecciones no cuentan con la visibilidad mínima, y los indicadores del sentido de las vías, algunos ya no existen; es por ello que es de suma importancia la rehabilitación del sistema.

El ordenamiento vial de la ciudad de Jalapa es una necesidad latente que se hace notar en los puntos de convergencia de la mayoría de la población, debido a la desorganización que se ha venido dando conforme se ha incrementado el número de vehículos que transitan por las diferentes arterias. Es por ello que el sistema vial de la población necesita ser intervenido, orientado y establecido, en una forma que alivie el problema ya existente.

El servicios de salud de la cabecera departamental cuenta con los siguientes servicios públicos en cuanto a salud; la población en general es atendida por el Hospital Nacional Nicolasa Cruz, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Cruz Roja Guatemalteca, un centro de salud y cuatro hospitales privados, además de varias clínicas médicas.

La educación en la cabecera departamental de Jalapa, puede considerarse aceptable, debido a que existen distintos centros educativos,

públicos y privados que brindan este servicio, entre los cuales se puede mencionar;

Establecimientos públicos: uno de nivel pre-primario, doce de nivel primario, cuatro de nivel básico, tres de nivel diversificado y la sede regional de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Establecimientos privados: cinco de nivel pre-primario, nueve de nivel primario, diez de nivel básico, 10 de nivel diversificado y dos sedes regionales universitarias.

En cuanto a la recreación en el pueblo de Jalapa, se puede comentar que se cuenta con pocos lugares públicos, a los cuales los vecinos puedan acudir, dentro del perímetro del casco urbano existen tres parques,

- Parque Justo Rufino Barrios, se localiza en la salida del departamento de Jalapa hacia el Municipio de Monjas, en su mayor parte cuenta con área verde y una cancha polideportiva, la cual es utilizada para practicar distintos deportes.
- Parque infantil Navidad, su infraestructura básicamente son juegos infantiles como resbaladeros y columpios, los cuales son utilizados por niños de edad corta. Cabe mencionar que dichas instalaciones se encuentran en un estado de deterioro avanzado, lo que indica que necesita una rehabilitación e implementar un plan de mantenimiento para conservarlo funcionando, sin que atente contra la seguridad de los niños.
- Parque central, éste data desde principio de siglo, ya que fue construido durante la primer década del mismo, estas instalaciones han tenido dos remodelaciones durante el tiempo que tiene de existir. En este momento está en marcha la tercera remodelación, la que tiene como fin cambiar

totalmente el aspecto del parque, se estima que esta remodelación se concluirá dentro de cinco meses y se contará con la nueva área de recreación.

Tomando en cuenta la importancia que para todo ser humano representa la recreación y la necesidad de distraerse, es viable impulsar proyectos de esta naturaleza, los cuales puedan llevarse a cabo y estar al servicio de todos los pobladores.

Jalapa cuenta con varias instituciones públicas necesarias para solucionar las diversas necesidades que cada ciudadano tiene en una vida cotidiana.

Las instituciones públicas y privadas con que cuentan Jalapa son las siguientes;

- Iglesias católicas
- Iglesias evangélicas
- Gobernación departamental
- Sala quinta de apelación
- Alcaldía Municipal
- Hospital nacional Nicolasa Cruz
- Administración de Rentas Internas
- Centro de salud
- Puestos de salud
- Supervisión de educación técnica
- Oficinas centrales de la zona no. 8 de obras públicas
- Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)
- Instituto Nacional de Cooperativas (INACOP)

- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA)
- Gremial nacional de trigueros
- Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA)
- Dirección General de Servicios Pecuarios (DIGESEPE)
- Instituto Guatemalteco de Reconstrucción Rural
- Policía Nacional Civil
- Malaria
- Desarrollo de la comunidad
- Registro electoral
- Club de leones
- Agencia del Banco de Guatemala
- Agencia del Banco G & T Continental
- Agencia Banrural
- Cámara de Comercio filial Jalapa
- Obispado de la diócesis de Jalapa
- Cuerpo Voluntario de Bomberos
- Radio Oriental
- Caritas Diocesana de Jalapa
- Complejo deportivo
- Empresa de Telecomunicaciones Guatemalteca TELGUA
- Correos y telégrafos
- Clínica Diocesana de Jalapa
- Casa comunal de ladinos pardos
- Casa comunal de Santa María Xalapan
- Bienestar Social
- Casa del deportista
- Oficina de Caminos
- Instituto Nacional de Comercialización Agrícola (INDECA)

Las cooperativas que funcionan en el departamento de Jalapa son las siguientes;

- Unión Duraznito, Cooperativa Agrícola (Aldea El Duraznito)
- Brizas de Arlutate R. L, Cooperativa Agrícola (Sanyuyo)
- La Corona R. L. Cooperativa Agrícola (Miramundo)
- Esperanza del Futuro R. L, Cooperativa Agrícola
- Flor Blanca Carrizalence R. L, Cooperativa Agrícola (Carrizal)
- Flor de Oriente R. L, Cooperativa de Ahorro (La Laguneta)
- Solidaridad R. L, Cooperativa de Ahorro
- Amanecer R. L, Cooperativa de Ahorro
- Jumay R. L, Cooperativa de Ahorro
- Flor Jalapaneca R. L, Cooperativa Agrícola

1.1.1.9. Producción

Su economía es muy importante para el desarrollo de todo el departamento; es rica y gira alrededor de la agricultura y menor producción de la industria y las artesanías, así como también las empresas.

Es semejante a la del caserío El Chaguite, debido a lo cerca a la cabecera municipal.

En la cabecera de Jalapa y el caserío El Chaguite, la economía es buena, porque hay trabajo, aunque no muy bien pagado. Así mismo, los agricultores producen y los empresarios venden y dan trabajo. La agricultura jalapaneca produce; maíz, café, verduras, frijol, maicillo, frutas, etc.

Entre las empresas emprendedoras se tienen aserraderos, alfarerías, almacenes, carpinterías, peluquerías, ferreterías, clínicas médicas, farmacias, ladrilleras, blockeras y un mercado donde se encuentra de todo.

La actividad agropecuaria del departamento de Jalapa está dividida así;

El 36,7% del área total, se dedica al cultivo de pastos en un total de 2 448 fincas que van de ríos; el 20,7% del área, se encuentra cubierta con bosques y montes en 3,060 fincas; el 40,3% de la totalidad del área, se dedica a los cultivos agrícola en un número de 20 335 fincas y el 2,3% restante, se dedica a otras actividades no descritas, como crianza de ganado y aves domésticas.

La actividad agropecuaria del departamento de Jalapa, se desarrolla en 17 476 fincas, incluyendo entre éstas las formas simples, mixtas y las menores de una cuerda de 625 varas cuadradas, que ocupan 147 723,03 manzanas y son propietarios de fincas de una cuerda o cinco manzanas y el 2% de una o más de 50 caballerías. Este 2% posee el 51,12% de la superficie total del departamento.

La agricultura, en todo el departamento de Jalapa, no ha avanzado mucho en sus cultivos, ya que son los mismos de antes, tales como: maíz, arroz, tomate, tabaco, legumbres, frijoles, papa, trigo y frutas, que son parte de los productos de la economía, aunque hay más cultivos importantes, pero que no se cultivan en gran cantidad.

En cuanto a sus sistemas, sí ha mejorado mucho, porque Reconstrucción Rural, ICTA y DIGESA, se han interesado en enviar técnicos para mejorar su sistema de cultivos. Para mejorar los productos agrícolas, llegan a las

montañas y municipios, peritos especializados a orientar a los agricultores para que hagan injertos, aboneras naturales, almácigos y a seleccionar semillas.

La ganadería y la avicultura, también son parte de la agricultura porque la tierra produce los pastos para su alimentación, por eso todo el departamento tiene crianzas de diferente clase de ganado y aves de corral.

En todas las clases de cultivos, del departamento, se usa la aplicación de insecticidas, herbicidas y fertilizantes. Estos se aplican en forma de rociamiento, lo colocan en la raíz en forma de granos.

El comercio en Jalapa cuenta con numerosas diferentes avenidas de ingresos.

Se ha incrementado con la demanda de los más de 446 130 habitantes. Jalapa goza de la versatilidad de los emprendedores comerciantes que han desarrollado sus propios negocios. Jalapa es regido en su gran mayoría por propietarios terratenientes y/o ganaderos, agricultores y artesanos, y de grandes y pequeños negocios establecidos desde los '60s hasta la actualidad.

El comercio en Jalapa ya no depende solamente de la agricultura, el ganado y la artesanía, pues actualmente Jalapa cuenta con varios bancos, hoteles, tanto antiguos como modernos, tiendas de electrónicos, textilería, restaurantes, ferreterías, etc., Sin olvidar por supuesto los medios de transporte urbano/local que ha sido uno de los comercios más antiguos de Jalapa, ícono de la Ciudad, la terminal de autobuses, que se encuentra anexo al mercado central.

En Jalapa la economía se fue incrementando a través de las divisas adquiridas de los jalapanecos en los Estados Unidos de América, u otros países del mundo, pues envían grandes cantidades de dinero al departamento; además de lo antes mencionado, Jalapa también cuenta con varios colegios privados, los cuales generan fuentes de empleo, al igual que hospitales privados (Clínicas de Salud), que son en su mayoría manejados por médicos de excelente reputación en Jalapa.

El turismo engalana el departamento con varios centros turísticos:

En el departamento de Jalapa existen varios centros hermosos para visitarlos en los días de descanso, ya que la naturaleza es lo más puro y nadie lo puede superar. Los principales centros turísticos;

- Laguna de Los Achiotes Jumay
- Laguna de Hoyo en Monjas
- Balneario Los Chorros en San Pedro Pinula
- Balneario Agua Tibia en San Pedro Pinula
- Balneario San Juan en San Carlos Alzatate
- Balneario Agua Tibia en Monjas
- San Luis Jilotepeque con su iglesia Colonial y sus ruinas pocomames
- Balneario Agua Caliente en San Luis Jilotepeque
- Montículos del Chagüite y la Shule
- Montículos de la Campana en Monjas
- Montículos del Llano Grande a orillas del Río Guirila en Monjas
- Poza La Barranca en los Tablones
- Ruinas Coloniales de Ayarza
- Río Ostua o Grande
- Cerro del Cotorro con sus muchas leyendas

- Cascadas de Tatasirire
- Catarata de Urlanta

1.1.2. Demografía

Para el estudio demográfico del caserío El Chaguite, es importante conocer los siguientes puntos, los cuales se describen a continuación.

1.1.2.1. Datos de la población

La población en el caserío El Chaguite, a la fecha en la que se realizó la encuesta de un cien por ciento, es ladina 20%, mestiza un 55% e indígena un 25%.

1.1.2.2. Distribución de viviendas

En el caserío El Chaguite se observa un área central donde se encuentran las viviendas ubicadas a la orilla de la carretera, haciendo que se concentre la mayor cantidad de población en ella, siendo esta mayoría la que se tomó en cuenta para realizar el trabajo de EPS. La otra parte de las viviendas se encuentran en la montaña que rodea el lugar.

1.1.2.3. Datos sobre el uso del agua

Actualmente la población si cuenta con el servicio de agua potable, bastante deficiente, pero la municipalidad está resolviéndolo a través de un pozo mecánico.

1.1.2.3. Canalización de aguas servidas

El caserío El Chaguite cuenta únicamente con un canal abierto formado naturalmente para conducir las aguas servidas de las viviendas.

1.1.2.4. Tipología de viviendas

El tipo de vivienda es variado, algunas se encuentran fabricadas con muros de adobe y techo de teja y algunos casos con techo de lámina de zinc, en muy pocos casos se encuentran casas con muros de block y lámina de zinc.

1.1.3. Condición sociocultural

Se toman tres aspectos para el análisis del caserío El Chaguite, siendo estos: educación, salud y cultura.

1.1.3.1. Educación

Se cuenta con una escuela de nivel primario en jornada matutina, en jornada vespertina la misma instalación, cuenta con nivel básico; evitando así que los alumnos tengan que viajar a la cabecera departamental para su educación y formación.

1.1.3.2. Salud

Se cuenta con un centro de salud que atiende a diario a todos los habitantes de la población, con dos enfermeras y un doctor que llega una vez por semana, este servicio es proporcionado por el Ministerio de Salud.

La natalidad en el caserío El Chaguite, se da con un promedio de nacimientos de 60 niños por año, según datos del centro de salud de el caserío.

En cuanto a la mortalidad muere un promedio de 18 personas por año, según datos obtenidos por el centro de salud de la aldea.

Las principales enfermedades que afectan a la población son las siguientes; respiratorias y gastrointestinales; pero es importante resaltar el echo de que la anemia y desnutrición también ocupan un lugar prioritario.

1.1.3.2. Cultura

El caserío El Chaguite de igual forma que el municipio de Jalapa, es de tradición mestiza y por estar ubicado cerca de el centro del territorio oriental, esto lo hace un punto importante de convergencia en la región. En la época prehispánica fue habitado por los grupos étnicos Pipil, Poqomam y Xinka. En la actualidad predomina el idioma Español y una cultura mestiza influenciada por las costumbres castellanas, de donde surgieron las características culturales del territorio del país que se centran en lo pecuario.

1.1.4. Condición económica

La actividad económica de los hombres en este caserío se realiza a través de la agricultura (granos básicos, verduras y frutas); el comercio (tiendas, panaderías, herrerías, carpinteros, carniceros, sastres, músicos, etc.); artesanía típica; profesionales en diversas especialidades (maestros, policías, peritos contadores, militares, etc.) y servicios varios (pilotos automovilistas).

Las mujeres de esta aldea que realizan actividades para generar ingresos económicos, lo hacen a través de prestación de servicios domésticos (comida, lavado, planchado y limpieza); producción y venta de animales domésticos y sus derivados (gallinas, vacas, conejos, etc.); comercio agrícola (venta de verduras, flores y frutas); comercio (tiendas), profesionales (maestras, secretarias, peritos en dibujo y construcción, peritas contadoras, etc.).

El ingreso promedio mensual familiar es de Q.2 500,00; basándose principalmente en la fuerza de trabajo como agricultores, albañiles y jornaleros, crianza de animales, etc. La falta de empleo ha provocado que habitantes de este caserío opten por trasladarse a otros lugares en busca de oportunidades que les permita mejorar su calidad de vida y la de su familia, especialmente a EE.UU. También hay casos en los que el objetivo de la migración es el estudio, ya sea de nivel medio o universitario.

1.1.5. Organización comunitaria

La organización comunitaria es controlada por los hombres, existe poca participación de las mujeres. El caserío El Chaguite está organizado por varios comités que están integrados por vecinos. Lo preside el COCODE de la comunidad, seguido del comité de agua potable, comité de energía eléctrica, comité de salud y educación.

1.1.6. Servicios en la comunidad

El caserío El Chaguite por medio de sus comités organizado, han logrado el crecimiento de su comunidad. La comunidad cuenta con;

- Servicio de energía eléctrica
- Servicio de agua potable
- Dos escuelas de nivel primario
- Un instituto de educación medio
- Un centro de convergencia
- Veinte por ciento de calles adoquinadas
- Teléfonos públicos
- Servicio de buses extraurbanos
- Oratorio católico
- Iglesias evangélicas

1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos del caserío El Chaguite.

El caserío El Chaguite tiene una serie de necesidades, tanto de servicios básicos como de infraestructura.

1.2.1. Identificación de las necesidades

Entre estas necesidades se pueden mencionar los siguientes;

- Alcantarillado sanitario, éste se hace necesario, ya que las aguas servidas corren a flor de tierra, generándose así, un foco de contaminación que afecta a los pobladores.
- Pavimento de calles: se da la necesidad de pavimentar las calles debido a que, en época de lluvias estas se inundan, y generan peligro al transitar por ellas en ese estado.
- Puente vehicular: el puente actual que se encuentra en el centro del caserío, está dañado y presenta un peligro en época de invierno para los pobladores.
- Mejoramiento del proyecto de agua potable: este se hace necesario, ya que el servicio actual con que cuenta la comunidad no es suficiente para cumplir con la demanda de la población.
- Cerco perimetral de la escuela urbana de nivel primario: actualmente el terreno con que cuenta la escuela, no tiene ninguna protección para los niños; siendo también peligro de robo el mobiliario y equipo de la escuela.

- Iluminación de calles: es necesario que las calles de la comunidad estén iluminadas por las noches para poder resguardar la seguridad de los vecinos que las transitan.

1.2.2. Priorización de las necesidades

De acuerdo a los criterios de las autoridades municipales, COCODES y E.P.S. se priorizaron las necesidades de la siguiente forma;

- Alcantarillado sanitario
- Mejoramiento del proyecto de agua potable
- Puente vehicular
- Pavimento de calles
- Iluminación de calles

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Chaguite del municipio de Jalapa, Jalapa

La construcción del sistema de drenajes constituye una necesidad de los habitantes del caserío El Chaguite, ya que actualmente los drenajes fluyen a flor de tierra, ocasionando enfermedades en la población.

2.1.1. Descripción del proyecto

Debido a que el caserío se encuentra en el contorno del casco urbano de la cabecera departamental, los malos olores y contaminación se trasladan a través del viento hacia la población de la cabecera, por lo cual es sumamente primordial la construcción de este sistema para evitar enfermedades a toda la población de la cabecera departamental. Con el sistema de drenajes, se evitará la proliferación de enfermedades en los habitantes del caserío El Chaguite, mejorando su calidad de vida.

Los beneficiarios directos son 924 habitantes de la comunidad

- Descripción del proyecto. El diseño del sistema de drenaje en el caserío El Chaguite, alcanza;

- 1 787,00 m de replanteamiento topográfico.
- 2 027,08 m³ de excavación de zanjas.
- 1 783,83 m³ de relleno de zanjas.
- 1 787 m de suministro y colocación de tubería PVC ø6" norma ASTM
- 132 unidades domiciliarias (candela: tubo de concreto 12" y tubería de empotramiento de PVC ø 4" norma ASTM F-949).
- 6 fosas sépticas.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Se realiza para poder identificar los puntos críticos del terreno conociendo la forma y figura del mismo, utilizando la altimetría y planimetría para lograrlo.

2.1.2.1. Altimetría

El levantamiento altimétrico o nivelación, se realiza comúnmente con instrumento de topografía (nivel), tomando las mediciones a distancias no mayores de los 20 m sobre el eje de las calles, los puntos obligados en cambios de pendiente, intermedios de pendientes grandes y los cruces de calles.

Las marcas de nivelación (bancos de marca) deben colocarse con anterioridad a los trabajos de nivelación, de tal forma que se asegure completamente su conservación. .

2.1.2.2. Planimetría

Los levantamientos planimétricos se pueden realizar con diferentes métodos, entre ellos, por deflexiones, por rumbo y distancia y conservación de azimut, sirviendo esencialmente para ubicar la red dentro de las calles, ubicar

los pozos de visita y todos los puntos de importancia como ramales o entradas domiciliarias al colector principal. Generalmente, entre todos los métodos se utiliza más el de conservación de azimut, por tener la ventaja que permite conocer el error de cierre. Dichos datos son anotados en una libreta topográfica de campo, acompañando el croquis de recorrido. El método utilizado para este levantamiento topográfico es el de conservación de azimut.

2.2. Diseño del sistema

De acuerdo con su finalidad, existen tres tipos de alcantarillado. La selección o adopción de uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizás el más importante es el económico.

2.2.1. Descripción del sistema a utilizar

- Alcantarillado sanitario; recoge las aguas servidas domiciliarias, como, baños, cocinas, lavados y servicios; las de residuos comerciales, como, restaurantes y garajes; las de residuos industriales, e infiltración.
- Alcantarillado pluvial; recoge únicamente las aguas de lluvia que concurren al sistema.
- Alcantarillado combinado; posee los caudales antes mencionados (sanitario y pluvial).

En este caso se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario, porque sólo se recolectarán aguas servidas domiciliarias.

2.2.2. Diseño hidráulico

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se elabora de acuerdo a las normas que establece el Instituto de Fomento Municipal – INFOM-. En este proyecto se beneficiará el 100% de las viviendas actuales de la aldea, debido a la inexistencia de este servicio, no así en el proyecto de agua potable, por razones expuestas con anterioridad.

2.2.2.1. Período de diseño

Es importante recalcar que cuando se diseña una red de alcantarillado sanitario, se debe determinar el tiempo en el cual el proyecto prestará eficazmente el servicio, pudiendo proyectarlo para realizar su función en un período de 20 a 40 años, a partir de la fecha en que se realice el diseño, y tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales, lo cual se puede determinar por normas del Instituto de Fomento Municipal y la Dirección de Obras Públicas.

Para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se tomó un período de diseño de 21 años, pensando en que se necesitará un año para conseguir el financiamiento para la ejecución del proyecto y solicitar los debidos permisos para su construcción.

2.2.2.2. Población de diseño

El método de incremento geométrico se da a través del diseño de una red de alcantarillado sanitario, se debe adecuar a un funcionamiento eficaz durante un período de diseño, realizando una proyección de la población futura que

determina el aporte de caudales al sistema al final del período de diseño. Para encontrar la proyección de población futura existen tres métodos diferentes;

- Método de incremento aritmético
- Método de incremento gráfico
- Método de incremento geométrico; siendo este último el más aplicado por ser práctico y eficaz, definiéndose por la siguiente ecuación.

Donde;

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

P = Población futura
 P_o = Población inicial
 r = Tasa de crecimiento
 n = Años transcurridos

Habitantes por vivienda = Número de habitantes / número de casas

$$Hab.Viv. = 924 / 132 \qquad Hab.Viv. = 7,00 Hab / casa.$$

Para este diseño se tomaron los datos ya recolectados del caserío El Chaguite, donde la población es de 924 habitantes, y se estima, como ya se dijo, un período de 21 años. Una tasa de crecimiento de 4,9% (fuente dada por la municipalidad de Jalapa) y una densidad de habitantes de 7,00 personas/casa, con un total de 132 viviendas, teniendo un total de población de 2 523 habitantes al final del período de vida útil del sistema.

Para este estudio;

$$P_o = No.Viv * densidad.de.Hab/Viv \qquad P_o = 132 * 7$$

$$r = 4,9\% \quad (\text{fuente; municipalidad de Jalapa})$$

$$n = 21$$

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

$$P = 924 * (1 + 0,049)^{21}$$

$$P = 2\,523,232\,2 = 2\,523 \text{ hab.}$$

2.2.2.3. Dotación

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, condiciones socioeconómicas, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

El proyecto de agua potable para la misma comunidad, se contempló una dotación de 90 l/hab/día, misma que será utilizada para diseñar éste proyecto.

2.2.2.4. Factor de retorno

En las viviendas el agua tiene diferentes usos. Todos esos usos han sido cuantificados por diferentes instituciones, como la Asociación Guatemalteca de Ingenieros Sanitarios y Ambientales, y la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, las que han establecido datos en lo referente a factores de consumo de agua como: lavado de utensilios, baños, preparación de alimentos, lavado de ropa y bebidas, que se dirigen directamente al sistema de alcantarillado.

Gracias a esto, se ha podido estimar que, del total de agua que se consume dentro de las viviendas, aproximadamente de un setenta a un noventa por ciento se descarga al drenaje, lo cual constituye el caudal domiciliar. En el presente proyecto se utilizará un valor de 0,80.

2.2.2.5. Factor de flujo Instantáneo

Conocido también como factor de Hardmond, es el factor que se encarga de regular un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico, determinando la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso del servicio.

Estará siempre en función del número de habitantes localizados en el área de aporte y su cálculo se realiza según la siguiente ecuación.

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{P/1\ 000}}{4 + \sqrt{P/1\ 000}}$$

Donde;

F.H. = Factor de Hardmond

P = Población futura acumulada en miles

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{2\ 523/1\ 000}}{4 + \sqrt{2\ 523/1\ 000}} = 3,5052$$

2.3. Caudal sanitario

Las cantidades de aguas servidas que van de las viviendas hacia el colector principal necesitan ser calculadas utilizando los procedimientos siguientes:

2.3.1. Caudal domiciliar

Es la ración de agua que se desecha de las viviendas por consumo interno hacia el colector principal, estando relacionada directamente con el suministro

de agua potable en cada hogar, ya que teniendo dicho servicio se generan las aguas contaminadas por los diferentes factores que ocurren, como: lavado de alimentos y utensilios de cocina, regaderas, inodoros, pilas, lavamanos. El agua utilizada en jardines, lavado de banquetas, lavado de vehículos, etcétera no es introducida al sistema de alcantarillado, para el presente informe, como se mencionó anteriormente, quedando el caudal integrado de la siguiente manera;

Donde;

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{No.Hab.} * \text{Dot.} * \text{F.R}}{86\ 400}$$

- Q_{dom} = Caudal domiciliar (l/s)
- No. Hab. = Número de habitantes futuros
- Dot. = Dotación (l/hab/día)
- F.R = Factor de retorno
- 86 400 = Constante

Para este estudio;

- No. Hab. = 2 523
- Dot. = 90 l/hab/día
- F.R = 0,85
- 86,400 = Constante

$$Q_{\text{dom}} = \frac{2\ 523 * 90 * 0,85}{86\ 400} = 2,23 \text{ l/s}$$

El caudal industrial es el agua proveniente del interior de todas las industrias existentes en el lugar, como procesadoras de alimentos, fábricas de textiles, licoreras, etc. La dotación suministrada de agua puede variar entre 1

000 y 18 000 litros/industria/día, dejando a consideración del diseñador de la red dicha dotación, según el tipo de industria que exista, si no se contase con un dato específico.

Donde;

Q_{ind}	= Caudal industrial (l/s)	$Q_{ind} = \frac{No.Ind. * Dot.}{86\ 400}$
No. Ind.	= Número de industrias	
Dot.	= Dotación (l/industria/día)	
86 400	= Constante	

Para este estudio no se cuenta con ninguna industria; por lo consiguiente no se tomará el caudal industrial para determinar el caudal medio.

Mientras que el caudal comercial es la porción de agua generada en el interior de los comercios, comedores, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial varía según el establecimiento a considerarse y puede estimarse entre 600 a 3 000 litros/comercio/día, determinando dicha dotación la persona que realice el diseño, si se cuenta con un dato determinado.

Donde;

		$Q_{com} = \frac{No.Com.* Dot.}{86\ 400}$
Q_{com}	= Caudal comercial (l/s)	
No. Com.	= Número de comercios	
Dot.	= Dotación (l/comercio/día)	
86 400	= Constante	

Para este estudio no se cuenta con ningún comercio; por lo consiguiente, no se tomará el caudal comercial para determinar el caudal medio.

2.3.2 . Caudal de infiltración

Es la porción de agua que se infiltra en el alcantarillo, el cual dependerá del nivel freático del agua, de la profundidad y tipo de la tubería, de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas y la calidad de mano de obra.

Su cálculo incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias. Aceptando un valor de 6 m por cada casa, la dotación de infiltración varía entre 12 000 y 18 000 l/km/día.

$$Q_{Inf} = \frac{(\text{Long.Tub.} + \text{No.Casas} * 0,006)}{86\ 400} * \text{Dot.}$$

Donde;

Q_{Inf}	= Caudal por infiltración (l/s)
Long. Tub.	= Longitud de la tubería del colector en km
Dot.	= Dotación (litros/kilómetro/día)
No. Casas	= Número de casas

Para este estudio no se tomará en cuenta el caudal de infiltración, ya que en el diseño se utilizará tubería de PVC, y este material no permite infiltración de agua.

2.3.3 Caudal por conexiones ilícitas

Este caudal es la porción de agua generada por las viviendas que conectan las tuberías del drenaje de agua pluvial al sistema de alcantarillado sanitario, sin estar diseñado para soportar dicho caudal por lluvias. Previendo tal

problemática, se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar conexiones ilícitas que varía de 0,5 a 2,5%.

Se calcula por medio de la fórmula del método racional, por no contar con la información necesaria para la utilización del Método Racional, el caudal de conexiones ilícitas se calcula por medio de los parámetros regulados por el INFOM, tomando en este caso un valor de 25% del caudal domiciliar.

Dotación Q ilícitas = 25% * dotación por habitante

Donde: dotación por habitante = 90 l/hab/día

$$Q_{C.I} = \frac{\text{Dot. Ilícitas} * \text{No.Hab}}{86\ 400}$$

Donde;

$Q_{C.I}$ = Caudal conexiones ilícitas (l/s)

Dot.ilícitas = La dotación propuesta para el lugar en estudio (l/hab/día)

No.Hab = Número de habitantes a servir

86 400 = Constante

Para este estudio;

Dot.ilícitas = 25% * 90 l/hab/día = 22.5 l/hab/día

No.Hab = 2 523

86 400 = Constante

$$Q_{C.I} = \frac{22.5 * 2\ 523}{86\ 400} = 0.66$$

2.3.4. Factor de caudal medio

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

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{C.I}} + Q_{\text{mf}}$$

Para este estudio;

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{C.I}}$$

$$Q_{\text{med}} = 2,23 + 0.66 = 2.89 \text{ l/s}$$

Factor de caudal medio

Es el factor que registra la cantidad de caudal sanitario por poblador que se produce en un día, siendo el encargado de regular la aportación del caudal en la tubería, y se define por la siguiente ecuación.

$$\text{F.Q.M} = \frac{Q_{\text{med}}}{\text{No.Hab}}$$

Donde;

F.Q.M = Factor de caudal medio

Q_{med} = Caudal medio

No. Hab. = Número de habitantes futuros

Para este estudio;

$$Q_{med} = 2.89$$

$$\text{No. Hab.} = 2523$$

$$F.Q.M = \frac{2.89}{2523} = 0,001144$$

A continuación se presenta la tabla II, rangos de valor para factor de caudal medio, según instituciones locales encargadas de velar por la buena construcción de sistemas de alcantarillado sanitario.

Tabla II. **Rango de valores de factor caudal medio.**

INSTITUCIÓN	FQM
INFOM	0,004 6
Municipalidad de Guatemala	0,003
DGOP	0,002-0,005

Fuente: INFOM, Municipalidad, DGOP.

El factor de caudal medio, deberá estar comprendido dentro de los rangos de la Dirección General de Obras Publicas (DGOP), si el valor que se obtiene es menor de 0,002, se tomará esta cifra exacta mencionada, y si es mayor de 0,005 se tomará esta última cifra.

Con lo anteriormente estipulado, se comprueba que el F.Q.M. encontrado en el estudio, se encuentra por debajo del 0,002 por lo que se utiliza este valor en este proyecto.

2.3.5. Caudal de diseño

Es el que se determina para establecer qué cantidad de caudal puede transportar el sistema en cualquier punto, en todo el recorrido de la red, siendo este el que establecerá las condiciones hidráulicas sobre las que se realizará el diseño del alcantarillado.

$$Q_{dis} = \text{No.Hab.} * \text{F.H.} * \text{F.Q.M.}$$

Donde;

Q_{dis} = Caudal de diseño

No. Hab. = Número de habitantes futuros acumulados

F.H = Factor de Harmond

F.Q.M = Factor de caudal medio

Para este estudio;

No. Hab. = 2 523

F.H = 3,51 $Q_{dis} = 2\,523 * 3,51 * 0,002 = 17,71 \text{ l/s}$

F.Q.M = 0,002

2.3.6. Diseño de secciones y pendientes

Se recomienda que la pendiente utilizada en el diseño, sea la pendiente que tenga el terreno natural, así de esta forma evitar sobre costo por excesiva excavación, siempre y cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles; para PVC se recomienda una pendiente mínima de 1% en los colectores y de 2% dentro de las viviendas, lo que asegura un arrastre de excretas. En las áreas donde la pendiente del terreno es muy poca, se recomienda en lo posible acumular la mayor cantidad de caudales, para generar una mayor velocidad.

2.3.7 Velocidad máximas y mínimas

La velocidad de arrastre se calcula mediante la ecuación de Manning, la cual se define así;

$$V = \frac{R^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde;

V = Velocidad m/s

R = Radio hidráulico

S = Pendiente del canal

n = Coeficiente de rugosidad, propiedad del canal

Los parámetros de diseño hidráulico y el coeficiente de rugosidad con la existencia de empresas que se encargan de la fabricación de tuberías para la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, teniendo que realizar pruebas que determinen un factor para establecer cuán lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería que se vende. Manejan parámetros de rugosidad para diferentes materiales y diámetros, ya estipulados por instituciones que regulan la construcción de alcantarillados sanitarios.

Existen valores de factores de rugosidad de algunas de las tuberías más empleadas en el medio, entre las que se tienen;

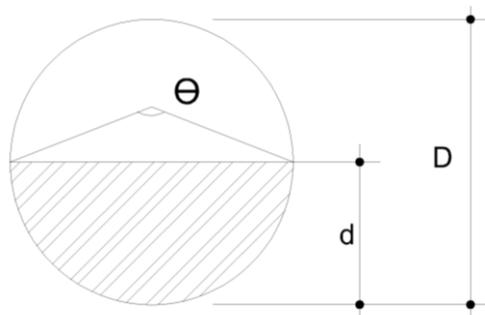
Tabla III. **Factor de rugosidad n**

Mampostería	0,017-0,030
Tubo de concreto Diám. < 24"	0,011-0.016
Tubo de concreto Diám. > 24"	0.013-0,018
Tubo de asbesto cemento	0,009-0,011
Tubería de PVC	0,006-0,011

Fuente: Universidad Medellín, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

La sección llena y parcialmente llena se muestra en la figura 6.

Figura 6. **Sección parcialmente llena**



Fuente: Universidad Medellín, Centro de Investigaciones.

Para el cálculo de la velocidad, se emplea la fórmula de Manning descrita anteriormente, la cual se define de la siguiente manera;

$$V = \frac{R^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

El caudal que transportar

$$Q = A * V \quad A = \pi/4 * D^2$$

Donde;

Q = Caudal a tubo lleno (l/s)

A = Área de la tubería (m²)

V = Velocidad a sección llena (m/s)

π = Constante Pi

D = Diámetro del tubo

Simplificando la fórmula para obtener el área directamente en metros cuadrados en función del diámetro en pulgadas y se debe utilizar la fórmula siguiente;

$$A = 0,0005067 * D^2 * 1\ 000$$

Donde;

D = Diámetro del tubo en pulgadas

Las ecuaciones para calcular las características hidráulicas de la sección parcialmente llena del flujo de una tubería circular, se presentan a continuación;

$$a = D^2 / 4 * (\theta * \pi / 360 * \text{sen} \theta / 2)$$

$$p = D / 2 * \theta * \pi / 360$$

$$v = \frac{r^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

$$r = D / 4 * (1 - 360 / 2\pi\theta * \text{sen}\theta)$$

$$q = a * v$$

$$d = \frac{D}{2} * (1 - \cos \frac{\theta}{2})$$

Donde;

- D = Diámetro del tubo
- d = Tirante de la sección
- v = Velocidad a sección parcial
- q = Caudal a sección parcial

Con base a las ecuaciones anteriores, tomando en cuenta la relación entre estas y la ecuación de Manning, y para minimizar trabajo, se creó la fórmula siguiente, con dimensionales m/s, la cual se aplicará en este diseño;

$$V = \frac{0,034 \ 29 \ D^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde;

- V = Velocidad a sección llena (m/s)
- D = Diámetro del tubo (in)
- S = Pendiente del terreno (%/100)
- n = Rugosidad del material (tubo de PVC = 0,010 y tubo de concreto = 0,014, ambas adimensional)
- # = Constante

La velocidad para la que se diseñarán los sistemas de alcantarillado deberá estar dentro del rango siguiente, según el INFOM.

$$0,60 \text{ m/s} \leq v \leq 3 \text{ m/s}$$

El fabricante de la tubería recomienda el siguiente parámetro de velocidad.

$$0,40 \text{ m/s} \leq v \leq 4 \text{ m/s}$$

2.3.8. Cotas invert

Es la cota de nivel que determina la colocación de la parte interior inferior de la tubería que conecta dos pozos de visita. Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería en un tramo del alcantarillado, se calculan de la siguiente manera.

$$CT_f = CT_i - (D.H * S_{\text{terreno}}\%)$$

$$S_{\text{tubo}}\% = \frac{CT_i - CT_f}{D} * 100$$

$$CII = CT_i - (H_{\text{Trafic}} + E_{\text{tubo}} + \varphi)$$

$$CII = CIF - 0,03\text{cm}$$

$$CIF = CII - D.H * S_{\text{tubo}}\%$$

$$H_{\text{pozo}} = CT_i - CII - 0,15$$

$$H_{\text{pozo}} = CT_f - CIF - 0,15$$

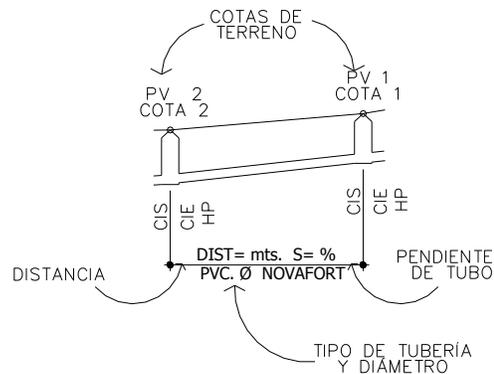
Donde;

CT_f = Cota del terreno final

CT_i = Cota del terreno inicial

D.H	= Distancia horizontal
S%	= Pendiente
CII	= Cota invert de inicio
CIF	= Cota invert de final
H _{trafic}	= Profundidad mínima, de acuerdo al tráfico del sector
E _{tubo}	= Espesor de la tubería
ϕ	= Diámetro interior de la tubería
H _{pozo}	= Altura del pozo

Figura 7. **Detalle de cotas invert**



Fuente: elaboración propia.

2.3.9. Diámetro de tubería

El diámetro mínimo de tubería que se utiliza para el diseño de alcantarillados sanitarios, se determinará según las características y materiales existentes en el lugar, que cumplan con las condiciones hidráulicas para su buen funcionamiento, como lo son la velocidad a sección parcial “v” y la relación de tirantes “d/D”.

Los diámetros más convenientes por razones de fácil instalación y manejo, larga vida útil, bajos costos de mantenimiento, bajos volúmenes de excavación y, principalmente, excelente comportamiento hidráulico en el alcantarillado, son los siguientes;

- Ocho pulgadas cuando se trabaja con tubería de concreto; esto se debe a requerimientos de flujo y limpieza, con lo cual se evitan las obstrucciones en la tubería.
- En tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC), diámetro mínimo de 6 pulgadas, para no perder las condiciones hidráulicas requeridas.

A continuación se presenta una tabla que muestra las dimensiones de la tubería en milímetros y pulgadas.

Tabla IV. Dimensiones básicas para colector principal

Diámetro nominal D_n		Diámetro interior D_i		Diámetro exterior D_e	
mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas
100	4	100,3	3,95	109,2	4,3
150	6	150,1	5 909	163,1	6,42
200	8	200,2	7 881	218,4	8,6
250	10	250,1	9 846	273,9	10 786
300	12	297,6	11 715	325,0	12 795
375	15	364,2	14 338	397,7	15 658
450	18	445,8	17 552	486,5	19 152
600	24	596,1	23 469	649,7	25,58

Fuente: Universidad Medellín, Centro de Investigaciones.

Para conexiones domiciliarias usando tubería de PVC se recomienda un diámetro de 4 pulgadas, formando ángulo de 45 grados, en el sentido de la corriente del colector principal, permitiendo que todo aquel material no muy grande se trabe en este tramo, debido a su diámetro pequeño, no pueda llegar

a la línea principal a ocasionar tapones. Para conexiones domiciliarias usando tubería de concreto se recomienda un diámetro de 6 pulgadas.

2.3.10. Pozos de visita

Luego de determinada la ruta por donde correrá y se ejecutará la red de alcantarillado, se tomará en cuenta colocar pozos de visita en los siguientes casos o combinación de ellos;

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

La profundidad del pozo de visita, al inicio del tramo, está definida por la cota invert de salida; es decir, ésta determina por la siguiente ecuación;

$H_{P,V} = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{Cota invert de salida del tramo} - 0,15$
de base

Al diseñar un sistema de alcantarillado sanitario, se deben tomar en cuenta consideraciones como las que se presentan enseguida, para determinar las alturas de los pozos de visita, si hubiere inconvenientes como los que a continuación mencionamos;

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

$$\varnothing A = \varnothing B$$

$$C. \text{ invert de salida} = C. \text{ invert de entrada} - 0,03$$

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

$$\varnothing A > \varnothing B$$

$$C. \text{ invert de salida} = C. \text{ invert de entrada} - ((\varnothing B - \varnothing A) * 0,025 4)$$

Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro que las que ingresan en él, la cota invert de salida estará 3 cm abajo de la cota más baja que entre.

$$\varnothing A = \varnothing B = \varnothing C$$

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

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

Se tomará el valor menor de los dos resultados.

Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresan en él, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor, presentando diferentes casos.

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

$$\varnothing A = \varnothing B$$

$$\varnothing C > \varnothing A ; \varnothing C > \varnothing B$$

$$C. \text{ invert de salida} = C. \text{ invert de entrada "A"} - ((\varnothing C - \varnothing A) * 0,025 4)$$

$$C. \text{ invert de salida} = C. \text{ invert de entrada "B"} - ((\varnothing C - \varnothing B) * 0,025 4)$$

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

$$\varnothing A \neq \varnothing B$$

$$\varnothing C > \varnothing A ; \varnothing C > \varnothing B$$

$$C. \text{ invert de salida} = C. \text{ invert de entrada "A"} - ((\varnothing C - \varnothing A) * 0,025 4)$$

$$C. \text{ invert de salida} = C. \text{ invert de entrada "B"} - ((\varnothing C - \varnothing B) * .025 4)$$

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

$$\varnothing C = \varnothing B$$

$$\varnothing A \neq \varnothing B ; \varnothing C > \varnothing A$$

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

$$C. \text{ invert de salida} = C. \text{ invert de entrada "A"} - ((\varnothing C - \varnothing A) * 0,025 4)$$

Cuando solo una tubería de las que sale es de seguimiento, las demás que salgan del pozo de visita deberán ser iniciales;

La cota invert de salida de la tubería inicial, deberá estar como mínimo a la profundidad del tráfico liviano o pesado, según se considere oportuno.

La cota invert de salida de la tubería de seguimiento deberá cumplir con las especificaciones anteriormente descritas.

Nota: Ver dibujo en planos.

2.3.11. Conexiones domiciliarias

Habitualmente la tubería será de seis pulgadas, si es de concreto, y cuatro pulgadas, si es de PVC; presentando una pendiente que varía del 2% al 6%, que sale de la candela domiciliar hacia la línea principal, uniéndose a esta en un ángulo de 45 grados a favor de la corriente del caudal interno del colector.

Las cajas domiciliarias generalmente se construyen de tubos de concreto de diámetro mínimo de 12 pulgadas, o de mampostería de lado menor de 45 centímetros, ambos a un altura mínima de 100 centímetros del nivel del suelo.

Nota: ver dibujo en planos

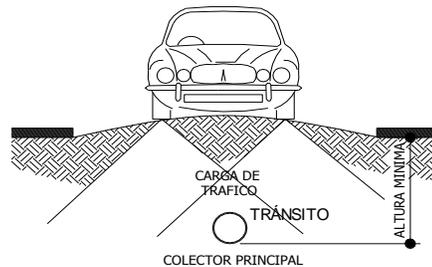
2.3.12. Profundidad de la tubería

A continuación, según estudios realizados sobre cargas efectuadas por distintos tipos de transportes, se determinan distancias mínimas para la colocación del colector, desde la superficie del terreno hasta la parte superior externa de la tubería, en cualquier punto de su extensión.

- Tubo de concreto;
 - Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 1 m
 - Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 1,20 m

- Tubo de PVC;
 - Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 0,60 m
 - Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 0,90 m

Figura 8. **Detalle de profundidad de colector principal**



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Profundidades mínimas para colector de concreto**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁNSITO LIVIANO	111	117	122	128	134	140	149	165
TRÁNSITO PESADO	131	137	142	148	154	160	169	185

Fuente: Universidad Medellín, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla VI. **Profundidades mínimas para colector de pvc**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁNSITO LIVIANO	60	60	60	90	90	90	90	90
TRÁNSITO PESADO	90	90	90	110	110	120	120	120

Fuente: Universidad Medellín, centro de investigaciones.

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería, está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de zanja, que depende del diámetro de la tubería que se va a instalar, y la longitud entre pozos, siendo sus dimensionales m³.

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

Donde;

V = Volumen de excavación (m³)

H1 = Profundidad del primer pozo (m)

H2 = Profundidad del segundo pozo (m)

d = Distancia entre pozos (m)

Z = Ancho de la zanja (m)

Para llegar a las profundidades mínimas del colector se deben hacer excavaciones de estación a estación (pozos de visita), en la dirección que se determinó en la topografía de la red general; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y profundidad requeridos por la tubería a colocar. Se presenta a continuación una tabla que muestra anchos de zanjas aconsejables, en función del diámetro y de las alturas a excavar.

Tabla VII. **Ancho promedio de zanja dependiendo de la profundidad.**

Diámetro en pulgadas	Ancho de zanja		
	Para profundidades hasta 2 m	Para profundidades de 2 a 4 m	Para profundidades de 4 a 6 m
4	0,5	0,6	0,7
6	0,55	0,65	0,75
8	0,6	0,7	0,8
10	0,7	0,8	0,8
12	0,8	0,8	0,8
15	0,9	0,9	0,9
18	1	1	1,1
24	1,1	1,1	1,35

Fuente: Universidad Medellín, centro de investigaciones.

2.3.13. Principios hidráulicos

Se define como diseño hidráulico, al cálculo del caudal que puede circular por una estructura de drenaje, en función de su forma y material. Para el correcto diseño hidráulico, se deben conocer y analizar los diferentes tipos y regímenes de flujo que se pueden presentar en las estructuras de drenaje.

2.3.14. Relación hidráulica

q/Q ; relación de caudal, d/D ; relación de diámetro, v/V ; relación de velocidad.

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcialmente llena. De los resultados obtenidos se construyeron las tablas, utilizando para eso la fórmula de Manning, las cuales se presentan más adelante.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación (q/Q). Dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V), obteniendo este valor, se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen los demás valores de chequeo. En la tabla II se muestran las relaciones hidráulicas para una alcantarilla de sección circular.

Las relaciones de diámetros y caudales que se deben tomar en cuenta en el diseño de la red de alcantarillado sanitario son: la relación d/D debe ser mayor o igual a 0,10 y menor o igual a 0,75, y la relación q/Q deberá ser menor o igual a 0,75, tomando en cuenta que estas relaciones se aplicarán solo para sistemas de alcantarillado sanitario.

Evitando aumentar costos y minimizar gastos por excavación, donde el terreno lo permita, se colocará la tubería según la pendiente que el terreno manifieste, sin dejar de cumplir en todos los casos con las especificaciones hidráulicas que rigen el tirante hidráulico permitido. Se deben considerar las especificaciones hidráulicas siguientes.

Que; $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$

Donde; $q_{\text{diseño}} = \text{Caudal de diseño}$

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

La velocidad debe estar comprendida entre; $0,60 \leq v \leq 3$ (m/s)

$0,60 \leq v$ para facilitar el arrastre de los sólidos.

$v \leq 3$ para evitar el deterioro de la tubería.

El tirante debe estar entre $0,10 \leq d/D \leq 0,75$ evitando condiciones de presión

Donde; d = Tirante

D = Diámetro interno de la tubería

2.4. Tratamiento de aguas servidas

Las aguas negras son líquidos peligrosos y de alto contenido de contaminación para la salud y el medio ambiente, es por ello que necesitan tener tratamiento.

2.4.1. Importancia del tratamiento de las aguas negras

Las aguas negras, son líquidos turbios que contienen sólidos en suspensión (desechos), provenientes de las actividades de los seres humanos. Frescas son de color gris y olor a moho. Con el tiempo cambian a un color negro y su olor es ofensivo. Aún cuando en las aguas negras sanitarias solo el 0,01% de su peso es de sólidos.

2.4.2. Proceso de tratamiento

El tratamiento de las aguas residuales que entran en una depuradora, contienen materiales que podrían atascar o dañar las bombas y las maquinarias. Estos materiales se eliminan por medio de enrejados o barras verticales y se queman o se entierran tras ser escogidos manual o mecánicamente.

El agua residual pasa, a continuación a través de una trituradora, donde las hojas y los materiales orgánicos, son triturados para facilitar su posterior procesamiento y eliminación.

La sedimentación se da cuando una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20% a un 40% la DBO5 y de un 40% a un 60% los sólidos en suspensión.

Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de agua residual, es la flotación, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas, a presiones de entre 1,75 y 3,5 kg por cm².

El agua residual supe saturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto. En la ascensión de las burbujas de aire, hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retiradas, la flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos en suspensión.

Una vez eliminados de un 40% a un 60% de los sólidos en suspensión y reducida de un 20% a un 40% la DBO5 por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de material orgánico en el agua.

2.4.3. Características del agua residual

Las aguas residuales contienen diversas sustancias de origen natural y artificial, que pueden ser dañinas para el hombre, animales y el ambiente, ésta depende del origen y tratamiento en su escala, a parte de sus propiedades

físicas, las aguas naturales contienen componentes de sustancias activas e inactivas. Las aguas de lluvia adquieren partículas orgánicas e inorgánicas en su paso por la atmósfera.

2.4.3.1. Aguas negras frescas

Son las aguas negras en su estado inicial, inmediatamente después que se han agregado los sólidos al agua. Contienen el oxígeno presente en el agua del abastecimiento y permanecen frescas, mientras haya oxígeno suficiente para mantener la descomposición aeróbica. Esta agua es turbia, con sólidos en suspensión o flotando, generalmente de color grisáceo y con olor a moho.

2.4.3.2. Aguas negras sépticas

Son aguas en las que se ha agotado completamente el oxígeno disuelto, de manera que han entrado en descomposición anaeróbica, los sólidos con la consiguiente producción de ácido sulfhídrico y de otros gases, su color es negruzco, su olor fétido y desagradable, se caracterizan también por tener sólidos en suspensión y flotantes de color negro.

2.4.3.3. Aguas negras estabilizadas

Son las aguas que en los sólidos fueron descompuestos hasta sólidos relativamente inertes, que no están sujetos a descomposiciones ulteriores, o que son descompuestos muy lentamente. El oxígeno disuelto está nuevamente presente por haber sido absorbido de la atmósfera, su olor es ligero o nulo, y tienen pocos sólidos en suspensión.

2.4.4. Selección de tipo de tratamiento

El tipo de tratamiento para las aguas residuales del caserío El Chaguite, es de gran importancia y de alto interés, ya que mediante él, se podrá mitigar los efectos nocivos que estas puedan producir. Por razones de tipo económico, para la obtención del financiamiento del proyecto, se propone el tratamiento de las aguas residuales a través del uso de fosas sépticas.

A medida que el agua residual, procedente del sistema de alcantarillado, entra en la fosa y la velocidad de flujo se reduce, los sólidos mayores se hunden en el fondo o suben a la superficie. De tal forma que, el cieno es la acumulación de sólidos en el fondo de la fosa, y las natas son un conjunto de sólidos parcialmente sumergidos y flotantes que se forman en la superficie.

Dichos sólidos son sometidos a descomposición por procesos bacteriológicos. Las bacterias presentes son de la variedad anaerobia, que prosperan en la ausencia de oxígeno y la descomposición o tratamiento de aguas residuales en condiciones anaerobias es llamada séptica.

2.4.5 Propuesta de las unidades de tratamiento

Los sólidos son materias altamente contaminantes que dándoles un tratamiento adecuado son de beneficio para las comunidades.

2.4.5.1 Fosa séptica

Fosa séptica es un estanque cubierto (hermético), construido de piedra, ladrillo, hormigón armado, u otro material de albañilería, generalmente

rectangular, el cual se proyecta para que las aguas negras permanezcan durante un tiempo determinado (período de retención), el que puede variar ordinariamente de 12 a 72 horas. El volumen de desechos y la cantidad de población que se tenga para las fosas sépticas tienen limitantes, el volumen máximo para una fosa séptica es de 37,00 m³ cuando se habla de descarga y cuando de población se trata, se puede tomar entre 55 a 60 viviendas, no importando el número de habitantes por vivienda.

Se estima que el volumen de lodos digeridos por persona es del orden de 30 a 60 litros/año. Para su diseño se debe considerar que en el caserío El Chaguite actualmente existen 132 viviendas, tomando el criterio de 60 viviendas por pozo. La fosa séptica es un estanque hermético, construido con paredes de ladrillo, block, mampostería o concreto armado, pero también existen prefabricadas.

2.4.5.2 Diseño de la fosa séptica

Los datos para su diseño son los siguientes;

- Período de retención = 24 horas
- Dotación = (90 lt/hab/día
- Factor de retorno = 0,85
- Habitantes a servir = (420 hab) por fosa
- Período de limpieza = 5 años
- Relación largo/ancho (L/A) = 2/1
- Lodos = 30 lt/hab/año

Volumen de retención = periodo de retención x 60 viviendas x
no. de personas /vivienda x dotación x factor

24 horas x 420 habitantes x 90 lit/hab/día x 0.85 = 771 120 lit x hora/día x
día/24 horas

$771,120/24 \text{ horas} = 32\,130 \text{ litros.}$

Volumen de lodos = dotación de lodos x no. de habitantes x tiempo de
Limpieza.

Volumen de lodo = 30 litros hab/ año x 60 casas x 7 habitantes x 5 años

= 63 000 litros.

Volumen de la fosa = volumen de retención + volumen de lodos

Volumen de la fosa = 32 130 litros + 63 000 litros
= 95 130 litros = 95,13 m³

Relación ancho – largo =

largo = (2) ancho

Volumen = l x a x h

Donde l = largo

a= ancho

h= altura

Sustituyendo; volumen = 2a x a x h

volumen = 2 a² x h

Proponiendo h = 2,5

$a = ((95,13 \text{ m}^3 / 2) / 2,5)^{1/2}$

Dimensión interna de la fosa séptica

ancho = 4,36 m

largo = 2 (a)

largo = 2 (4,36) = 8,72 m

h = altura = 2,5 m

Los muros del tanque serán de concreto ciclópeo y se diseñó como un muro de contención, 67% concreto y 33% piedra; La losa del techo es de concreto reforzado de 10 centímetros de espesor utilizando el método 3 ACI; la losa del piso es de concreto ciclópeo.

Ver planos constructivos en plano 9/10.

2.5. Ejemplo del diseño hidráulico del sistema

El diseño de la red de alcantarillado, se elabora de acuerdo a las normas que establece la Dirección General de Obras Públicas (normas utilizadas por el Instituto de Fomento Municipal – INFOM –).

• Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
○ Período de diseño	21 años
○ Viviendas actuales	132 casas
○ Viviendas futuras	360 casas
○ Densidad de habitantes	7 habitantes/vivienda
○ Población actual	924 habitantes
○ Tasa de crecimiento	4,9%
○ Población de diseño	2 523 habitantes
○ Evacuación	Por gravedad

- Colector principal
 - Tipo y diámetro de tubería PVC de 6"
 - Pendiente Según diseño

- Conexión domiciliar
 - Tipo y diámetro de tubería PVC de 4"
 - Pendiente de la tubería 2 a 6%
 - Candela Tubo de concreto 12"

- Pozo de visita
 - Ubicación Intersección de tramos, cambio de pendiente y de diámetro.
 - Altura de cono 0,90 m
 - Diámetro superior mínimo 0,75 m
 - Diámetro inferior mínimo 1,20 m
 - Material Ladrillo tayuyo 6,5 *11 *23 cm
 - Altura Variable
 - Dotación 90 l/hab/día
 - Factor de retorno 0,85
 - Velocidad mínima 0,30 m/s
 - Velocidad máxima 3 m/s

Ejemplo del diseño de un tramo

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV 29 y PV 30; los datos necesarios para calcularlo son los siguientes.

- Características

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Tramo	De P.V. 19 a P.V. 20

Distancia 47 m
 Población futura del tramo 1 090

- Cotas del terreno Inicial 970,36 m
 Final 966,78 m

- Pendiente del terreno
$$P = \frac{(CT_{inicial} - CT_{final}) * 100}{Distancia}$$

$$P = \frac{(970,36 - 966,78) * 100}{47}$$

$$P = 7,62$$

- Caudal medio
$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{c,i} + Q_{inf}$$

$$Q_{dom} = \frac{No.Hab * Dotacion * F.R.}{86 400}$$

$$Q_{dom} = \frac{1 090 * 90 * 0,85}{86 400}$$

$$Q_{dom} = 0,96 \text{ l/s}$$

$$Q_{C.I} = \frac{No.Hab * Dot.con.ilic.}{86 400}$$

$$Q_{C.I} = \frac{1 090 * 0,85}{86 400}$$

$$Q_{C.I} = 1,07 \text{ l/s}$$

$$Q_{med} = 0,96 \text{ l/s} + 1,07 \text{ l/s}$$

$$Q_{med} = 2,03 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio

$$FQM = \frac{Q_{med}}{No.Hab.}$$

$$FQM = \frac{2,03}{1\ 090.}$$

$$FQM = 0,001\ 86 = 0,002$$

- Factor de Harmond

$$FH = \left(18 + P^{1/2}\right) / \left(4 + P^{1/2}\right). \quad P = 1,090$$

$$FH = \left(18 + 1\ 090^{1/2}\right) / \left(4 + 1\ 090^{1/2}\right)$$

$$FH = 3,78$$

- Caudal de diseño

$$q_{dis} = No.Hab * FQM * F.H$$

$$q_{dis} = 1\ 090 * 0,002 * 3,78$$

$$q_{dis} = 8,24 \text{ l/s}$$

- Diámetro de tubería 6"
- Pendiente de tubería 7,62%
- Velocidad a sección llena

$$V = 0,034\ 29/n * (D)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V = 0,034\ 29/0,10 * (6)^{2/3} * 7,62^{1/2}$$

$$V = 3,12 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q_{\text{sec.llena}} = A * V$$

$$Q_{\text{sec.llena}} = \pi/4 * (6 * 0,0254)^2 * 3,12 * 1\,000 \text{ l/m}^3$$

$$Q_{\text{sec.llena}} = 57,00 \text{ l/s}$$

- Relación de caudales

$$q_{\text{dis}}/Q_{\text{sec.llena}} = q_{\text{dis}}/Q_{\text{sec.llena}}$$

$$q_{\text{dis}}/Q_{\text{sec.llena}} = 8,24 / 57$$

$$q_{\text{dis}}/Q_{\text{sec.llena}} = 0,14$$

- Relación de velocidad $v/V = 0,711\,804$

- Relación de tirantes $d/D = 0,257$

- Velocidad a sección parcial $v = V * v/V$
 $v = 3,12 * 0,71$
 $v = 2,22 \text{ m/s}$

- Chequeo

- Caudal $8,24 < 57$ q_{dis} sí cumple
- Velocidad $0,30 < 2,22 < 3$ v sí cumple
- Tirante $0,10 < 0,257 < 0,75$ d sí cumple

- Distancia horizontal efectiva

Diámetro de pozos; 1,20 metros

Grosor de paredes; Ladrillo tayuyo 21 * 12,5 * 6,5

$$DH_{efec} = \text{distancia entre pozos} - \left[\left(\frac{(\varphi1_{pv1} + \text{grosor paredes}_{pv1})}{2} \right) + \left(\frac{(\varphi2_{pv2} + \text{grosor paredes}_{pv2})}{2} \right) \right]$$

$$DH_{efec} = 47 - \left(\left(\frac{(1,20 + 0,46)}{2} \right) + \left(\frac{(1,20 + 0,46)}{2} \right) \right)$$

$$DH_{efec} = 45,34$$

- Cota invert de salida del pozo 10

$$CI_S = \text{cota.invert.entrada.del.pozo19} - 0,03$$

$$CI_S = 968,5897 - 0,03$$

$$CI_S = 968,5597$$

Donde;

$$CI_S = \text{cota invert salida del pozo 10}$$

- Cota invert entra al pozo 11

$$CI_e = \text{cota invert salidadel pozo10 } (CI_S) - (7,62\% * \text{distanciaefectiva})$$

$$CI_e = 968,5597 - (7,62\% * 47 - 1,6)$$

$$CI_S = 965,1016$$

Donde;

$$CI_e = \text{cota invert entrada del pozo 11}$$

- Profundidad del pozo 19

$$\text{Alt.pv19} = \text{cota.del.terreno} - \text{cota.invert.de.salida.del.pozo 10}$$

$$\text{Alt.pv19} = (970,988 - 968,844) + 0,2$$

$$\text{Alt.pv19} = 2$$

- Altura del pozo 20

$$\text{Alt.pv20} = \text{cota del terreno} - \text{cota invert de salidadel pozo 11}$$

$$\text{Alt.pv20} = (970,3630 - 968,5598) + 0,2$$

$$\text{Alt.pv20} = 2$$

- Volumen de excavación de zanja

$$\text{Vol.Exc.} = [((H1 * H2) / 2) * d * Z]$$

$$\text{Vol.Exc.} = [((2 * 1,91) / 2) * 47 * 0,60]$$

$$\text{Vol.Exc.} = 59,80\text{m}^3$$

Tabla VIII. Cuadro resumen diseño hidráulico

Proyecto: Alcantarillado sanitario
Ubicación: Caserío El Chaguite
Fecha: Enero, 2011

Diseño Hidraulico

Calculó: Edwin Virgilio Mazariegos Lemus

POZOS DE	COTAS INICIAL	TERRENO FINAL	DH	S (%)	No. CASAS		No. HAB.		F.H.		Fqm		q DISEÑO			SECCION LLENA		Φ	v/v	d/D	a/A	q/Q	v	COTAS INVERT		S% TUBO	PROF. POZO	VOL EXCAV.			
					ACT.	ACU.	ACT.	ACU.	ACTUAL	FUTURO	A	F	ACTUAL	FUT	ACT	ACU	FUT							ACU	V				Q	INICIAL	FINAL
1	2	999.957	997.082	100	2.875	5	5	35	35	95.577	4.344	4.249	0.002	0.002	0.304	0.812	0.304	0.812	1.920	35.020	6	0.414	0.105	0.056	0.023	0.794	997.957	995.128	2.875	2.200	142.480
2	3	997.082	991.902	40	12.950	5	10	35	70	191.154	4.283	4.155	0.002	0.002	0.600	1.589	0.904	2.401	4.074	74.324	6	0.404	0.101	0.053	0.021	1.645	995.096	990.125	12.950	2.184	54.480
3	4	991.902	989.209	20	13.465	3	13	21	91	248.500	4.255	4.112	0.002	0.002	0.774	2.044	1.678	4.444	4.155	75.787	6	0.433	0.113	0.062	0.027	1.800	990.095	987.618	13.465	2.007	24.883
4	5	989.209	983.590	60	9.365	5	18	35	126	344.077	4.215	4.052	0.002	0.002	1.062	2.789	2.740	7.233	3.465	63.204	6	0.502	0.143	0.088	0.044	1.739	987.588	982.118	9.365	1.821	58.128
5	6	983.590	975.189	80	10.501	6	24	42	168	458.769	4.175	3.993	0.002	0.002	1.403	3.664	4.143	10.897	3.669	66.929	6	0.536	0.159	0.102	0.055	1.965	982.088	973.855	10.501	1.702	71.831
6	7	975.189	972.407	40	6.955	2	26	14	182	497.000	4.163	3.976	0.002	0.002	1.515	3.952	5.658	14.849	2.986	54.468	6	0.581	0.182	0.124	0.073	1.736	973.825	971.155	6.955	1.564	33.504
7	8	972.407	966.861	55	10.084	0	26	0	182	497.000	4.163	3.976	0.002	0.002	1.515	3.952	7.173	18.800	3.595	65.585	6	0.552	0.167	0.110	0.060	1.984	971.125	965.740	10.084	1.482	42.852
8	9	966.861	963.114	45	8.327	6	32	42	224	611.693	4.130	3.928	0.002	0.002	1.850	4.805	9.023	23.805	3.267	59.598	6	0.600	0.192	0.134	0.081	1.961	965.710	962.096	8.327	1.351	32.158
9	10	963.114	957.216	60	9.830	6	38	42	266	726.385	4.100	3.885	0.002	0.002	2.181	5.644	11.205	29.250	3.580	65.312	6	0.613	0.199	0.141	0.086	2.196	962.066	956.226	10.000	1.248	40.712
10	11	957.216	956.838	24	1.575	0	38	0	266	726.385	4.100	3.885	0.002	0.002	2.181	5.644	13.386	34.894	2.016	36.773	6	0.724	0.265	0.212	0.153	1.460	956.196	955.486	3.170	1.220	18.490
13	14	977.505	977.145	60	0.600	4	4	28	28	76.462	4.359	4.274	0.002	0.002	0.244	0.654	0.244	0.654	1.601	29.208	6	0.424	0.103	0.054	0.022	0.678	976.500	975.332	2.000	1.205	19.882
23	14	977.370	977.145	28	0.804	4	4	28	28	76.462	4.359	4.274	0.002	0.002	0.244	0.654	0.244	0.654	1.425	25.988	6	0.424	0.109	0.059	0.025	0.603	975.750	975.332	1.583	1.820	29.745
14	15	977.145	976.669	52	0.915	2	10	14	70	191.154	4.283	4.155	0.002	0.002	0.600	1.589	0.600	1.589	1.083	19.761	6	0.600	0.192	0.124	0.080	0.650	975.302	974.841	0.915	2.043	69.313
15	16	976.669	973.534	80	3.919	2	12	14	84	229.385	4.264	4.126	0.002	0.002	0.716	1.893	1.316	3.481	2.241	40.885	6	0.510	0.147	0.091	0.046	1.144	974.811	971.738	3.919	2.058	106.184
16	17	973.534	972.730	60	1.340	6	18	42	126	344.077	4.215	4.052	0.002	0.002	1.062	2.789	2.378	6.270	1.311	23.908	6	0.668	0.230	0.174	0.117	0.875	971.708	970.926	1.340	2.026	79.167
24	17	975.038	972.730	65	3.551	11	12	77	77	210.269	4.273	4.140	0.002	0.002	0.658	1.741	0.658	1.741	2.506	45.719	6	0.482	0.134	0.080	0.038	1.208	974.038	970.926	4.900	1.200	57.811
17	18	972.730	970.988	46	3.787	0	30	0	203	554.346	4.146	3.951	0.002	0.002	1.683	6.213	4.719	14.224	2.203	40.192	6	0.656	0.223	0.166	0.155	1.445	970.896	969.214	3.787	2.034	60.366
25	26	977.975	978.203	20	-1.140	4	4	28	28	76.462	4.359	4.274	0.002	0.002	0.244	0.654	0.244	0.654	1.454	26.530	6	0.421	0.106	0.021	0.025	0.613	976.925	976.621	1.650	1.250	16.839
26	27	978.203	977.667	20	2.680	2	6	14	42	114.692	4.329	4.227	0.002	0.002	0.364	0.970	0.608	1.623	1.854	33.811	6	0.443	0.117	0.066	0.029	0.821	976.591	976.098	2.680	1.812	19.857
27	28	977.667	976.441	27	4.541	2	8	14	56	152.923	4.305	4.188	0.002	0.002	0.482	1.281	1.090	2.904	2.413	44.010	6	0.443	0.117	0.066	0.029	1.069	976.068	974.915	4.541	1.799	26.394
28	29	976.441	974.657	32	5.575	8	16	56	112	305.846	4.230	4.075	0.002	0.002	0.947	2.493	2.037	5.397	2.673	48.766	6	0.525	0.154	0.098	0.051	1.404	974.885	973.190	5.575	1.756	30.386
29	30	974.657	973.276	40	3.453	3	19	21	133	363.193	4.208	4.042	0.002	0.002	1.119	2.936	3.157	8.333	2.104	38.376	6	0.591	0.187	0.129	0.077	1.243	973.160	971.834	3.453	1.697	37.053
30	18	973.276	970.988	74	3.092	7	26	49	182	497.000	4.163	3.976	0.002	0.002	1.515	3.952	4.672	12.284	2.141	39.064	6	0.642	0.215	0.158	0.101	1.375	971.804	969.214	3.577	1.672	74.791
18	19	970.988	970.363	33	1.894	1	57	7	392	1070.462	4.026	3.781	0.002	0.002	3.157	8.094	12.548	34.602	1.558	28.423	6	0.862	0.365	0.330	0.285	1.342	969.184	968.590	1.894	2.004	42.974
19	20	970.363	966.763	47	7.617	1	58	7	399	1089.578	4.023	3.776	0.002	0.002	3.210	8.228	15.758	42.830	3.125	57.001	6	0.712	0.257	0.203	0.144	2.224	968.560	965.102	7.617	2.003	59.798
20	21	966.763	963.395	40	8.470	3	61	21	420	1146.924	4.012	3.761	0.002	0.002	3.370	8.627	19.126	51.457	3.295	60.108	6	0.710	0.256	0.202	0.144	2.340	965.072	961.819	8.470	1.911	40.891
21	22	963.395	960.512	32	9.010	2	63	14	434	1185.155	4.005	3.751	0.002	0.002	3.476	8.892	22.604	60.348	3.399	61.996	6	0.710	0.256	0.202	0.143	2.414	961.789	959.050	9.010	1.806	30.779
22	11	960.512	956.838	42	8.747	0	63	0	434	1185.155	4.005	3.751	0.002	0.002	3.476	8.892	26.081	69.240	3.349	61.083	6	0.713	0.258	0.204	0.146	2.389	959.020	955.486	8.747	1.692	37.809
11	12	956.838	955.340	20	7.490	0	101	0	700	1911.540	3.895	3.601	0.002	0.002	5.452	13.767	44.919	117.901	3.099	56.524	6	0.825	0.336	0.295	0.244	2.557	955.456	954.078	7.490	1.582	15.795
31	32	973.961	972.530	40	3.578	4	4	28	28	76.462	4.359	4.274	0.002	0.002	0.244	0.654	0.244	0.654	1.717	31.323	6	0.401	0.100	0.055	0.021	0.689	971.250	970.367	2.300	2.911	68.955
32	33	972.530	967.467	80	6.329	2	6	14	42	114.692	4.329	4.227	0.002	0.002	0.364	0.970	0.608	1.623	2.557	46.642	6	0.401	0.100	0.052	0.021	1.026	970.337	966.338	5.100	2.393	97.547
33	34	967.467	962.776	80	5.864	3	9	21	63	172.039	4.293	4.171	0.002	0.002	0.541	1.435	1.149	3.058	2.741	49.997	6	0.441	0.116	0.065	0.029	1.207	966.308	961.714	5.860	1.359	58.310
34	38	962.776	961.248	40	3.820	4	13	28	91	248.500	4.255	4.112	0.002	0.002	0.774	2.044	1.923	5.102	2.213	40.367	6	0.523	0.153	0.097	0.051	1.158	961.684	957.292	3.820	1.292	60.256
35	36	960.856	960.812	40	0.110	9	9	63	63	172.039	4.293	4.171	0.002	0.002	0.541	1.435	0.541	1.435	1.266	23.091	6	0.556	0.169	0.112	0.062	0.704	959.000	958.520	1.250	2.056	59.514
36	37	960.812	959.837	60	1.625	4	13	28	91	248.500	4.255	4.112	0.002	0.002	0.774	2.044	1.315	3.479	1.132	20.654	6	0.638	0.213	0.156	0.099	0.723	958.490	957.906	1.000	2.522	91.318
37	38	959.837	961.248	60	-2.352	6	19	42	133	363.193	4.208	4.042	0.002	0.002	1.119	2.936	2.435	6.415	1.132	20.654	6	0.709	0.255	0.201	0.142	0.802	957.876	957.292	1.000	2.161	123.766
38	39	961.248	954.860	22	29.036	0	32	0	224	611.693	4.130	3.928	0.002	0.002	1.850	4.805	6.208	16.322	5.661	103.288	6	0.510	0.147	0.091	0.047	2.889	957.262	952.162	25.000	4.186	50.865
39	40	954.860	952.354	23	10.896	0	32	0	224	611.693	4.130	3.928	0.002	0.002	1.850	4.805	8.058	21.127	3.737	68.1											

2.6. Presupuesto del proyecto

El presupuesto se trabajo en base a precios unitarios, a los cuales se les aplicó un factor de indirectos del 30%. Los costos Indirectos se componen de: utilidad 15%, gastos de administración 5%, gastos de operación y supervisión técnica 5%, gastos legales 5 %. En el renglón de materiales se incrementa imprevistos (10%) y flete (5%); en el renglón de mano de obra se incrementa imprevistos (10%) y prestaciones laborales (70.17%). Ver tabla IX.

Tabla IX. Cuadro de costos unitarios

Proyecto: Alcantarillado sanitario

Ubicación: Caserío El Chaguite, Jalapa

Depto: Jalapa

No.	Renglon	unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Replanteo topografico	ml	1,787.00	Q 3.78	Q 6,755.71
2	Trabajos preliminares	Global	1.00	Q12,182.76	Q 12,182.76
3	Excavacion de zanjas	m ³	2,027.08	Q 42.36	Q 85,875.83
4	Relleno de zanjas	m ³	1,783.83	Q 25.40	Q 45,303.97
5	Suministro y colocacion de tuberia PVC Ø6" colector principal NORMA ASTM F-949 junta rap.	ml	1,787.00	Q 107.49	Q 192,085.76
6	Domiciliares de drenaje tubo PVC Ø 4" Norma ASTM F-949 + candela tubo de concreto Ø 12 "	unidad	132.00	Q 924.19	Q 121,993.67
7	Pozos de visita (Prof. 1-2 m)	unidad	24.00	Q 6,125.15	Q 147,003.72
7	Pozos de visita (Prof. 2-3 m)	unidad	15.00	Q 8,130.33	Q 121,954.91
7	Pozos de visita (Prof. 3 -4 m)	unidad	1.00	Q12,542.63	Q 12,542.63
8	Fosa septica	unidad	6.00	Q67,732.37	Q 406,394.24
9	Limpieza final	m ³	308.00	Q 58.63	Q 18,058.93
	Total				Q1,170,152.12

Fuente: elaboración propia.

3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.1. Mantenimiento de alcantarillado sanitario

El objetivo, es establecer procedimientos básicos de operación y mantenimiento de redes de alcantarillado del caserío El Chaguite, cuya ejecución contribuya al mejoramiento de la eficiencia, eficacia y sostenibilidad del servicio de recolección y transporte de aguas residuales. Previendo de esta manera, los riesgo de la salud pública e inconvenientes derivados de la interrupción del servicio.

3.1.1. Guía l línea central

Los responsables de la operación y mantenimiento de las redes de alcantarillado, del caserío El Chaguite, deberán disponer de planos actualizados de las redes, donde se pueda ver la ubicación de las tuberías y cámaras de inspección, tanto en planta como en perfil, además, deberán tener datos relacionados al material, diámetros, clase, fecha de instalación y cualquier otro detalle del sistema. Esta información deberá ser actualizada toda vez que se realicen trabajos de reparación o se conecten nuevos servicios al sistema.

El personal seleccionado, deberá ser entrenado en la rutina diaria, haciéndole conocer todas las medidas de seguridad que deberá adoptar, para protegerse y evitar accidentes que dañen su integridad física o afecten a su salud.

Durante la operación, se deberá tomar estrictas medidas para proteger a los trabajadores frente a posibles accidentes, enfermedades, asfixias, envenenamiento, explosiones, descargas eléctricas, etc.

Se deberá identificar, en función a la antigüedad de la tubería y la pendiente de la misma, los tramos de la red críticos, que merece mantenimiento más frecuente, y los no críticos, aquellos que necesitan mantenimiento más espaciados.

La frecuencia de mantenimiento para los tramos críticos será de seis meses y para los no críticos un año.

Se deberá realizar la limpieza de los tramos iniciales de los colectores con abundante chorros de agua

Equipos y herramientas. El grupo de personas encargadas de las tareas de los trabajos de mantenimiento, deberá contar como mínimo con los siguientes materiales;

- Bombas sumergibles para evacuar las aguas de las cámaras atascadas y de las zanjas inundadas.
- Cable flexible de aleación de cobre, aproximadamente de 12 mm, en longitudes variables que se utilizará para “empujar” los materiales que normalmente producen las obstrucciones hacia abajo.
- Varillas de acero de 12 mm, aproximadamente 60 cm de largo, con uniones en los extremos, que enrosca una con otra para formar un cable largo.

Puede ser de madera de 18 mm de diámetro con extremos de bronce hembra-macho para ser atornillada una a la otra.

- Picos, palas y herramientas para levantar las tapas, para reparar las tuberías.
- Cuerdas, linternas, escaleras de aluminio tipo telescópico o plegadizo.
- Indumentaria que incluya cascos, guantes largos, botas de hule tipo muslera y capas contra la lluvia.
- Equipo de seguridad que incluya detector de gases y mascarillas de seguridad.

Adicionalmente, si la entidad administradora del sistema cuenta con los recursos necesarios, sería muy beneficioso que el equipo de operación y mantenimiento pueda contar con equipos de limpieza específicos para el aseo de tuberías de pequeño diámetro. Estos equipos consisten en varillas de manuales con varios accesorios de limpieza, tales como;

- Ganchos y tirabuzones
- Raspadores de paredes
- Corta-raíces
- Guías para varillas y
- Quebradoras de arena

3.1.2. Guía II pozos de visita

Se deberá realizar la limpieza manual de las alcantarillas, para lo cual podrán emplearse barras o varillas de acero de 3/8" a 1/2" de diámetro y de 1 m. de longitud. También pueden emplearse cables de acero de 12 mm de longitud variable. En ambos casos se pueden adaptar ciertos dispositivos como cortadores de raíces y cortadores expandibles con cuchillas adaptables al diámetro de la tubería.

Se deberán abrir las tapas de los buzones aguas abajo y aguas arriba del tramo afectado y esperar 15 minutos antes de ingresar, para permitir una adecuada ventilación de los gases venenosos que se producen en las alcantarillas.

Cuando sea necesario, se deberá ocasionar el represamiento del flujo en una cámara de inspección, cerrando con compuertas manejadas a mano, el arranque de la tubería. Al levantarse dicha compuerta, el agua represada ingresa violentamente a través de la tubería arrastrando los depósitos aguas abajo, esta práctica da muy buenos resultados en tuberías de diámetro de 150 a 200 mm.

3.1.3. Guía III conexiones domiciliarias

La mayoría de las obstrucciones ocurren dentro de las casas o propiedades, en las instalaciones sanitarias, así como en las conexiones domiciliarias. Por tanto, las labores de mantenimiento preventivo comienzan en las viviendas de los usuarios. Se debe hacer un uso apropiado del servicio de alcantarillado y seguir las siguientes recomendaciones para evitar la

obstrucción de los colectores de menor tamaño (simplificados y condominiales);

- No verter en los lavaderos residuos de comida, papeles, plásticos, ni otro material que pudiera ocasionar atoros de la red.
- No arrojar al inodoro papeles, toallas higiénicas, trapos, vidrios, aguas de lavado o con contenido de grasas ni otros objetos extraños al desagüe.
- Las viviendas que cuentan con trampas de grasas internas, deberán realizar la limpieza frecuente del recipiente de retención de grasas.

3.2. Conexiones intradomiciliares

Es importante que las conexiones intradomiciliares tengan el debido cuidado en la instalación, como en su mantenimiento.

- Que la tubería sea de diámetro adecuado para el tamaño de la vivienda y sus habitantes.
- Que la excavación tenga una buena pendiente hacia la candela domiciliar, tanto como la tubería que sale dentro de la vivienda, como la de los patios y servicios que están fuera de las viviendas.
- Proteger la tubería, después de enterrada colocándole señalización con ladrillo y cintas plásticas en la parte superior de la misma.
- No dejar tuberías abiertas que permitan el ingreso de animales y roedores que provoquen un taponamiento.

- Lavar en períodos no muy largos durante la temporada seca la tubería, de esta forma se estará limpiando de residuos que se solidifiquen y queden atascados en la misma.

3.3. Fosas sépticas

Es muy recomendable contratar a una empresa especializada, que evacúe mediante bombeo y transporte el cieno de las fosas sépticas, de su pozo o fosa, dado que deben cumplirse ciertas normas con los residuos resultantes.

Conviene supervisar la limpieza para asegurar que se haga debidamente. Para sacar todo el material del pozo, se tiene que dispersar la capa de impurezas y mezclar las capas de cieno con la parte líquida del tanque, para facilitar su vaciado lo más completo posible. Esto se logra alternativamente sacando el agua del tanque con una bomba y reinyectándola, a presión, en el fondo del tanque.

La fosa séptica debe limpiarse a través de la boca central de acceso y no por los portillos de inspección de los desviadores., ya que esto puede dañar los desviadores internos del pozo, fundamentales para su buen funcionamiento.

4. DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA COLONIA LINDA VISTA DEL MUNICIPIO DE JALAPA

4.1. Investigación preliminar

El centro educativo está ubicado en una zona de alta población, donde los espacios educativos para los niños ya no son suficientes.

4.1.1. Infraestructura para el centro educativo

Debido al incremento de la población y de comunidades aledañas, es necesario dar más cobertura, por lo que se decidió en una edificación de dos niveles con ocho aulas, una bodega en el segundo nivel y servicios sanitarios en el primer nivel.

4.1.1.1. Edificio de aulas colonia Linda Vista

El centro educativo tiene como objetivo proveer infraestructura para la educación pre-primaria de la colonia Linda Vista y las colonias circunvecinas en el municipio de Jalapa, Jalapa.

La forma del terreno vista en planta, es rectangular, cuenta con un área de 900 m^2 ; la característica de suelo es arena limosa color con gris con forma plana. El terreno tiene de largo 23 m y un ancho de 40 m, por lo que

se propone hacer el edificio con cuatro ambientes arriba y cuatro ambientes abajo.

4.1.2. Descripción del espacio disponible

El terreno para la infraestructura de la escuela es donado por la municipalidad del municipio de Jalapa, con amplia topografía para la edificación.

4.1.2.1 Localización del terreno

El área que se tiene para la construcción de la escuela es un terreno municipal; según la nomenclatura actual del municipio se ubica en la colonia Linda Vista, municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, a unos cuantos metros de la escuela Oficial Urbana Mixta Colonia Linda Vista, para la planificación del proyecto se ha tratado de aprovechar al máximo dicha área, dejando espacio deportivo para la escuela existente.

4.1.2.2. Topografía del terreno

La forma del terreno vista en planta, es rectangular; cuenta con un área de 900 m².

4.1.3. Normas para el diseño de edificios educativos

Para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplicaron las normas contenidas en el reglamento de construcción de edificios escolares del Ministerio de Educación.

4.1.3.1. Criterios generales

Los criterios aplicados en este trabajo se describen a continuación;

- Criterios de conjunto
 - Emplazamiento; el emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno, es el área ocupada en planta baja; la cual no debe exceder el 40% del área total del terreno.
 - Orientación del edificio; la orientación ideal es de norte a sur, de preferencia abriendo las ventanas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el terreno.
 - Superficie y altura del edificio; la superficie varía en función de las necesidades a satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe exceder de tres niveles.

- Criterios de iluminación
 - Generalidades de la iluminación en el edificio: la iluminación debe ser abundante y de manera distribuida, evitando la proyección de sombras.
 - Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
 - Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.

- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y dan como resultado, una mejor iluminación.
- Tipos de iluminación por su procedencia, la iluminación se divide en natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estas se describen a continuación;
 - Iluminación natural unilateral cuando sólo un lado del aula tiene ventanas; las ventanas deben tener un área de 25% a 30% del área total de piso; y el muro opuesto a la ventana estará a una distancia no mayor de 2,5 veces la altura del muro de ventana.
 - Iluminación natural bilateral cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula, estas deben tener un área entre 25% a 30% del área de piso del ambiente.
 - Iluminación natural cenital, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del aula. Para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15% al 20% del área total de piso.
 - Iluminación artificial, se acepta únicamente cuando sea muy justificado; debe ser difuso, para evitar molestias en la vista; también debe ser lo más parecido a la iluminación natural.
- Otros criterios
 - Ventilación, la cantidad disponible de aire en el ambiente tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.

- Confort acústico, es importante que en un centro educativo exista el confort acústico, ya que éste influye grandemente en el estado anímico y el grado de concentración del alumno; es necesario que no exista ninguna interferencia sonora entre los ambientes, ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

Los ruidos en un aula pueden venir del exterior, del centro, de ambientes vecinos o del interior del aula. Para prevenirlos, se pueden tomar las precauciones siguientes;

- Para que no interfiera el ruido proveniente del exterior, ubicar los establecimientos en zonas tranquilas, de no ser posible, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.
- Para prevenir la interferencia entre ambientes, separar los ambientes ruidosos de los tranquilos, tomando en cuenta la dirección del viento.
- Para disminuir el ruido interno del ambiente, construir con materiales porosos, ya que éstos absorben el ruido, también las patas del mobiliario y equipo deben tener aislantes acústicos.

Instalaciones; en su diseño y colocación se debe garantizar lo siguiente;

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Duración razonable y economía de mantenimiento
- Servicio constante

- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

4.1.4. Espacios educativos

Se denomina así a la totalidad de espacios destinados al ejercicio de la educación, que se desarrolla por medio de diferentes actividades; por tal razón, las características de los espacios educativos varían de acuerdo con los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

En el reglamento se describen como espacios educativos característicos; aula teórica, aula unitaria y aula de proyecciones. Se detalla aquí, únicamente para el aula teórica, ya que ésta se utiliza en todos los espacios educativos del proyecto, por ser la que mejor se adapta a los requerimientos del centro educativo.

4.1.4.1. Aula teórica

La función del aula teórica es proveer a los maestros y alumnos de un espacio para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso enseñanza aprendizaje, ya sea en la forma tradicional expositiva o modificando la ubicación del mobiliario para desarrollar otras técnicas didácticas. Debido a que el nivel de escolaridad que se prestará en el centro educativo diseñado, será el mismo en cada jornada, esto probablemente cambiará con el tiempo.

La capacidad óptima en el nivel primario es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos, con las siguientes observaciones;

- El área óptima por alumno es de $1,50 \text{ m}^2$; pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de $1,25 \text{ m}^2$.
- Para la superficie total del aula debe considerarse el caso crítico; es decir, cuando se da la capacidad máxima de 40 alumnos.
- La forma del aula será cuadrada o rectangular, se recomienda que el lado mayor no exceda 1,5 veces el lado menor.
- La fuente principal de iluminación natural debe provenir del lado izquierdo del alumno, sentado frente al pizarrón.
- La distancia máxima desde la última fila al pizarrón, será de 8 m.

4.2. Diseño de edificio de aulas

Los centros se deben diseñar de acuerdo con las necesidades que se tengan; además, estarán limitados por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan. La tipología arquitectónica se elegirá basándose en el criterio del diseñador y/o propietario.

4.2.1. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico se refiere a dar la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace con el fin de tener un lugar cómodo y funcional para su uso. Para lograrlo, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios arquitectónicos,

principalmente para este caso del Reglamento de Construcción de Edificios Educativos.

4.2.1.1. Ubicación del edificio en el terreno

La escuela se ubica en el extremo norte del terreno, para lograr una mejor ventilación e iluminación, según lo sugiere el reglamento.

El edificio de aulas abarca el 40% de terreno. Debido a que es rectangular, éste se ubicará a lo ancho del terreno. En la parte Este del edificio colinda con el edificio existente de la escuela de educación primaria urbana Colonia Linda Vista, en el Oeste colinda con el campo de futbol, al Sur con el pozo mecánico de agua, al norte con el segundo campo de futbol.

4.2.1.2. Distribución de ambientes

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hace del modo tradicional de edificios educativos, por ser ésta la que más se ajusta a las necesidades existentes y al espacio disponible. La iluminación será natural bilateral; su ventilación tendrá la cantidad disponible de aire en el ambiente, sus instalaciones garantizarán seguridad, capacidad duración servicio constante y protección. Su capacidad albergará a un máximo de 40 alumnos.

4.2.1.3. Alturas del edificio

Se elige un edificio de dos niveles por razón de espacio disponible. La altura será de 3,40 m por nivel, sin contar el grosor de piso y de losa, aproximadamente será de 3,23 m a ejes, en todos los ambientes. Se dejará con esas medidas para dar confort, tanto a los ambientes como a los espacios de circulación. El diseño se realizó basándose en los resultados del ensayo de compresión triaxial, diagrama de mohr, que proporcionó el centro de investigaciones de ingeniería de la universidad de San Carlos de Guatemala; dando como resultado un ángulo de fricción interna de 25.43° y una cohesión de 15.0 t/m^2 .

4.2.1.4. Selección del sistema estructural a usar

En la elección del sistema estructural influyen los factores de desempeño, economía, estética, materiales disponibles en el lugar y la técnica para realizar la obra. El resultado debe comprender el tipo estructural, formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución. Para este caso, se eligió el sistema de marcos dúctiles resistentes a momentos y losas planas de concreto reforzado.

Los muros que se utilizan son no estructurales (divisorios, tabiques) que no afectarán a la estructura en el análisis mecánico. El peso de estos muros se trasladará a las vigas de los marcos o en su caso a la losa por Kg/m^2 .

4.2.2. Análisis estructural

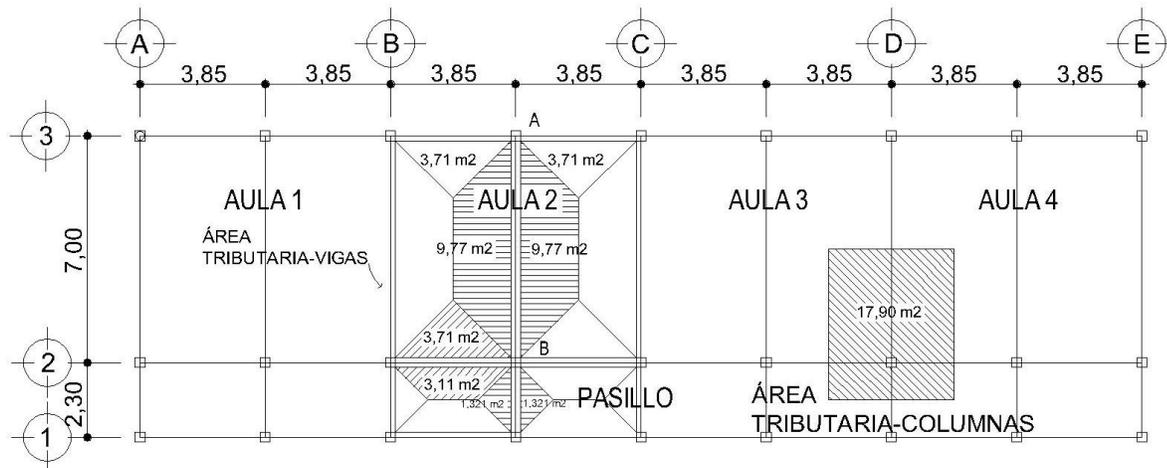
Es el proceso para determinar las respuestas de la estructura ante las acciones exteriores que puedan afectarla determinándose los efectos de las cargas aplicadas a una estructura.

4.2.2.1. Pre-dimensionamiento estructural

Busca satisfacer los criterios relativos a los estados límites de falla y de servicio, establecidos en los reglamentos.

El pre-dimensionamiento de por sí es un proceso subjetivo, en el cual el diseñador podrá emplear cualquier criterio para pre-dimensionar los elementos; ya que en la parte final del diseño verificará si las secciones propuestas satisfacen las condiciones establecidas por el o los reglamentos que utilice.

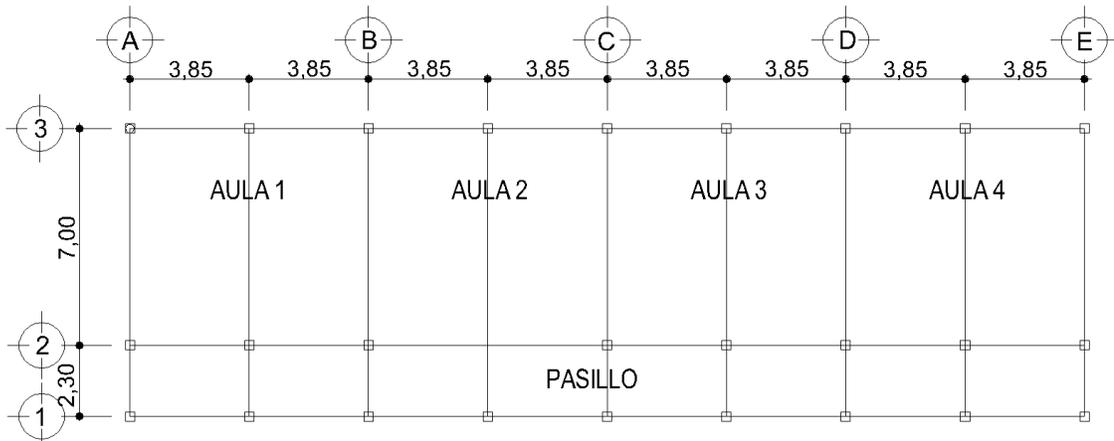
Figura 9. Planta de distribución de áreas



Fuente: elaboración propia.

El diseño de las vigas se realiza con el área tributaria que se traslada de las losas que soporta. Por lo tanto sobre la columna crítica recae un área de 17,90 m² y sobre la viga un área de 19,54 m².

Figura 10. **Planta de losa típica**



Fuente: elaboración propia.

En esta sección se propondrá secciones de elementos estructurales, para iniciar el proceso de diseño estructural. En la parte final del diseño se verificará si las mismas cumplen los requisitos de servicialidad necesarios.

Pre-dimensionamiento de columnas, $P = 0,8(0,85 \cdot f'c(Ag - As) + As \cdot Fy)$

Nota; según el código ACI, Capítulo 10, sección 10.9.1, el área de la armadura longitudinal para elementos no compuestos sujetos a compresión, no debe ser menor que 0,01, ni mayor que 0,08 veces el área bruta de la sección A_g (área gruesa).

$$\text{Área Tributaria} = 17,90 \text{ m}^2$$

Peso específico del concreto = 2 400 kg/m³

$P = \delta_{\text{concreto}} \cdot A_{\text{area tributaria}}$

$P = 2\,400 \text{ kg/m}^3 \cdot (17,90) = 42\,960 \text{ kg/m}$

Entonces, considerando el peso de los dos niveles se tiene;

$P = 42\,960 \text{ kg/m} \cdot 2 \text{ niveles} = 85\,920 \text{ kg/m}$

Utilizando la ecuación de la carga puntual, al sustituir valores se obtiene;

$P = 0,8(0,85 \cdot f'_c(A_g - A_s) + A_s \cdot F_y)$

Donde;

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

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

$\rho = 1\% = 0,01$

Nota; según el ACI, capítulo 3, sección 3.5.1, la armadura de refuerzo debe tener resaltes para que el hierro tenga mayor adherencia al concreto, excepto los zunchos o cables en los cuales se puede usar armadura lisa.

Sustituyendo en la fórmula;

$A_s = 0,01 A_g$

$A_g = 85\,920 / (0,8(0,85 \cdot 210(1 - 0,01) + 2\,810 \cdot 0,01))$

$A_g = 524,38 \text{ cm}^2$

Se propone una sección de columna de 30 cm.x30 cm. = 900 cm² >
524,38 cm² Ok

Pre-dimensionamiento de vigas

El pre-dimensionamiento de vigas consiste en determinar el peralte de las mismas, puede utilizarse el siguiente criterio.

Peralte = 8% de luz libre

$$h = L (0,08) \quad h = 5 (0,08)$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

Según al ACI 318R-99, capítulo 9, sección 9.53, tabla 9.15

Datos para pre-dimensionamiento de viga crítica;

$$L1 = 3,85 \text{ m (viga 1)}$$

$$L2 = 7 \text{ m (viga 2)}$$

Se aplica el caso de viga con un extremo continuo

$$h = L/18,5$$

$$h1 = 7/18,5 = 0,38 \approx 0,40$$

$$h2 = 3,85/18,5 = 0,21$$

Se propone una sección para viga 1 de 40 cm x 30 cm, y para la viga 2 se propone la misma sección.

El espesor de la losa queda determinado por la relación ancho y largo, la cual da parámetros que dicen si la losa será armada en uno o dos sentidos; de allí se define el espesor de la misma.

Si $A/B < 0,50$, la losa se arma en un solo sentido; por lo tanto, su espesor queda definido así;

$$\text{empotrado-empotrado } t = L/28$$

$$\text{empotrado-apoyado } t = L/24$$

$$\text{apoyado-apoyado } t = L/20$$

$$\text{empotrado-libre } t = L/10$$

Si $A/B > 0,50$, la losa deberá ser armada en dos sentidos, por lo tanto, el espesor de la misma queda definido así;

El ACI 318-99, en la sección 9.5.2, tabla 9.5 b, recomienda un espesor (t), dado por la siguiente ecuación;

$$t = (\text{perímetro de carga})/180$$

$$m = 3,85/7 = 0,55 = \text{dos direcciones}$$

$$t = ((3,85*2) + (7*2))/180$$

$$t = 0,1205 \approx 0,12 \text{ m}$$

Se usará $t = 12 \text{ cm}$

Para el cimiento se usará zapatas aisladas, para su pre-dimensionamiento se usará la fórmula; $P' = P_u/F_{cu}$

$$\delta_{\text{suelo}} = 1,50 (P'/A_z)$$

$$P_u = \text{carga axial}$$

$$A_z = 1,50 P' / \delta_{\text{suelo}}$$

$$P_u = (A \text{ losa} * C_u) + (P_{\text{viga}} * F_{cu})$$

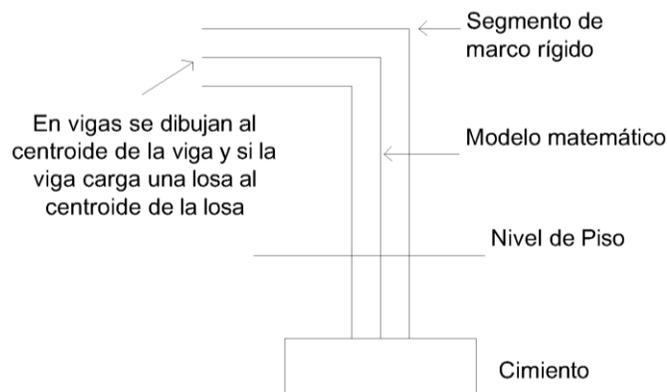
De la integración de cargas se tiene que:

$$C_u = C_u \text{ piso 1} + C_u \text{ piso 2}$$

4.2.2.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles

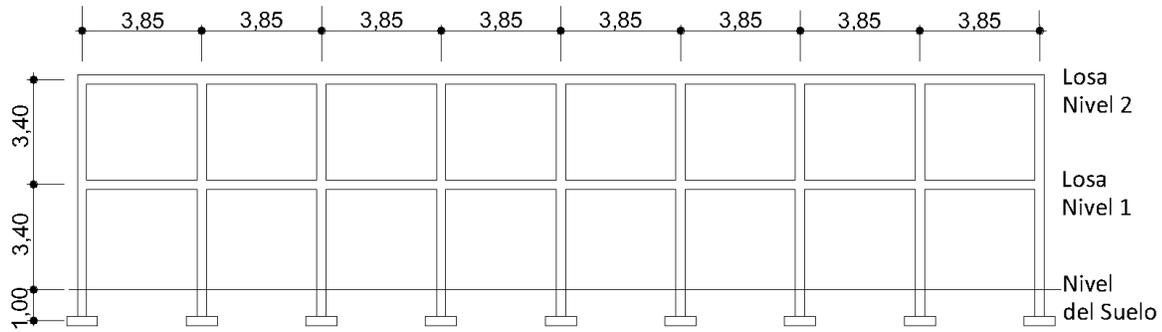
El modelo matemático de un marco es una gráfica que representa, tanto la forma del marco, como la magnitud de las cargas que éste soporta, esta gráfica es utilizada para realizar el análisis estructural. Por simetría estructural del edificio se analizan únicamente los marcos críticos, cuyos modelos matemáticos en los ejes 'X' & 'Y', se muestran en las figuras 4 y 5 respectivamente.

Figura 11. **Criterios para dibujar modelos matemáticos de marcos elásticos unidos con nudos rígidos**



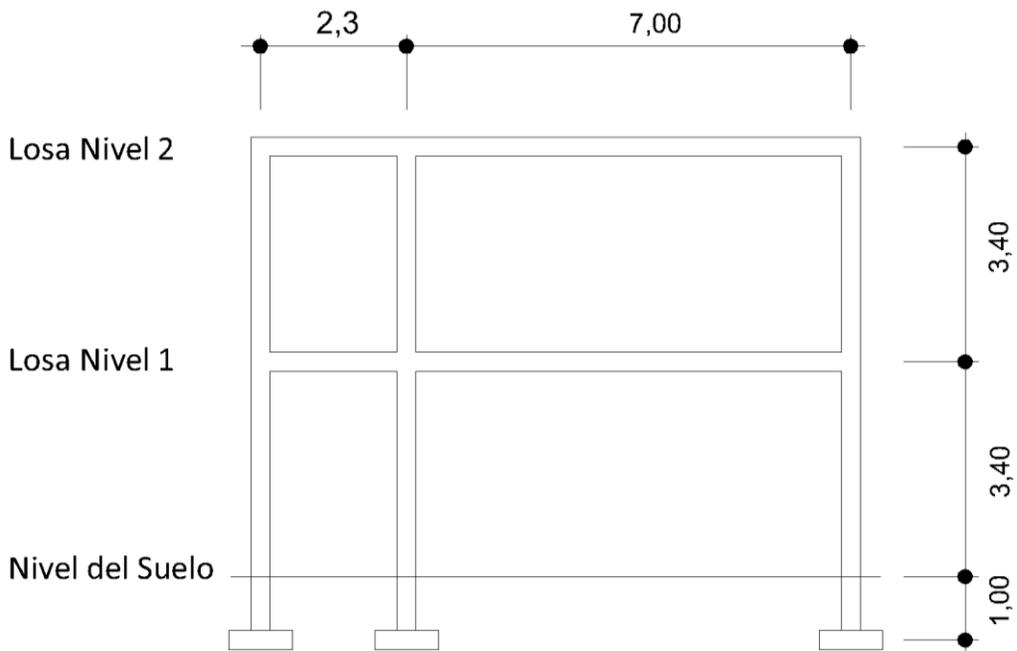
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Marco típico elástico unido con nudos rígidos, sentido X



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Marco típico elástico unido con nudos rígidos, sentido Y



Fuente: elaboración propia.

4.2.2.3. Cargas aplicadas a los marcos rígidos

Las estructuras están sometidas a cargas de diferente índole, para clasificarlas existen varios criterios, aquí se hace una distinción de acuerdo con la dirección de su aplicación.

4.2.2.4. Cargas verticales

Son llamadas también cargas por gravedad y pueden ser estáticas, se dividen en cargas vivas y cargas muertas. La carga viva es la que la estructura soporta por fuerzas ocasionales como el mobiliario y las personas que ocupan la instalación, la carga muerta es aquella que permanece fija en la estructura, como es el peso propio de los elementos estructurales y las sobrecargas, como maquinaria y equipo fijo.

Los valores para cargas verticales empleados en este caso son;

- Cargas vivas en la edificación

Para la integración de cargas se utilizará los siguientes valores, dados por el código de construcción ACI 318 S capítulo 8.2.2.

Tipo de ocupación o uso	Carga viva
Techo final sin acceso	100 kg/m ²
Aulas	300 kg/m ²
Escaleras	500 kg/m ²

Pasillos 500 kg/m²

- Pesos muertos en los materiales

Material	Peso Muerto
Acabados	90 kg/m ²
Muros	150 kg/m ²
Concreto	2,400 kg/m ³
Sobrecarga	240 kg/m ²

- Marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X

- Nivel 1

Carga muerta = W losas + W vigas + W muros + W acabados.

$$\begin{aligned} W \text{ Losa} &= (3,71 \text{ m}^2 + 3,11 \text{ m}^2) * 0,12 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 / (3,85 \text{ m} - 0,30 \text{ m}) \\ &= 553,28 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Peso de viga} = (0,30 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de acabados} = (3,71 + 3,11) \text{ m} * 90 \text{ kg/m}^2 / (3,85 - 0,30) \text{ m} = 172,90 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de muros} = (150 \text{ kg/m}^2 * (3,85 - 0,30) \text{ m}) = 532,50 \text{ kg/m}$$

$$CM = 552,28 \text{ kg/m} + 288 \text{ kg/m} + 532,50 \text{ kg/m} + 172,92 \text{ kg/m}$$

$$CM = 1546,68 \approx 1547 \text{ kg/m}$$

Carga viva = Área tributaria * carga viva según el uso.

$$3,71 \text{ m}^2 (300 \text{ kg./ m}^2) + 3,11 \text{ m}^2 (500 \text{ kg/ m}^2)$$

$$\text{C.V.} = \frac{\quad}{3,55 \text{ m}} = 752 \text{ kg/m}$$

- Nivel 2

$$\text{CM} = 1\ 014 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga viva} = 192 \text{ kg/m}$$

Tabla X. **Resumen de cargas en sentido X**

RESUMEN DE CARGAS (SENTIDO X)	
CM 1er nivel	1 547 kg/m
CM 2do.nivel	1 014 kg/m
CV 1er nivel	752 kg/m
CV 2do.nivel	192 kg/m

Fuente: elaboración propia.

- Marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y (aula)

- Nivel 1

Carga muerta = W losas + W vigas + W muros + W acabados.

$$\begin{aligned} \text{W Losa} &= (9,77 \text{ m}^2 + 9,77 \text{ m}^2) * 0,12 \text{ m} * 2\ 400 \text{ kg/m}^3 / (7 \text{ m} - 0,30 \text{ m}) \\ &= 839,93 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Peso de viga} = (0,30 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2\ 400 \text{ kg/m}^3) = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de acabados} = (9,77 + 977) \text{ m} * 90 \text{ m}^2 / (7 - 0,30) \text{ m} = 262,48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de muros} = (150 \text{ kg/ m}^2 * (7 - 0,30) \text{ m}) = 1 005 \text{ kg/m}$$

$$\text{CM} = 839,93 \text{ kg/m} + 288 \text{ kg/m} + 1 005 \text{ kg/m} + 262,48 \text{ kg/m}$$

$$\text{CM} = 2 395,41 \text{ kg/m}$$

Carga viva = Área tributaria * carga viva según el uso.

$$\text{C.V.} = \frac{9,77 \text{ m}^2 (300 \text{ kg./ m}^2) + 9,77 \text{ m}^2 (300 \text{ kg/ m}^2)}{(7 - 0,30) \text{ m}} = 874 \text{ kg/m}$$

- Nivel 2

$$\text{CM} = 1 390,41 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga viva} = 291,64 \text{ kg/m}$$

Tabla XI. **Resumen de cargas en sentido Y en aulas**

RESUMEN DE CARGAS (SENTIDO Y en aulas)	
CM 1er nivel	2 395,42 kg/m
CM 2do.nivel	1 390,41 kg/m
CV 1er nivel	874,93 kg/m
CV 2do.nivel	291,64 kg/m

Fuente: elaboración propia.

Marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y (pasillo)

- Nivel 1

Carga muerta = W losas + W vigas + W muros + W acabados.

$$W \text{ Losa} = (1,32 \text{ m}^2 + 1,32 \text{ m}^2) * 0,12 \text{ m} * 2400 \text{ kg/ m}^3 / (2,3 \text{ m} - 0,30\text{m}) = 380 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de viga} = (0,30 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de acabados} = (1,32 + 1,32) \text{ m} * 90 \text{ kg/m}^2 / (2,3 - 0,30) \text{ m} = 118,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de muros} = (150 \text{ kg/m}^2 * (2,3 - 0,30)\text{m}) = 300 \text{ kg/m}$$

$$CM = 380 \text{ kg/m} + 288 \text{ kg/m} + 118,8 \text{ kg/m} + 300 \text{ kg/m}$$

$$CM = 1087 \text{ kg/m}$$

Carga viva = Área tributaria * carga viva según el uso.

$$C.V. = \frac{1,32 \text{ m}^2 (500 \text{ kg/ m}^2) + 1,32 \text{ m}^2 (500 \text{ kg/ m}^2)}{(2,3 - 0,30) \text{ m}} = 660 \text{ kg/m}$$

- Nivel 2

$$CM = 787 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga viva} = 132 \text{ kg/m}$$

Tabla XII. **Resumen de cargas en sentido Y en pasillos**

RESUMEN DE CARGAS (SENTIDO Y en pasillos)	
CM 1er nivel	1 087 kg/m
CM 2do.nivel	787 kg/m
CV 1er nivel	660 kg/m
CV 2do.nivel	132 kg/m

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.5. Cargas horizontales en marcos rígidos

- Método (SEAOOC)- en edificio de aulas
 - Corte Basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. Para obtener su valor se usa la siguiente fórmula:

$$V = Z \cdot I \cdot C \cdot S \cdot K \cdot W$$

Donde;

- V Corte basal
- Z Coeficiente de riesgo sísmico que depende de la zona (Z=1), para Jalapa
- I Coeficiente de importancia de la edificación despues de que ocurre el sismo. Su rango es de $1 \leq I \leq 1,5$, en este caso se usará 1,4.
- K Coeficiente que depende del sistema estructural a usar (K=0,67), para marcos dúctiles.
- C Coeficiente que depende del periodo natural de vibración

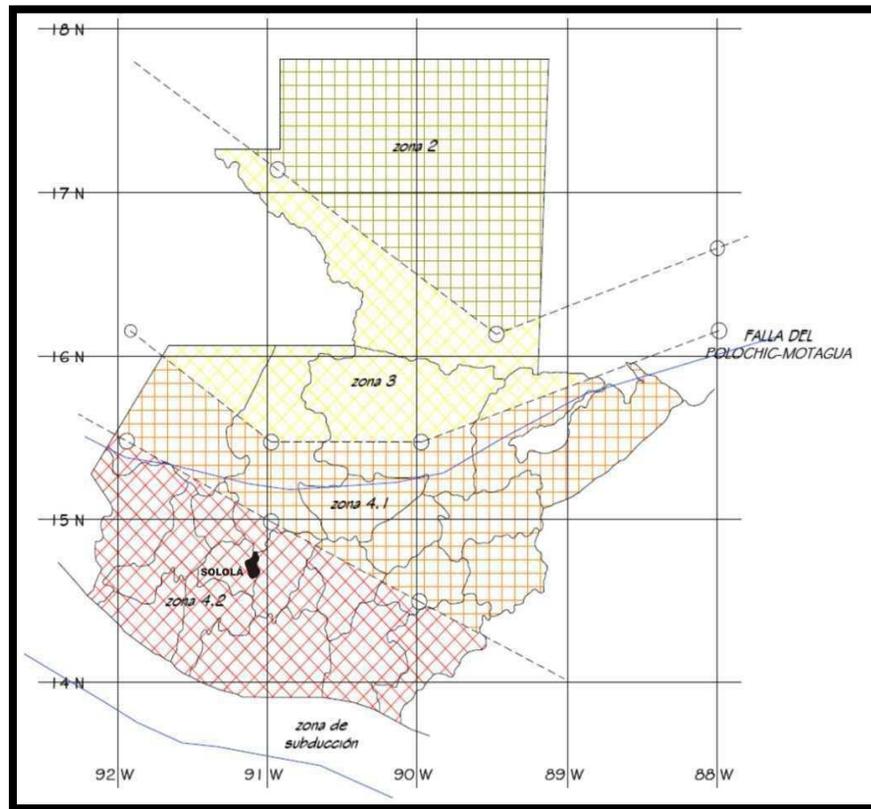
$$C = 1/15^{t \wedge 1/2}$$

$$t = ((\text{espesor de la losa})(h \text{ edificio}))/\sqrt{\text{base del edificio}}$$

W Peso propio de la estructura más 1/4 (25%) de las cargas vivas.

S Coeficiente que depende del tipo de suelo (si se desconoce $S=1,5$ y si $C*S>0,14$ usar $C*S= 0,14$)

Figura 14. **Mapa de zonificación sísmica para Guatemala**



Fuente: INSIVUMEH.

Jalapa, Jalapa, se encuentra en una zona intensamente sísmica

Por lo tanto, $Z = 1$ (ver figura No 12)

I = 1,4 por ser una institución pública.

$$C = 1/(15\sqrt{T}) \quad T = 0,12 \text{ h}/\sqrt{b}$$

$$T_x = 0,158$$

$$C_x = 0,167$$

$$T_y = 0,302$$

$$C_y = 0,121$$

K = 0,67 según tabla

S = 1,5 se utiliza el mayor valor permitido

El valor del producto CS debe ser menor que 0.14, de lo contrario se utiliza 0,14

Entonces:

$$C_{sx} = 0,167 * 1,5 = 0,2505 > 0,14 \text{ se toma } 0,14$$

$$C_{sy} = 0,121 * 1,5 = 0,182 > 0,14 \text{ se toma } 0,14$$

$$W = CM + 0,25CV$$

Carga muerta= peso de losas + peso de vigas + peso de columnas + peso de muros + peso de sobrecargas.

Carga muerta del primer nivel

$$\text{Losa} = 85\,985 \text{ kg}$$

$$\text{Vigas} = 51\,552 \text{ kg}$$

$$\text{Columnas} = 19\,829 \text{ kg}$$

$$\text{Sobrecarga} = 30\,240 \text{ kg}$$

$$\text{Muros} = 36\,900 \text{ kg}$$

Total cargas muertas primer nivel = 224 506,00 kg

Carga viva del primer nivel

$$\text{Carga Viva} = 196 \text{ m}^2 * 300 \text{ kg/ m}^2 + 73,6 \text{ m}^2 * 500 \text{ kg/ m}^2 = 95 600 \text{ kg}$$

Total cargas vivas primer nivel= 95 600 kg

$$W_{\text{nivel 1}} = 224 506 \text{ kg} + 0,25(95 600 \text{ kg}) = 248 406 \text{ kg}$$

Carga muerta del segundo nivel

$$\text{Losa} = 85 985 \text{ kg}$$

$$\text{Vigas} = 51 552 \text{ kg}$$

$$\text{Columnas} = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Sobrecarga} = 30 240 \text{ kg}$$

$$\text{Muros} = 36 900 \text{ kg}$$

Total cargas muertas segundo nivel = 167 777 kg

Carga viva del segundo nivel

$$\text{Carga Viva} = (196 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/ m}^2) + (73,6 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/ m}^2) = 26 960 \text{ kg}$$

Total cargas vivas segundo nivel = 26 960 kg

$$W_{\text{nivel 2}} = 167 777 \text{ kg} + 0,25(26 960 \text{ kg}) = 174 518 \text{ kg}$$

Resumen;

$$\text{Carga Muerta} = 224\,506 \text{ kg} + 167\,777 \text{ kg} = 392\,283 \text{ kg}$$

$$\text{Carga Viva} = 95\,600 \text{ kg} + 26\,960 \text{ kg} = 122\,560 \text{ kg}$$

$$W = \text{C.M.} + 0,25 \text{ C.V.}$$

$$W = 392,283 \text{ kg} + 0,25 (122\,560 \text{ kg}) = 422\,924 \text{ kg}$$

El corte basal (V) en sentido X como en sentido Y es;

$$V = Z \cdot I \cdot C \cdot K \cdot S \cdot W$$

$$V = 1 \cdot 1,4 \cdot 0,67 \cdot 0,14 \cdot 422\,924 \text{ kg}$$

$$V = 55\,538,379\,6 \text{ kg}$$

Fuerzas por nivel

Las fuerzas que actúan en cada nivel, se determinan usando la siguiente ecuación.

$$F_{ni} = ((V - F_t) (W_{hi})) / \sum W_{hi}$$

Donde;

F_{ni} = Fuerza por nivel.

V = Corte basal.

F_t = Fuerza de techo, cuando t (período de vibración), es menor que 0,25, entonces $F_t=0$.

- W = Peso propio de la estructura + 0,25 de las cargas vivas.
 Wi = Peso propio de la estructura + 0,25 de las cargas vivas por nivel.
 Hi = Altura, medida desde la cimentación al nivel considerado.

$$F_{nx1} = \frac{(55\,538,379\,6 - 0,00) * 248\,406 * 4,5}{(248\,406 * 4,5) + (174\,518 * 7,8)} = 25\,042,60 \text{ kg}$$

$$F_{nx2} = \frac{(55\,538,379\,6 - 0,00) * 174\,518 * 7,8}{(248\,406 * 4,5) + (174\,518 * 7,8)} = 30\,495,78 \text{ kg}$$

Luego se calcula el Fn respecto en Y, como $t > 0,25$, entonces $FT = 0,07 * t * V$
 $FT = 0,07 * 0,30 * 55\,538,3796 = 1\,116,31 \text{ kg}$.

$$F_{ny1} = \frac{(55\,538,3796 - 583,15) * 248\,406 * 4,5}{(248\,406 * 4,5) + (174\,518 * 7,8)} = 24\,516,71 \text{ kg}$$

$$F_{ny2} = \frac{(55\,538,379\,6 - 583,15) * 174\,518 * 7,8}{(248\,406 * 4,5) + (174\,518 * 7,8)} = 29\,855,37 \text{ kg}$$

Fuerzas por marco (Fm)

Las fuerzas del nivel se distribuyen en los marcos se calculan por medio de la siguiente ecuación.

Se utilizará las siguientes fórmulas;

$$FM = FM' + FM''$$

Donde;

$$FM' = (R \cdot F_n) / \sum R$$

$$FM'' = (e \cdot F_n) / ((\sum R \cdot d_i^2) / R \cdot d_i)$$

$$e = |C_m - CR| \quad e \text{ minimo} = 0,05 \cdot \text{altura total del edificio}$$

$$CR = (\sum R \cdot d_i) / \sum R_i$$

Donde;

R_i = rigidez del marco

$\sum R_i$ = rigidez total del nivel

d_i = distancia del centro de rigidez CR al marco considerado

F_n = fuerza del nivel

e = excentricidad

C_m = centro de masa

CR = centro de rigidez

Solución; la figura 15 muestra la distribución de los marcos dúctiles, que sirve para calcular los valores de R_i , d_i , C_m , CR y e .

Sentido X; por simetría, la rigidez en los marcos es la misma, que sirve para simplificar los cálculos. Se usa $R = 1$ en todos los marcos Y.

$$CR = ((1 \cdot 9,3) + (1 \cdot 2,3) + (1 \cdot 0)) / (3 \cdot 1) = 3,866 \approx 3,87 \text{ m.}$$

$$C_m = (2,3 + 7) / 2 = 4,65 \text{ m}$$

$$e = 4,65 - 3,87 = 0,78 \text{ m}$$

$$e_{\text{min}} = 0,05 \cdot 7,8 = 0,39 \text{ m}, \text{ entonces usar } e = 0,78 \text{ m}$$

Con los valores obtenidos se procede a calcular los datos de la tabla XIII

Sentido Y; por simetría se usa $R = 1$ en todos los marcos X.

$$CR = 17,40 \text{ m}; CM = 17,40 \text{ m.}$$

$$e = 0$$

Nivel 1

$$FM' = (1 \cdot 24\,516,71) / (1 \cdot 10) = 2\,451,671 \text{ kg}$$

Este valor se aplica a todos los marcos Y en el nivel 1.

$$FM'' = 0, \text{ esto por no haber excentricidad (} e \text{) en Y.}$$

$$FM \text{ NIV } 1 = 2\,451,67 + 0 = 2\,451,67 \text{ kg}$$

Nivel 2

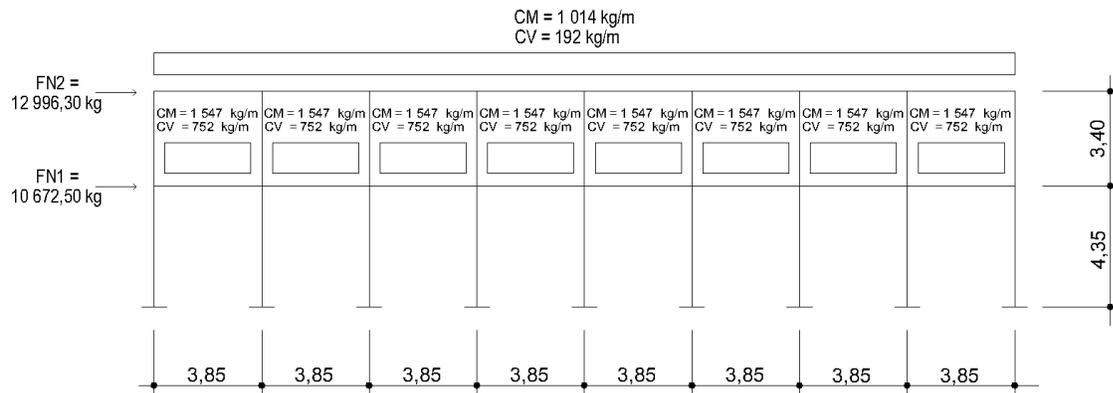
$$FM' = (1 \cdot 29\,855,37) / (1 \cdot 10) = 2\,985,537 \text{ kg}$$

Este valor se aplica a todos los marcos Y en el nivel 2.

$$FM'' = 0, \text{ esto por no haber excentricidad (} e \text{) en Y.}$$

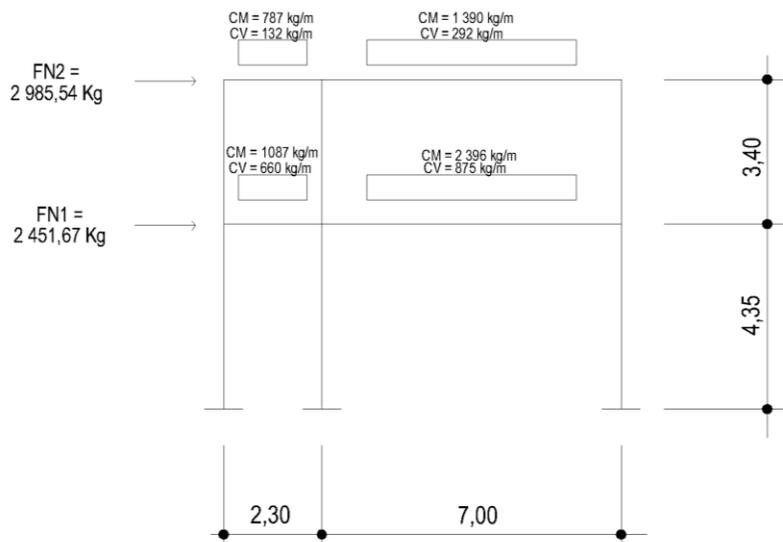
$$FM \text{ NIV } 2 = 2\,985,53 + 0 = 2\,985,53 \text{ kg.}$$

Figura 15. **Modelo matemático, marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X**



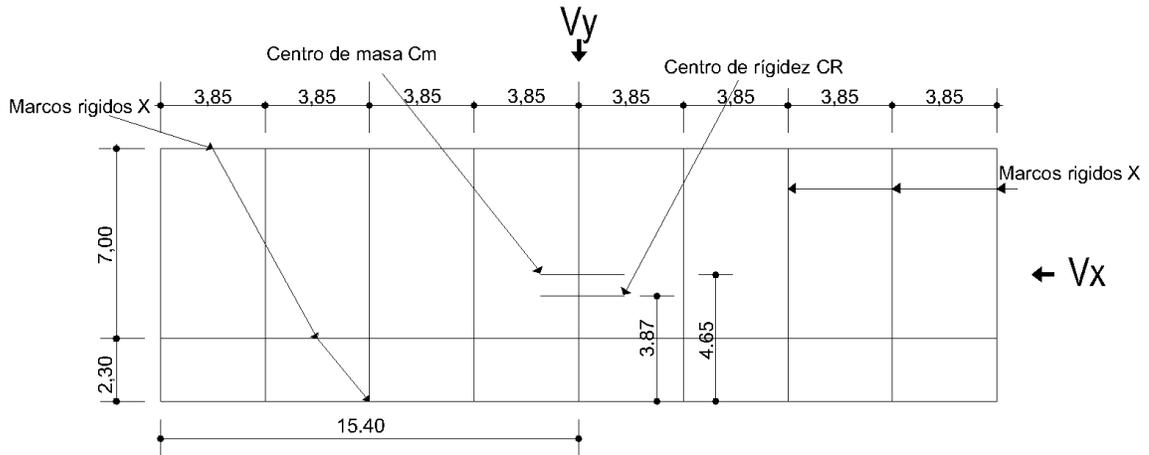
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Modelo matemático, marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Planta típica (niveles 1 y 2), de distribución de marcos elásticos unidos con nudos rígidos**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Fuerzas por marco nivel 1, marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X**

Marco	Ri	di	Ri*di	(Ri*di) ²	FM'	FM''	FMNIV1	FM'	FM''	FMNIV2
3	1	5,33	5,33	28,41	8 347,53	2 324,97	10 672,50	10 165,26	2 833,24	12 996,50
2	1	-1,47	-1,47	2,16	8 347,53	-641,22	7 706,31	10 165,26	-780,85	9 384,41
1	1	-3,77	-3,77	14,21	8 347,53	-1 684,49	6 663,04	10 165,26	-2 002,58	8 162,68
	3			44,78						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Fuerzas por marco nivel 2, marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X**

Marco	Ri	di	Ri*di	(Ri*di) ²	FM'	FM ^o	FMNIV1	FM'	FM ^o	FMNIV2
3	1	5,33	5,33	28,41	8 347,53	2 324,97	10 672,50	10 165,26	2 833,24	12 996,50
2	1	-1,47	-1,47	2,16	8 347,53	-641,22	7 706,31	10 165,26	-780,85	9 384,41
1	1	-3,77	-3,77	14,21	8 347,53	-1 684,49	6 663,04	10 165,26	-2 002,98	8 162,68
	3			44,78						

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.6. Análisis de marcos rígidos por un método de análisis estructural

(Método de Kani)

Para el análisis estructural se aplicó el método Kani y se comprobó utilizando el software JC-Diseño Concreto para sistema Windows versión 1.0.1.; la diferencia entre ambos fue del 20%. Para efectos de diseño se tomaron los resultados del método Kani.

El siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante; además, no se incluyen los casos en que existen columnas de diferente altura en un mismo piso, o cuando hay articulaciones en los apoyos de las columnas.

- Cálculo de momentos fijos (MFik), estos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción (Ms), éstos se calculan cuando hay cargas verticales.

$$M_s = \sum M_{Fik}$$

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

$$H = FM \text{ NIVEL } n \text{ (fuerza por marco del nivel } n, \text{ del análisis sísmico).}$$

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso (Qn), se calcula cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco elástico, unido con nudos rígidos.

$$Q_n = \sum H$$

- Cálculo de momentos de piso (Mn), estos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco elástico, unido con nudos rígidos.

$$M_n = (Q_n * h_n) / 3 \quad h_n = \text{altura del piso " } n \text{ "}$$

- Cálculo de rigidez de los elementos (Kik)

$$K_{ik} = I / L_{ik}$$

I = inercia del elemento

L = longitud del elemento

- Cálculo de factores de giro o coeficientes de reparto (μ_{ik}), estos se calculan cuando existen cargas verticales.

$$\mu_{ik} = - \frac{1}{2} (K_{ik} / K_{in})$$

- Cálculo de factores de corrimiento (ν_{ik}), estos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura, o cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco elástico, unido con nudos rígidos.

$$V = -3/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$$

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

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

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

- Cálculo de iteraciones, influencia de desplazamiento (M''_{ik})

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

$$M''_{ik} = \nu_{ik} (M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{ladeo por fuerza horizontal}$$

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

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

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

- Cálculo de momentos positivos en vigas ($M_{ik} (+)$)

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

Donde:

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

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

Método de Kani – carga muerta – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y

- Cálculo de momentos fijos (MFik)

Para cargas distribuidas uniformemente $MF = \pm WL^2 / 12$

$$MF_{BE} = - (1\,087 \cdot 2,3^2) / 12 = -480 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EB} = 480 \text{ kg-m}$$

$$MF_{CD} = - (787 \cdot 2,3^2) / 12 = -347 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EB} = 347 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EH} = - (2\,396 \cdot 7^2) / 12 = -9\,784 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EB} = 9\,784 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EH} = - (1\,391 \cdot 7^2) / 12 = -5\,680 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EB} = 5\,680 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de momentos de sujeción $M_s = \sum (MF_{ik})$

$$\text{Nudo B} = MF_{BE} = -480 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo C} = MF_{CD} = -347 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo H} = MF_{HE} = 9\,784 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo I} = MF_{ID} = 5\,680 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo D} = MF_{DC} + MF_{DI} = 347 - 5\,680 = -5\,333 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo E} = MF_{EB} + MF_{EH} = 480 - 9\,784 = -9\,304 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de rigidez de los elementos (Kik)

$$K_{ik} = I / L_{ik}$$

Inercia de los elementos rectangulares $I = bh^3 / 12$

$$I_{viga} = (30 \cdot 40^3) / 12 = 160\,000 \text{ cm}^4$$

$$I_{columna} = (30 \cdot 30^3) / 12 = 67\,500 \text{ cm}^4$$

Inercias relativas: $I_{columna} = \bar{I}$

$$I_{viga} = I_{viga} / I_{columna} = 160\,000 / 67\,500 = 2,37 \bar{I}$$

Rigidez

$$K_{AB} = K_{BA} = K_{FE} = K_{EF} = K_{GH} = K_{HG} = 1 / 4,35 = 0,23$$

$$K_{BC} = K_{CB} = K_{ED} = K_{DE} = K_{HI} = K_{IH} = 1 / 3,40 = 0,29$$

$$K_{BE} = K_{EB} = K_{CD} = K_{DC} = 2,37 / 2,30 = 1,03$$

$$K_{EH} = K_{HE} = K_{DI} = K_{ID} = 2,37 / 7 = 0,34$$

Cálculo de factores de giro o coeficientes de reparto $\mu_{ik} = -1/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$

$$\text{Nudo a; } \mu_{ik} = -1/2 (K_{AB} / (K_{A-\text{suelo}} + K_{AB})) = -1/2(0,23/ \infty + 0,23) = 0$$

$$\text{Nudo b; } \mu_{BA} = -1/2 (K_{BA} / (K_{BA} + K_{BC} + K_{BE})) =$$

$$\mu_{BA} = -1/2 (0,23 / (0,23 + 0,29 + 1,03)) = 0,07$$

$$\mu_{BC} = -1/2 (K_{BC} / (K_{AB} + K_{BC} + K_{BE})) =$$

$$\mu_{BC} = -1/2 (0,29 / (0,23 + 0,29 + 1,03)) = -0,10$$

$$\mu_{BE} = -1/2 (K_{BE} / (K_{AB} + K_{BC} + K_{BE})) =$$

$$\mu_{BE} = -1/2 (1,03 / (0,23 + 0,29 + 1,03)) = -0,33$$

Cálculo de factores de giro o coeficientes de reparto $\nu_{ik} = -3/2 (K_{ik} / K_{in})$

$$\text{Nivel 1; } \nu_{AB} = -3/2 (K_{AB} / (K_{AB} + K_{FE} + K_{GH})) =$$

$$\nu_{AB} = -3/2 (0,23 / (0,23 + 0,23 + 0,23)) = -0,5$$

$$\nu_{AB} = \nu_{FE} = \nu_{GH} = -0,50$$

$$\text{Nivel 2; } \nu_{BC} = -3/2 (K_{BC} / (K_{BC} + K_{ED} + K_{HI})) =$$

$$\nu_{BC} = -3/2 (0,29 / (0,29 + 0,29 + 0,29)) = -0,5$$

$$\nu_{BC} = \nu_{ED} = \nu_{HI} = -0,50$$

- Influencia de giro (M'_{ik}) – Primera iteración

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

$$\text{Nudo B; } M'_{BA} = \mu_{BA} (M_{SB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC}))$$

$$= -0,07 (-480 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0)) = + 33,6 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BC} = \mu_{BC} (M_{SB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC}))$$

$$= -0,10 (-480 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0)) = + 48 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BE} = \mu_{BE} (M_{SB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC}))$$

$$= -0,33 (-480 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0)) = + 158,4 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo C; } M'_{CB} = \mu_{CB} (M_{SC} + (M'_{BC} + M'_{DC} + M''_{BC}))$$

$$= -0,11 (-346,93 + (48 + 0 + 0)) = + 32,9 \text{ kg-m}$$

$$M'_{CD} = \mu_{CD} (M_{SC} + (M'_{BC} + M'_{DC} + M''_{BC}))$$

$$= -0,11 (-346,93 + (48 + 0 + 0)) = + 116,6 \text{ kg-m}$$

- Influencia de desplazamiento (M''_{ik}) – Primera iteración

$$M''_{ik} = v_{ik} ((M'_{ik} + M''_{ki}))$$

Nivel 2;

$$M''_{BC} = v_{BC} (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{ED} + M'_{DE} + M'_{HI} + M'_{IH})$$

$$= -0,50 (45,33 + 33,48 + 710,4 + 398,32 - 1 807,33 - 1 007) = +813,22 \text{ kg-m}$$

$$M'' BC = M'' ED = M'' HI = 813,22 \text{ kg-m}$$

Nivel 1;

$$\begin{aligned} M'' AB &= \nu AB (M' AB + M' BA + M' FE + M' EF + M' GH + M' HG) \\ &= -0,50 (0 + 35,43 + 0 + 555,26 + 0 - 1 413) = + 410,97 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$M'' AB = M'' FE = M'' GH = 410,97 \text{ kg-m}$$

- Influencia de giro (M'_{ik}) – Segunda iteración

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

$$\begin{aligned} \text{Nudo B; } M' BA &= \mu BA (M_s B + (M' AB + M' CB + M' EB + M'' AB + M'' BC)) \\ &= -0,074 (-479,18 + (0 + 2 489,3 + 33,48 + 410,97 + 813,22)) = + 241,6 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M' BC &= \mu BC (M_s B + (M' AB + M' CB + M' EB + M'' AB + M'' BC)) \\ &= -0,095 (-479,18 + (0 + 2 489,3 + 33,48 + 410,97 + 813,22)) = + 309,1 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M' BE &= \mu BE (M_s B + (M' AB + M' CB + M' EB + M'' AB + M'' BC)) \\ &= -0,331 (-479,18 + (0 + 2 489,3 + 33,48 + 410,97 + 813,22)) \\ &= + 1 083,15 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\text{Nudo C; } M' CB = \mu CB (M_s C + (M' BC + M' DC + M'' BC))$$

$$= -0,111 (-346,93 + (309,1 + 1 395,7 + 813,22)) = -172,4 \text{ kg-m}$$

$$M'_{CD} = \mu_{CD} (M_{SC} + (M'_{BC} + M'_{DC} + M''_{BC}))$$

$$= -0,389 (-347 + (48 + 0 + 0)) = + 604,05 \text{ kg-m}$$

- Influencia de desplazamiento (M''_{ik}) – Segunda iteración

$$M''_{ik} = v_{ik} ((M'_{ik} + M''_{ki}))$$

Nivel 2;

$$M''_{BC} = v_{BC} (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{ED} + M'_{DE} + M'_{HI} + M'_{IH})$$

$$= -0,50 (-309,1 - 172,4 + 842,47 + 480,99 - 1 800,28 - 1 218) = + 1 088 \text{ kg-m}$$

$$M''_{BC} = M''_{ED} = M''_{HI} = 1 088 \text{ kg-m}$$

Nivel 1;

$$M''_{AB} = v_{AB} (M'_{AB} + M'_{BA} + M'_{FE} + M'_{EF} + M'_{GH} + M'_{HG})$$

$$= -0,50 (0 - 241,6 + 0 + 658,49 + 0 - 1 407) = + 495,12 \text{ kg-m}$$

$$M''_{AB} = M''_{FE} = M''_{GH} = 495,12 \text{ kg-m}$$

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

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

Columnas;

$$M_{AB} = M_{F AB} + 2M'_{AB} + M'_{BA} + M''_{AB}$$

$$= 0 + (2 * 0) - 241,6 + 495,12 = 253,51 \text{ kg-m}$$

$$M_{BA} = M_{F_{BA}} + 2M'_{BA} + M'_{AB} + M''_{BAAB}$$

$$= 0 + (2 * -241,6) + 0 + 495,12 = 11,90 \text{ kg-m}$$

Vigas;

$$M_{BE} = M_{F_{BE}} + 2M'_{BE} + M'_{EB} + M''_{BE}$$

$$= -479,18 + (2 * -1083,15) - 2952,1 + 0 = 306,57 \text{ kg-m}$$

$$M_{EB} = M_{F_{EB}} + 2M'_{EB} + M'_{BE} + M''_{EB}$$

$$= -479,18 + (2 * 2952,1) - 1083,15 + 0 = 5300,1 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de momentos positivos en vigas ($M_{ik} (+)$)

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

Nivel 2;

$$M_{CD} (+) = WL^2/8 - (M_{C(-)} + M_{D(-)})/2$$

$$= (787 * 2,30^2 / 8 - (130,35 + 3113,7) / 2) = 1101,6 \text{ kg-m}$$

Nivel 1;

$$M_{BE} (+) = WL^2/8 - (M_{B(-)} + M_{E(-)})/2$$

$$= (1\ 087 \cdot 2,30^2 / 8 - (306,57 + 5\ 300,1) / 2 = 2\ 084,6 \text{ kg-m}$$

Método de Kani – carga viva – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y

El procedimiento de análisis para carga viva es igual que para carga muerta, por tal razón en este inciso no se detalla. Los resultados se detallan en la figura No.17.

Método de Kani – carga sísmica – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y

- Determinación de fuerzas de sujeción $H = FM \text{ NIVEL } n$

$$FM \text{ nivel } 2 = 2\ 985,5 \text{ kg}$$

$$FM \text{ nivel } 1 = 2\ 451,7 \text{ kg}$$

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso $Q_n = \sum H$

$$Q \text{ nivel } 2 = 2\ 985,5 \text{ kg}$$

$$Q \text{ nivel } 1 = 2\ 985,5 + 2\ 451,7 = 5\ 434,2 \text{ kg}$$

- La rigidez, los factores de giro y los factores de corrimiento, que se calcularon en el análisis de carga muerta, son los mismos que se utilizan en los análisis de carga viva y fuerza sísmica.

- Influencia de desplazamiento (M''_{ik}) – Primera iteración

$$M''_{ik} = v_{ik} (M \text{ nivel } n + \sum (M'_{ik} + M''_{ki}))$$

Nivel 2;

$$\begin{aligned}M''_{BC} &= v_{BC} (M_{\text{nivel 2}} + (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{ED} + M'_{DE} + M'_{HI} + M'_{IH})) \\ &= -0,50 (3\,383,6 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0)) = -1\,692 \text{ kg-m}\end{aligned}$$

$$M''_{BC} = M''_{ED} = M''_{HI} = -1\,692 \text{ kg-m}$$

Nivel 1;

$$\begin{aligned}M''_{AB} &= v_{AB} (M_{\text{nivel 1}} + (M'_{AB} + M'_{BA} + M'_{FE} + M'_{EF} + M'_{GH} + M'_{HG})) \\ &= -0,50 (7\,884 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0)) = -3\,942 \text{ kg-m}\end{aligned}$$

$$M''_{BC} = M''_{ED} = M''_{HI} = -3\,942 \text{ kg-m}$$

- Influencia de giro (M'_{ik}) – Primera iteración

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

$$\begin{aligned}\text{Nudo B; } M'_{BA} &= \mu_{BA} (M_{sB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,074 (0 + (0 + 0 + 0 - 3\,942 - 1\,692)) = +416,95 \text{ kg-m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{BC} &= \mu_{BC} (M_{sB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,095 (0 + (0 + 0 + 0 - 3\,942 - 1\,692)) = +532,93 \text{ kg-m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{BE} &= \mu_{BE} (M_{sB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,331 (0 + (0 + 0 + 0 - 3\,942 - 1\,692)) = +1\,867,41 \text{ kg-m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nudo C; } M'_{CB} &= \mu_{CB} (M_{sC} + (M'_{BC} + M'_{DC} + M''_{BC})) \\ &= -0,111 (0 + (416,55 + 0 - 1\,692)) = +141,57 \text{ kg-m}\end{aligned}$$

$$M'_{CD} = \mu_{CD} (MS_C + (M'_{BC} + M'_{DC} + M''_{BC}))$$

$$= -0,389 (0 + (532,93 + 0 - 1692)) = +450,78 \text{ kg-m}$$

- Influencia de desplazamiento (M''_{ik}) – Segunda iteración

$$M''_{ik} = v_{ik} (M_{\text{nivel } n} + \sum (M'_{ik} + M''_{ki}))$$

Nivel 2;

$$M''_{BC} = v_{BC} (M_{\text{NIVEL2}} + (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{ED} + M'_{DE} + M'_{HI} + M'_{IH}))$$

$$= -0,50 (3383,6 + (532,93 + 141,57 + 292,56 + 73,16 + 903,01 + 160,89))$$

$$= -2744 \text{ kg-m}$$

Nivel 1;

$$M''_{AB} = v_{AB} (M_{\text{nivel } 1} + (M'_{AB} + M'_{BA} + M'_{FE} + M'_{EF} + M'_{GH} + M'_{HG}))$$

$$= -0,50 (7884 + (416,55 + 0 + 228,67 + 0 + 705,8)) = -4617 \text{ kg-m}$$

- Influencia de giro (M'_{ik}) – Segunda iteración

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

Nudo B; $M'_{BA} = \mu_{BA} (MS_B + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC}))$

$$= -0,074 (0 + (0 + 141,57 + 1025,1 - 4617 - 27,44)) = +458,01 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BC} = \mu_{BC} (MS_B + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC}))$$

$$= -0,095 (0 + (0 + 141,57 + 1025,1 - 4617 - 2744)) = +585,99 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BE} = \mu_{BE} (MS_B + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC}))$$

$$= -0,331 (0 + (0 + 141,57 + 1025,1 - 4617 - 27,44))$$

$$= +2053,32 \text{ kg-m}$$

$$\begin{aligned} \text{Nudo C; } M'_{CB} &= \mu_{CB} (MS_C + (M'_{BC} + M'_{DC} + M''_{BC})) \\ &= -0,111 (0 + (532,93 + 293,83 - 2 \cdot 744)) = + 212,82 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{CD} &= \mu_{CD} (MS_C + (M'_{BC} + M'_{DC} + M''_{BC})) \\ &= -0,389 (0 + (532,93 + 0 - 1 \cdot 692)) = + 745,73 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

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

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

Columnas;

$$\begin{aligned} M_{AB} &= M_{F_{AB}} + 2M'_{AB} + M'_{BA} + M''_{AB} \\ &= 0 + (2 \cdot 0) + 458,01 - 4 \cdot 617 = 4 \cdot 159 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{BA} &= M_{F_{BA}} + 2M'_{BA} + M'_{AB} + M''_{BA} \\ &= 0 + (2 \cdot 458,01) + 0 - 4 \cdot 617 = 3 \cdot 701 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

Vigas;

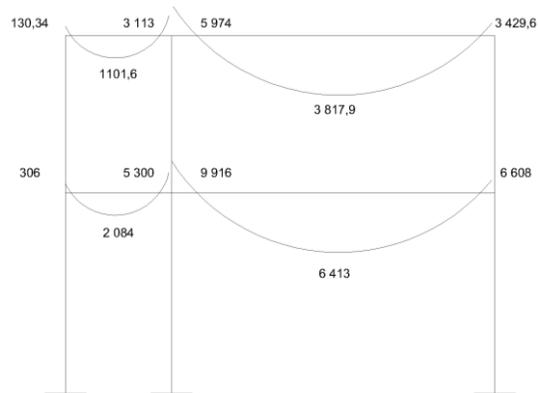
$$\begin{aligned} M_{BE} &= M_{F_{BE}} + 2M'_{BE} + M'_{EB} + M''_{BE} \\ &= 0 + (2 \cdot 2 \cdot 053,32) + 1 \cdot 141,9 + 0 = 5 \cdot 248,5 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{EB} &= M_{F_{EB}} + 2M'_{EB} + M'_{BE} + M''_{EB} \\ &= 0 + (2 \cdot 1 \cdot 141,9) + 2 \cdot 053,32 + 0 = 4 \cdot 337 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

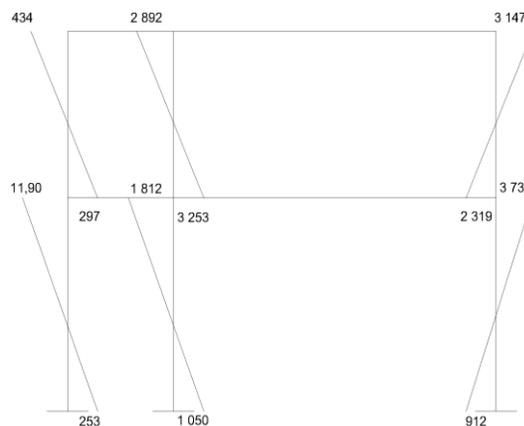
Resultados de análisis de Kani – marco típico elástico unido con nudos rígidos – sentido Y.

Los resultados del análisis estructural por separado de carga muerta, viva y sismo en el sentido Y, se observan en las No. 16, No. 17 Y No. 18.

Figura 18. **Diagrama de momentos (kg-m) – carga muerta – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y**



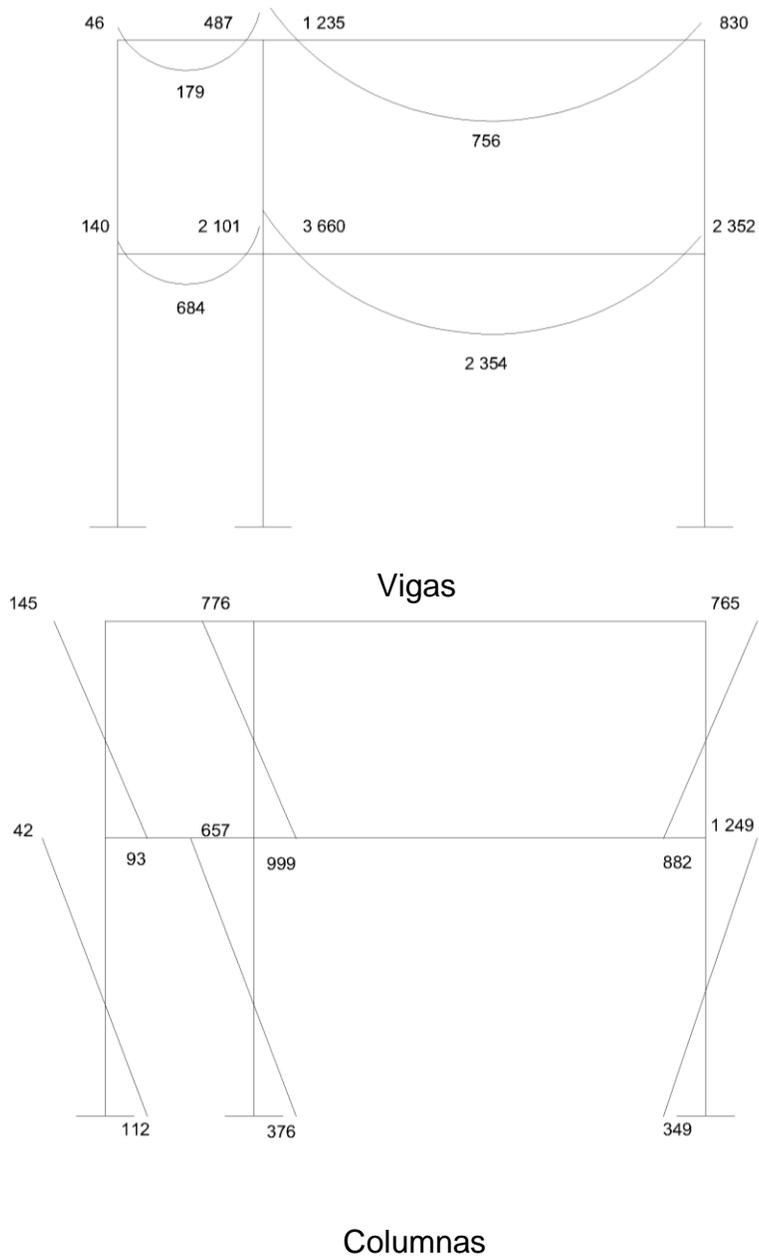
Vigas



Columnas

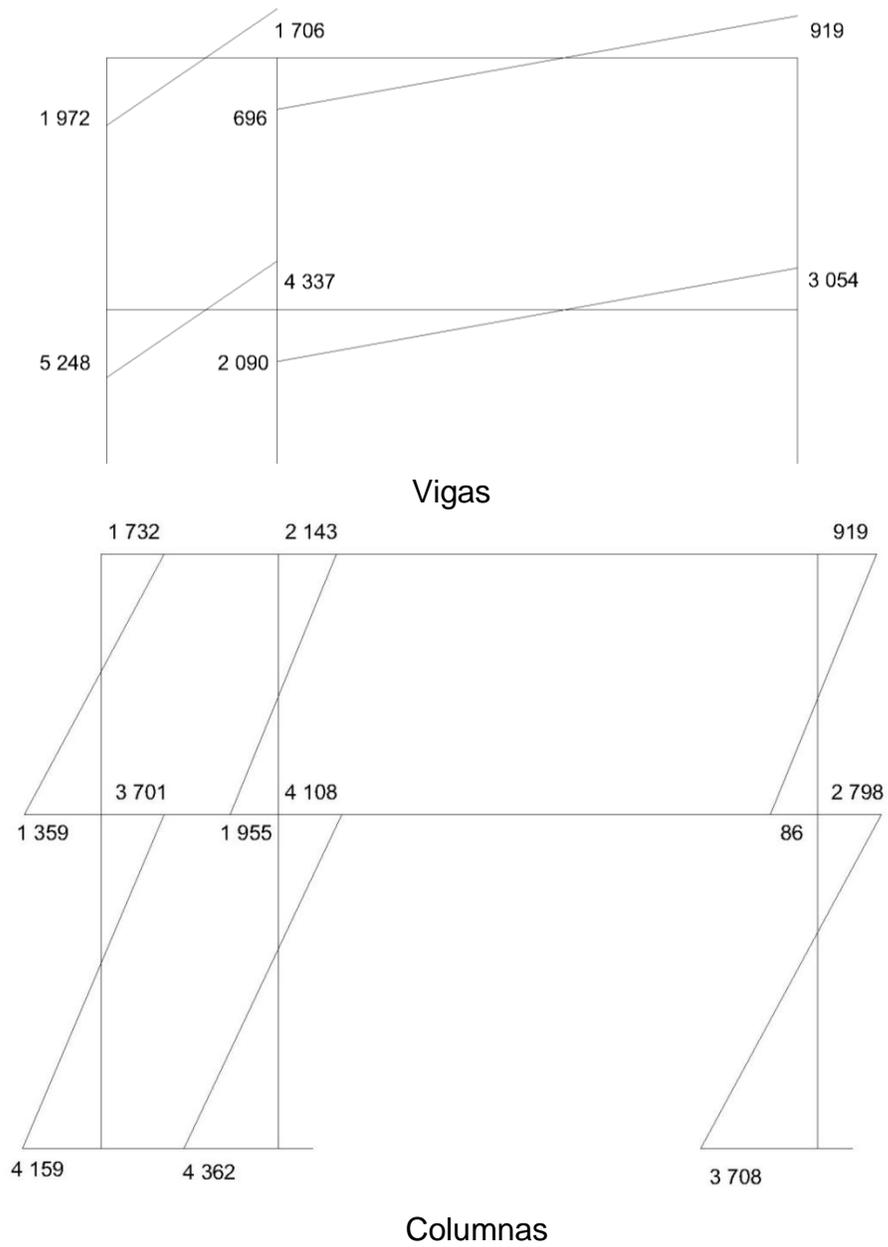
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Diagrama de momentos (kg-m) – carga viva – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Diagrama de momentos (kg-m) – fuerza sísmica – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y.**

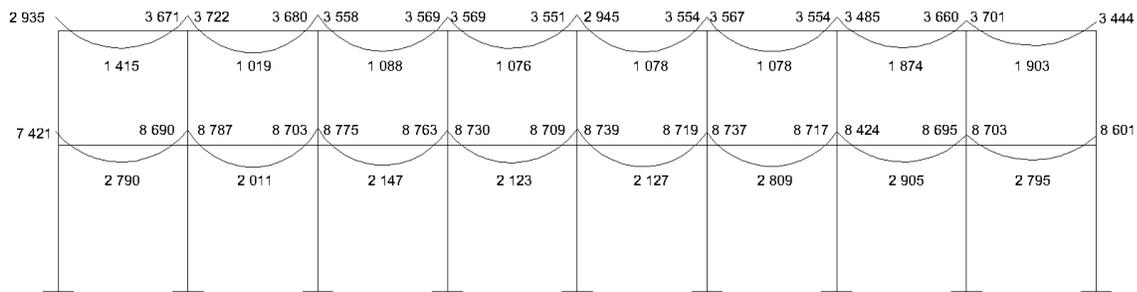


Fuente: elaboración propia.

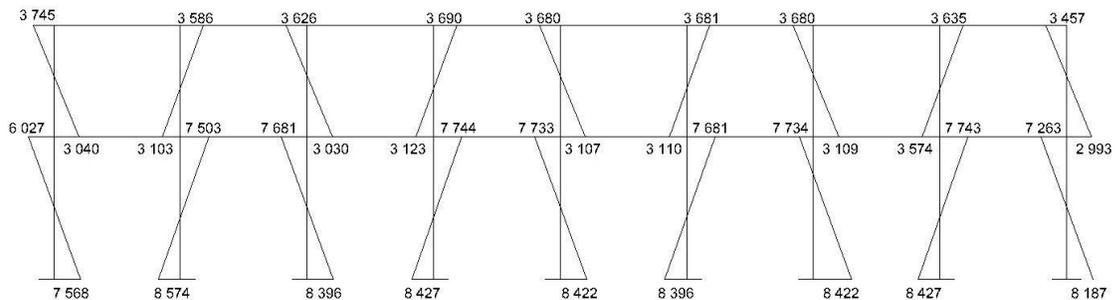
Resultados de los análisis de Kani – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X.

Para el marco en el sentido X, se aplicó el procedimiento del caso del marco en el sentido Y, los resultados se advierten en la figura 21.

Figura 21. **Diagrama de momentos últimos (kg-m) – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X**



Vigas



Columnas

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.7. Momentos últimos por envolventes de momentos

La envolvente de momentos, es la representación de los esfuerzos máximos, que pueden ocurrir al superponer los efectos de la carga muerta, la carga viva y la fuerza sísmica. Para considerar la superposición de efectos el código ACI propone las siguientes combinaciones.

Fórmulas utilizadas para realizar la envolvente de momentos para los momentos últimos negativos en vigas;

$$M(-) = 0,75(1,4 M_{CM} + 1,7M_{CV} + 1,87 M_s)$$

$$M(-) = 0,75(1,4 M_{CM} + 1,7M_{CV} - 1,87 M_s)$$

Para los momentos de inversión en vigas;

$$M_i = 0,90 M_{CM} \pm 1,43 M_s$$

Para los momentos últimos positivos en vigas;

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

Para los momentos últimos en las columnas;

$$M_c = 0,75(1,4 M_{CM} + 1,7M_{CV} + 1,87 M_s)$$

$$M_c = 0,75(1,4 M_{CM} + 1,7M_{CV} - 1,87 M_s)$$

Envolvente de momentos, marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y.

Vigas;

$$M_{CD} (-) = 0,75 ((1,4*130,35)+(1,7*46) + (1,87*1 972)) = 2 961,2 \text{ kg-m}$$

$$M_{CD} (+) = (1,4*1 101,6) + (1,7*179,03) = 1 846,60 \text{ kg-m}$$

$$M_{CD} (-) = 0,75 ((1,4*3 113,7)+(1,7*486,71)+(1,87*1 706,9)) = 6 283,9 \text{ kg-m}$$

Columnas;

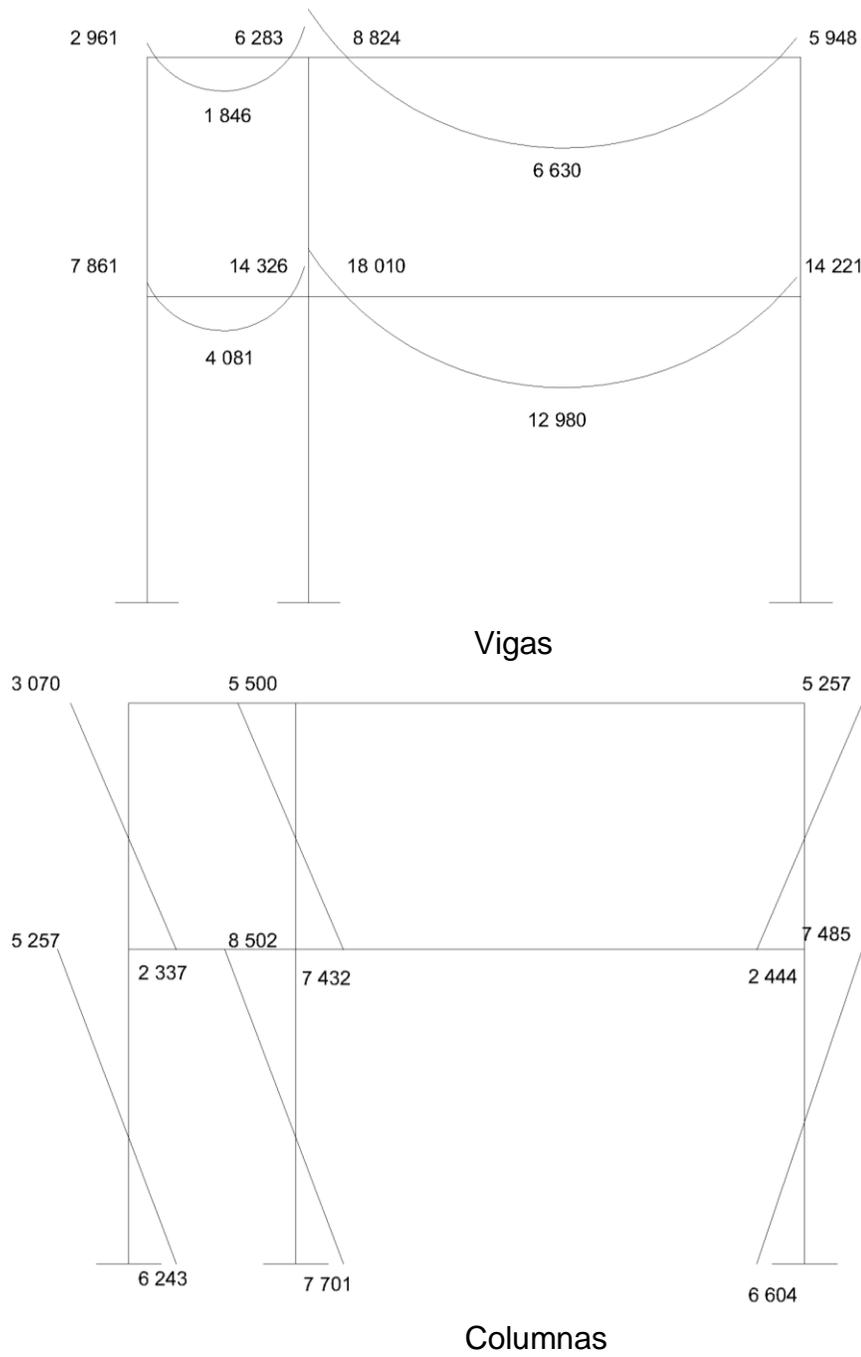
$$M_{BC} (-) = 0,75 ((1,4*297.,42)+(1,7*93,66)+(1,87*1 359,1)) = 2 337,8 \text{ kg-m}$$

$$M_{CB} (-) = 0,75 ((1,4*434,15)+(1,7*145,34)+(1,87*1 732,2)) = 3 070,6 \text{ kg-m}$$

Resultados de la envolvente de momentos en marcos típicos elásticos unido con nudos rígidos.

Al usar las ecuaciones mostradas en el primer inciso se calculan todas las envolventes de momentos para los marcos rígidos X y Y, cuyos resultados pueden observarse en las figuras 19 y 20 respectivamente.

Figura 22. Diagrama de momentos últimos (kg-m) – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y.



Fuente: elaboración propia.

4.2.2.8. Diagrama de corte en marcos rígidos

Para calcular los cortes en los marcos se utilizan las formulas siguientes;

- Corte en vigas;

$$V_v = 0,75(1,4((WCM*L)/2 + 1,7((WCV*L)/2 + 1,87((\sum Ms)/L))$$

- Corte en vigas;

$$V_v = (\sum MC)/L$$

Corte en marcos típicos elásticos unidos con nudos rígidos

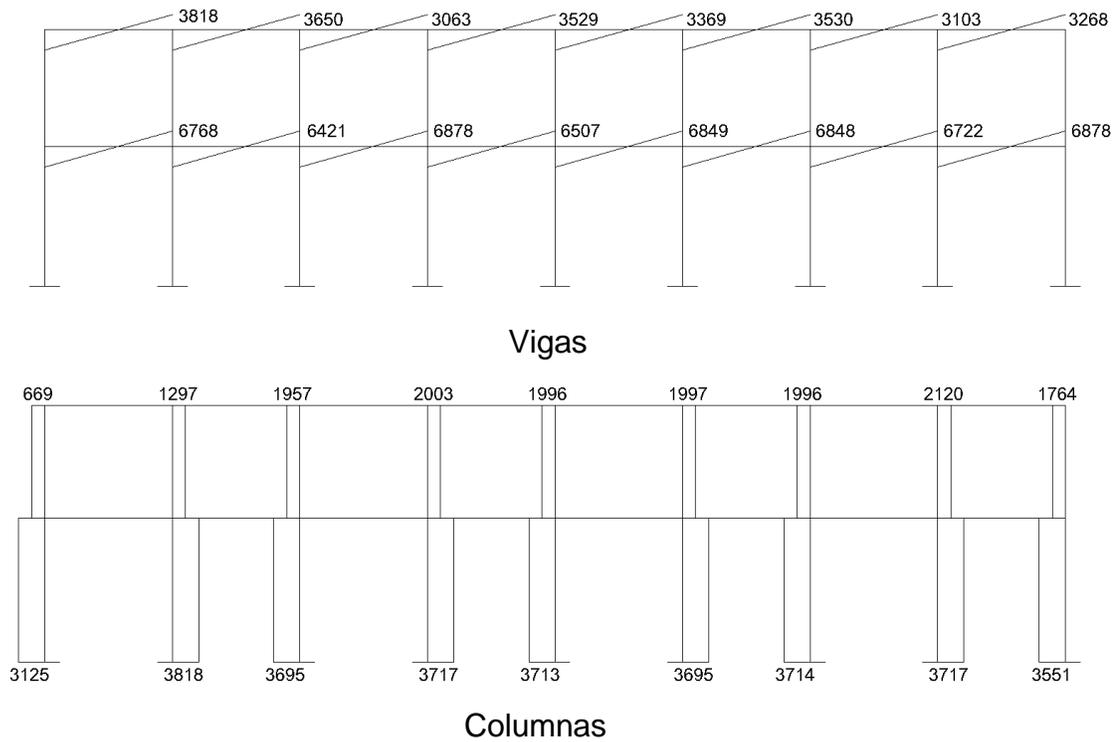
Vigas en Y; Tramo C-D = $0,75(1,4(787*2,30)/2 + 1,7(132*2,30)/2 +$

$$1,87(1\ 972,06 + 1\ 706,90)/2,30) = 3,387 \text{ kg}$$

Columnas en Y; Tramo B-C = $(2\ 337,8 + 3\ 070,6) / 3,40 = 1\ 590,70 \text{ kg}$

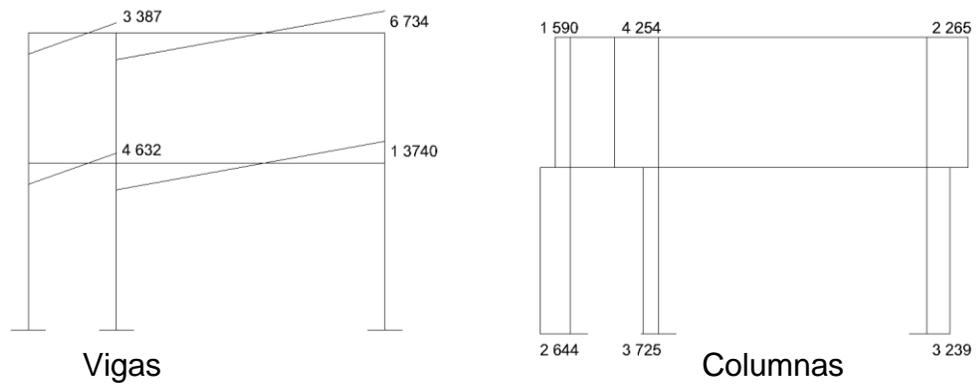
Los resultados de los cálculos realizados para obtener los cortes en los marcos típicos elásticos unidos con nudos rígidos en los sentidos X y Y, se observan en las figuras 21 y 22.

Figura 23. **Diagrama de cortes últimos (kg) – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X.**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Diagrama de cortes últimos (kg) – marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido Y.**



Fuente: elaboración propia.

4.2.2.9. Diseño estructural

- Diseño de losas
 - Losa nivel 1 y 2

Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie, como entrepisos para transmitir cargas verticales, o como diafragmas para transmitir cargas horizontales. Por el espesor, pueden dividirse en cascarones ($t < 0,09$), planas ($0,09 \leq t \leq 0,12$) y nervadas ($t > 0,12$). Para diseñarlas existen varios métodos, en éste caso se utiliza el método 3 ACI descrito en la sección siguiente.

Datos: los datos geométricos pueden observarse en la figura 23, y los datos de las cargas se encuentran en la sección 4.2.2.4.

Espesor de la losa; el cálculo del espesor de la losa se encuentra en la sección 4.2.2.1 y el resultado $t = 0,12$.

Carga última o carga de diseño;

Losas 2 y 3;

$$CU = 1,4((2\ 400 \cdot 0,12) + 240) + 1,7 (300) = 1\ 249,2 \text{ kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño se toma una franja unitaria de 1 m de ancho, entonces;

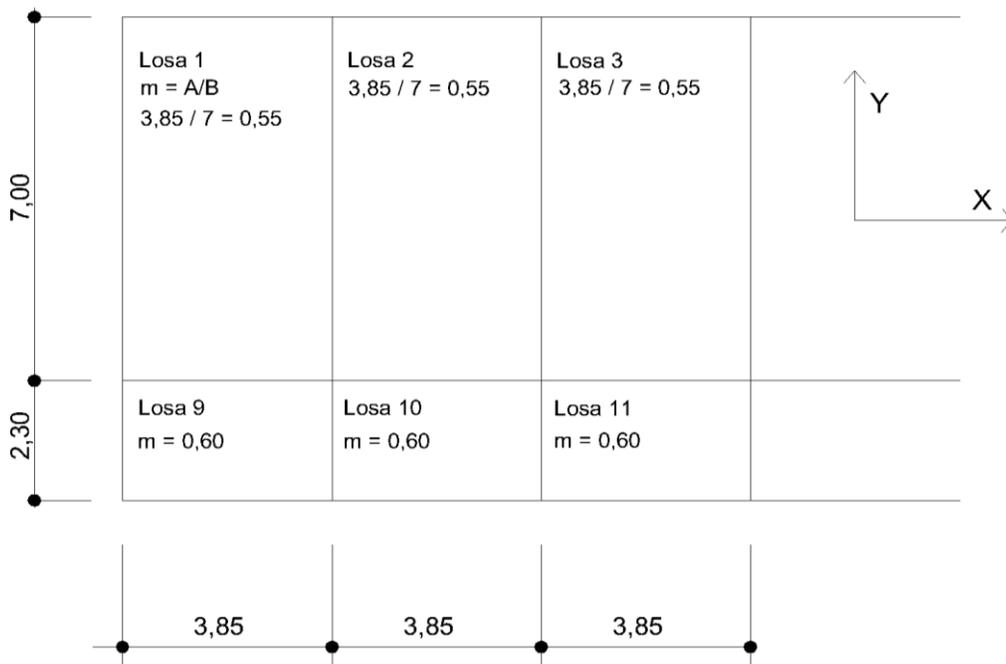
$$CUu = 1\ 249,2 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 1\ 249,2 \text{ kg/m}$$

Losa 10 y 11;

$$CU = 1,4((2\ 400 \cdot 0,12) + 100) + 1,7 (500) = 1\ 589,2 \text{ kg/m}$$

$$CUu = 1\ 589,2 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 1\ 589,2 \text{ kg/m}$$

Figura 25. **Planta típica de distribución de losas, edificio de aulas**



Fuente: elaboración propia.

Momentos actuantes;

Formulas;

$$M(-) = C \cdot CUu \cdot A^2$$

$$M(+) = C \cdot CUu \cdot A^2 + C \cdot CVUu \cdot A^2$$

Donde;

C= coeficiente de tablas ACI

A=Dimensión del lado considerado de la losa

Solución;

Losa 2

$$M(-)y = 0,005(1\ 249,2)7^2 = 306,05 \text{ kg-m}$$

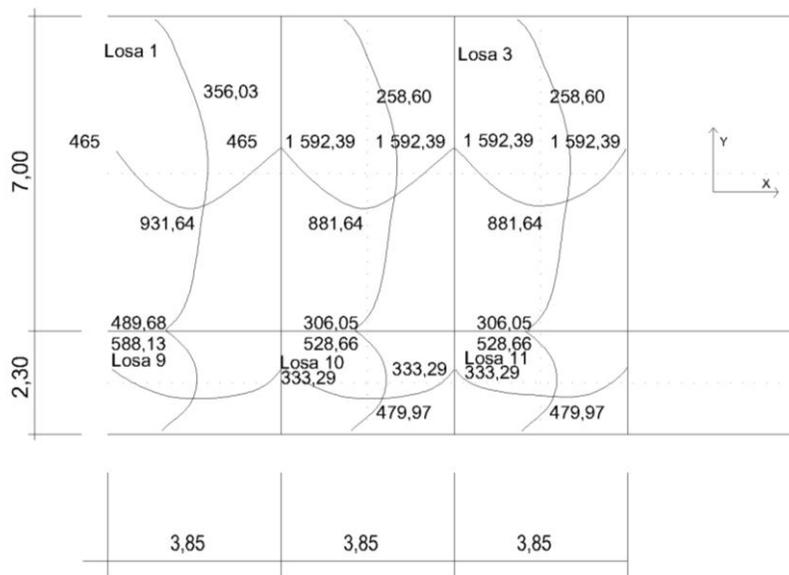
$$M(+)y = 0,003(739,2)7^2 + 0,006(510)7^2 = 258,60 \text{ kg-m}$$

$$M(-)x = 0,086(1\ 249,2)3,85^2$$

$$M(+)x = 0,037(739,2)3,85^2 + 0,063(510)3,85^2 = 881,65$$

Siguiendo el procedimiento anterior, se calculan los momentos en todas las losas, el resultado se expresa en los datos de la figura 24.

Figura 26. **Planta de momentos actuantes en losas típicas – nivel 1**



Fuente: elaboración propia.

Balance de Momentos; cuando dos losas están unidas en un lado y tienen momentos diferentes en ese lado, se deben balancear los momentos antes de diseñar el refuerzo. Para este caso el método elegido es el siguiente;

$$\text{Si } 0,8 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}} \rightarrow MB = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}) / 2$$

Si $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}} \rightarrow$ se balancean proporcionalmente a su rigidez

D1	D2
M1	M2
-dM*D1	+dM*D2
Ma	Mb

$$D1 = K1/(K1 + K2), K1 = 1/L1$$

L= longitud de losa considerada

$$dM= M1 - M2$$

1 y 2 índices de M mayor y M menor

Balance de momentos entre losas 1 y 2

$$0,8 * (465,5) = 372,4 < 1\ 592,39, \text{ entonces}$$

$$MB = (465,5 + 1\ 592,39)/2 = 1\ 028,94 \text{ kg-m}$$

Balance de momentos entre losas 2 y 10

$$0,8(528,66) = 422,93 > 306,05 \rightarrow K1 = \frac{1}{2,3} = 0,43 \quad K2 = \frac{1}{7} = 0,14$$

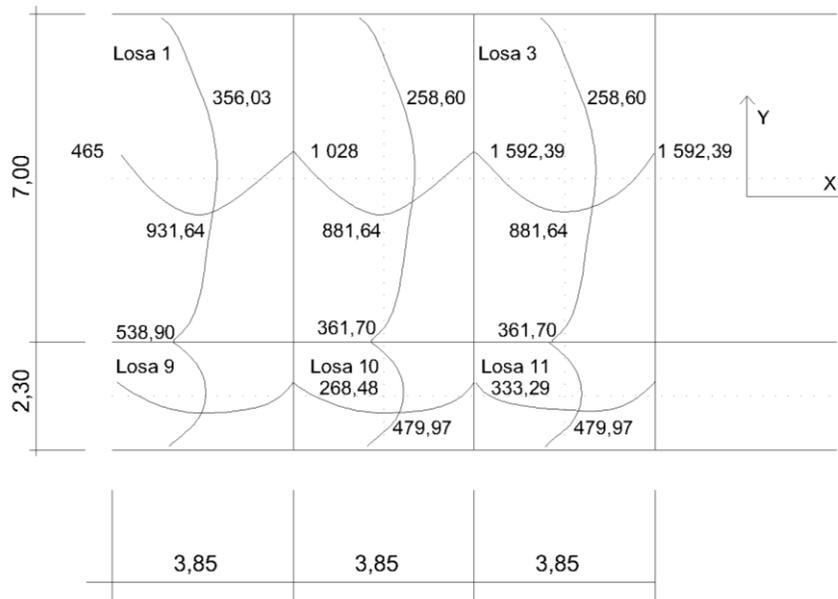
$$D1 = 0,43 / (0,43 + 0,14) = 0,75$$

$$D2 = 0,14 / (0,43 + 0,14) = 0,25$$

D1= 0,75	D2= 0,25
528,66	306,05
(222,61)(0,75)	(222,61)(0,25)
166,96	55,65
361,70	361,70

Al hacer el balance de momentos en todos los puntos necesarios, pueden observarse los resultados en la figura 25. Con estos datos se puede calcular el acero de refuerzo necesario en las losas.

Figura 27. **Planta de momentos balanceados en losas típicas – nivel 1**



Fuente: elaboración propia.

Diseño de acero de refuerzo: el refuerzo en las losas se calcula como si fuera una viga, usando el ancho de 1 metro. El procedimiento seguido es el siguiente;

- Cálculo de límites de acero;

$$As \text{ mín} = (14,1/F_y) \cdot b \cdot d =$$

$$(14,1 / 2 810) \cdot 100 \cdot 9,5 = 4,78 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ máx} = \varphi \left((0,003 E_s \cdot 0,85 f'_c) / (F_y + (0,003 E_s) \cdot F_y) \right) A_g$$

$$\varphi = 0,5 \text{ en zona sísmica;}$$

$$\varphi = 0,75 \text{ en zona no sísmica;}$$

$$As \text{ máx} = 0,5((0,003*2,1*10^6*0,85^2*210)/(2\ 810+(0,003(2,1*10^6)*2\ 810))(100*9,5) = 25,64 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de momentos soportados usando As mín;

$$Msop = 0,90(AsFy(d-(AsFy/1,7f'cB))$$

$$Msop = (0,90(4,78*2\ 810(9,5-(4,78*2\ 810/1,7*210*100)))/100=$$

$$Msop = 1\ 102,94 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de áreas de acero;

Para los momentos menores que el $Msop$ se usa As mín y para los momentos mayores que el $Msop$ se calcula el área con la fórmula;

$$AS = (B*d - ((B* d)^2 - (M* B / 0,003825f'c))^1/2(0,85f'c/Fy)$$

Los resultados pueden observarse en la tabla II

- Cálculo de espaciamiento entre varillas de refuerzo

El espaciamiento entre varillas se calcula con; $S = Av / As$

Tomando en cuenta que $Smáx = 2t$ $Smáx = 0,30$

$Smáx = 2 * 0,12 = 0,24$, entonces se usa $Smáx = 0,30$

Todas las losas están sometidas a esfuerzos de corte, que deben ser resistidos por los materiales de las mismas. En este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben resistir únicamente por el concreto; por

tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado. El procedimiento es el siguiente;

- Cálculo de espaciamiento entre varillas de refuerzo

$$V_{\text{máx}} = CUu \cdot L/2 = (1\,249,2) (3,85)/2 = 2\,404,71 \text{ kg}$$

L= lado corto. De los lados cortos de las losas se toma el mayor.

- Cálculo de corte máximo resistente

$$VR = 45 (f'c)^{1/2} \cdot t = (45)(210)^{1/2} \cdot (12) = 7\,825,34 \text{ kg}$$

- Comparar VR con V_{máx}

Si $VR \geq V_{\text{máx}}$, el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar “t”, sí

$VR > V_{\text{máx}}$, el espesor es el adecuado.

Tabla XV. **Áreas de acero en las losas típicas**

Momento (M)	Área acero $A_s = \text{cm}^2$	No Varilla	Espaciamiento S=metros	Área de acero a colocar
465	1,97	No 3	0,14	4,78
931	4,01	No 3	0,14	4,78
1 028	4,44	No 3	0,14	4,78
881	3,79	No 3	0,14	4,78
1 592	7,04	No 3	0,10	4.78 e intercalar bastón entre tensión y riel

Fuente: elaboración propia.

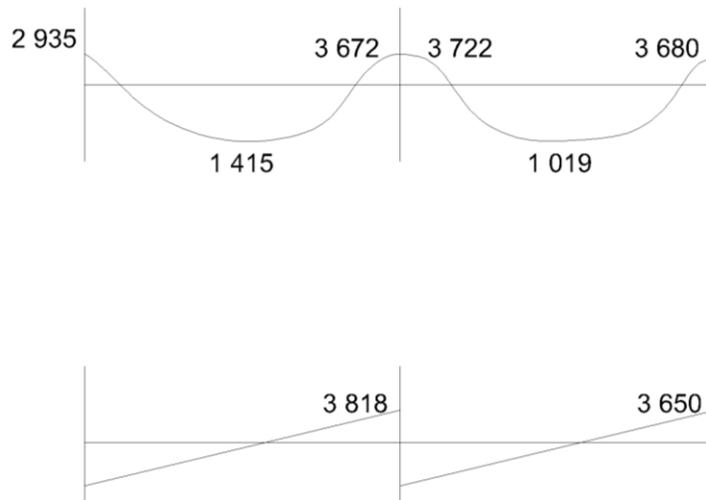
- Diseño de vigas

El procedimiento seguido para diseñar las vigas, se describe a continuación, aplicado en la viga tipo 1.

Datos: esta viga se ubica en el marco típico elástico unido con nudos rígidos sentido X, nivel 1. Los datos, tomados del análisis estructural, se muestran en la figura 18.

En la que se incluyen los momentos positivos, negativos y de inversión, además de los cortes últimos, que posteriormente se utilizan en el diseño de la viga tipo 1 (ver tabla XV).

Figura 28. **Diagrama de momentos y cortes últimos en la viga 1**



Fuente: elaboración propia.

Límites de acero; antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se calculan sus límites, dentro de los cuales deben estar según los criterios siguientes;

Fórmulas; $A_s \text{ mín} = 14,1 A_g / F_y$; $A_s \text{ máx} = (\rho_{\text{bal}} A_g)$; $A_g = bd$

$$\rho_{\text{bal}} = \phi \rho_{\text{max}} = \phi \left(\frac{0,003 E_s \cdot 0,85 f'_c}{(F_y + 0,003 E_s) F_y} \right)$$

$\phi = 0,5$ en zona sísmica;

$\phi = 0,75$ en zona no sísmica;

Solución;

$$A_g = bd = 30 \cdot 36 = 1\,080 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ mín} = (14,1 \cdot 1\,080) / 2\,810 = 5,42 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ máx} = 0,5 \cdot \left(\frac{0,003 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,85^2 \cdot 210 \cdot (1\,080)}{(2\,810 + 0,003 \cdot 2,1 \cdot 10^6) + 2\,810} \right) = 20,16 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal: por medio de los momentos dados, se procede a calcular las áreas de acero con la formula;

$$A_s = \left(B \cdot d - \left((B \cdot d)^2 - \left(\frac{M \cdot B}{0,003 \cdot 825 f'_c} \right)^2 \right)^{1/2} \right) \cdot \frac{0,85 f'_c}{F_y}$$

Los resultados obtenidos se observan en la tabla XV.

Luego de calcular el A_s , se procede a colocar varillas de acero, de tal forma que el área de ellas supla lo solicitado en los cálculos de A_s ; esto se hace tomando en cuenta los siguientes requisitos sísmicos;

Cama superior; colocar como mínimo dos varillas corridas, tomando el mayor de los siguientes valores;

- A_{smin}
- 33% A_s mayor
 - A_s min:
 - 5,42 cm^2 equivalente a 2 No 6= 5,74 cm^2
 - 33% (3,3) =1,09 cm^2

Cama inferior; colocar como mínimo dos varillas corridas, tomando el mayor de los siguientes valores;

- A_{smin}
- 50% A_s (+)
- 50% A_s mayor
 - A_s min;
 - 5,42 cm^2 equivalente a 2 No 6= 5,74 cm^2
 - 50% (1,57) =0,78 cm^2
 - 50% (3,30) =1,65 cm^2

Se puede observar, tanto para la cama superior, como la cama inferior, que el A_s mín son dos varillas No 6 con un área de 5.74 cm^2 , que son los valores más altos. El resto de acero, en ambas camas, se coloca como bastones y rieles usando la fórmula siguiente;

$$A_s \text{ (de bastón o riel)} = A_s \text{ total} - A_s \text{ mín corrido}$$

Acero transversal (estribos); se coloca acero transversal por armado, ya que mantiene el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para

contrarrestar los esfuerzos de corte; si la sección de concreto no es suficiente para cumplir esta función. El procedimiento a seguir es el siguiente;

- Cálculo de corte resistente

$$V_R = 0,85 \cdot 0,53 (f'c)^{1/2} b d$$

$$V_R = 0,85 \cdot 0,53 (210)^{1/2} \cdot 30 \cdot 36 = 7\,050 \text{ kg}$$

- Comparar corte resistente con corte último

Si $V_R \geq V_u$ la viga necesita estribos solo por armado; calcular estribos a $S_{\max} = d/2 \leq 30 \text{ cm}$

Si $V_R < V_u$ se diseña estribos por corte, por medio de las expresiones;

- Calcular longitud de confinamiento
- Calcular separación de estribos en zona de confinamiento $S = 2A_{vf}y/V_u$

El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de;

- $d/4$;
- ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas;
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento y

- 300 mm.

En este caso $V_u = 6\ 768\ \text{kg}$ $V_R = 7\ 050\ \text{kg}$ entonces $V_R > V_u$, $7\ 050 > 6\ 768$, usar No. 3 a $S_{\text{máx}} = d/2 = 36/2 = 18\ \text{cm}$.

El diseño de las vigas 1,2, 3 y 4, se sigue el procedimiento descrito anteriormente para la viga 1; los resultados se observan en la tabla XV.

Tabla XVI. **Cálculo de vigas, edificio de aulas**

Viga	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal			
	Momento (M)	Área acero $A_s=\text{cm}^2$	Refuerzo	Corte	Refuerzo		
1	Tramo	3,3	2 No. 6	VU=3 818	Estribo No 3, 0,18 m 2 a.c. 0.09 en extremos, d=0.72 m resto a.c. 0.18		
		2 935				0	
		1 415				7	
	Sección	4,1	2 No. 6			VR=7 050	
		3 671					6
		3 722					2
0,30X0,40	1,1	2 No. 6					
	1 019		3				
	4,1	2 No. 6					
	3 680	7					

1	Tramo	4,03	2 No. 6	VU=3 063	Estribo No 3, 2 a.c. 0.09 en extremos d=0.72 m		
		3 558				1,21	
		1 088					
	Sección	4,04	2 No. 6			VR=7 050	
		3 569					4,04
		1 076					1,19
0,30X0,40	4,02	2 No. 6					
	3 551		4,02				
1	Tramo	3,31	2 No. 6	VU=3 369	Estribo No 3, 2 a.c. 0.09 en extremos d=0.72 m		
		2 945				1,19	
	1 078						
	4,04	2 No. 6	VR=7 050	Resto a.c. 0,18			
3 567	1,19						
sección	1 078	2 No. 6					
0,30X0,40	3 554	4,02	2 No. 6				

Continuación de la tabla XVI.

Tramo	3 485	3,94	2 No. 6		Estribo No 3,
	1 874	2,09	2 No. 6		2 a.c. 0.09
1 sección	3 660	4,15	2 No. 6	VU=3 103	en extremos d=0.72 m
	3 701	4,19	2 No. 6	VR=7 050	Resto a.c. 0,18
	1 903	2,12	2 No. 6		
	0.30X0.40	3 444	3,89	2 No. 6	
Tramo	7 421	8,70	2 No. 6 + 1 No 6		Estribo No 3,
2 sección	2 790	3,14	2 No. 6	VU=6 421	2 a.c. 0.09 en extremos d=0.72 m
	8 680	10,31	2 No. 6 + 2 No 6		
	8 782	10,44	2 No. 6 + 2 No 6	VR=7 050	Resto a.c. 0,18
	2 011	2,25	2 No. 6		
0,30X0,40	8 703	10,34	2 No. 6 + 2 No 6		
2 sección	8 775	10,43	2 No. 6 + 2 No 6	VU=6 507	Estribo No 3, 2 a.c. 0,09 en extremos d=0.72 m
	2 147	2,40	2 No. 6		
	8 763	10,42	2 No. 6 + 2 No 6	VR=7 050	Resto a.c. 0,18
	8 730	10,37	2 No. 6 + 2 No 6		
	2 123	2,37	2 No. 6		
	0,30X0,40	8 709	10,35	2 No. 6 + 2 No 6	
2 sección	8 739	10,38	2 No. 6 + 2 No 6	VU=6 848	Estribo No 3, 2 a.c. 0,09 en extremos d=0.72 m
	2 127	2,38	2 No. 6		
	8 719	10,36	2 No. 6 + 2 No 6	VR=7 050	Resto a.c. 0,18
	8 737	10,38	2 No. 6 + 2 No 6		
	2 809	3,16	2 No. 6		
	0,30X0,40	8 717	10,36	2 No. 6 + 2 No 6	

Fuente: elaboración propia.

El diseño de las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes, para el diseño la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se determina por áreas tributarias. Los momentos flexionantes son

tomados del análisis estructural, para diseñar la columna, se toma el mayor de los momentos actuantes en extremos de ésta.

Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos el diseño resultante para cada columna y es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio de aulas y se aplica en la columna del nivel 2.

Columna típica nivel 2

Datos; son obtenidos del análisis estructural. Los valores del corte y los momentos se toman los críticos.

Sección; 0,30*0,30 m

Lu; Longitud de la columna = 3 m

Mx; 3 745 kg-m

My; 7 033 kg-m

Vu; corte último ; 4 254 kg

Determinación de carga axial

- Cálculo de carga axial; $CU = 1.4CM + 1.7CV$

$$CU = 1,4((0,12*2\ 400)+90) + (1,7(100)) =$$

$$CU = 1,4(378) + 1,7(100)$$

$$CU = 529,20 + 170 = 699,20 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de factor de carga última

$$FCU = CU / (CV + CM) = 699,20/(378+100) = 1,46$$

- Cálculo de la carga axial; $P_u = (A_{losa} \cdot CU) + (P_{viga} \cdot FCU)$

$$P_u = (17,90 \cdot 699,20) + (0,30 \cdot 0,40 \cdot 8,20 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 1,46) = 15\,963,61 \text{ kg}$$

$A_{losa} = 17,90 \text{ m}^2$, tomado por áreas tributarias, (ver figura 7).

Clasificar la columna por su esbeltez (E)

Por el valor de su esbeltez (E), las columnas se clasifican en cortas ($E < 21$), intermedias ($21 \leq E \leq 100$), y largas ($E > 100$). El objetivo de clasificar las columnas es para ubicarlas en un rango; si son cortas, se diseñan con los datos originales del análisis estructural; si son intermedias, se deben magnificar los momentos actuantes, y si son largas, no se construyen.

La esbeltez de la columna en el sentido X se calcula con;

- Cálculo de coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (ψ_A);

$$\text{Extremo superior: } \psi_A = (\sum E_m \bar{I}/2) / (\sum E_m \bar{I}/2)$$

E_m (como todo el marco es del mismo material)= 1

\bar{I} = La inercia se toma del análisis estructural, sección 3.5.2.2.7.

$$\psi_A = 0,29/(0,23+0,29+0,23+0,29) = 0,28$$

Extremo inferior; $\psi_B = (0,29+0,23)/(0,23+0,29+0,23+0,29) = 0,50$

Promedio; $\psi_P = (\psi_A + \psi_B)/2 = (0,28 + 0,50)/2 = 0,39$

- Cálculo de coeficiente K; $K = ((20 - \psi_P)/20)(1 + \psi_P)^{1/2}$ para $\psi_P < 2$

$$K = 0,9(1 + \psi_P)/20)^{1/2} \quad \text{para } \psi_P \geq 2$$

Entonces se utiliza $K = ((20 - \psi_P)/20)(1 + \psi_P)^{1/2}$

$$K = ((20 - 0,39)/20)(1 + 0,39)^{1/2} = \mathbf{1,15}$$

- Cálculo de esbeltez de la columna;

$$E = KLu/\sigma, \text{ donde } \sigma = 0,30 \text{ (lado menor para columnas rectangulares)}$$

$$E = (1,15*3)/(0,30*0,30) = 38,33$$

El cálculo de la esbeltez de esta columna, en el sentido Y, se resume a continuación;

$$\psi_A = 0,29/(0,34+1,03) = 0,21$$

$$\psi_B = (0,29+0,23)/(0,34+1,03) = 0,38$$

$$\psi_P = (\psi_A + \psi_B)/2 = (0,21 + 0,38)/2 = 0,30$$

$$K = ((20-0,30)/20)(1+0,30)^{1/2} = 1,12$$

$$E = (1,12*3)/(0,30*0,30) = 37,33$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido X como en Y, la columna se clasifica dentro de las intermedias, por tanto, se deben magnificar los elementos actuantes.

La magnificación de momentos se hace cuando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones, los efectos de la duración de la carga, y cuyo factor principal a incluir es el momento debido a las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados.

Por otro lado, si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos.

Sentido X

- Cálculo del factor de flujo plástico del concreto;

$$\beta_d = C_{Mu} / C_U = 529,2 / 699,20 = 0,76$$

- Cálculo del total del material

$$E\bar{I} = (E_c \bar{I} / 2,5) / (1 + \beta_d); E_c = 15\,000 (f'c)^{1/2}; \bar{I}_g = (1/12) bh^3$$

$$E\bar{I} = (15\,100 * 210^{1/2}) / (30^4 / 12) / 2,5 / (1 + 0,76) =$$

$$= 3,36 \times 10^9 \text{ kg-cm}^2 = 336 \text{ t-m}^2$$

- Cálculo de carga crítica de pandeo de Euler

$$P_{cr} = \pi^2 (E\bar{I}) / (KL_u)^2 = \pi^2 (336) / (1,15 * 3)^2 = 278,61 \text{ t.}$$

- Cálculo del magnificador de momento;

$$\delta = 1 / (1 - (P_u / \phi P_{cr})) \geq 1$$

$$\delta = 1 / (1 - (15,96 / 0,70 * 278,61)) = 1,09$$

$$\phi = 0,70 \text{ si se usan estribos}$$

$$\phi = 0,75 \text{ si se usan zunchos}$$

- Cálculo de momentos de diseño; $M_d = \delta * M_u$

$$M_{dx} = 1,09 (3745) = 4082,05 \text{ kg-m}$$

Sentido Y

$$B_d = 529,2 / 699,2 = 0,76$$

$$E\bar{I} = (15100 * 210^{1/2}) (30^4 / 12) (2,5) / (1 + 0,76) = 336 \text{ t-m}^2$$

$$P_{cr} = \pi^2 (336) / (1,12 * 3)^2 = 293,74 \text{ t.}$$

$$\delta = 1 / (1 - (15,96 / 0,70 * 293,74)) = 1,08$$

$$M_{dy} = 1,08 (7033) = 7595 \text{ kg-m}$$

Acero longitudinal

Para calcular el acero longitudinal de las columnas, existen varios métodos; los que se aplican según el tipo de cargas a la que esta sometida la columna.

Existen columnas sometidas a carga axial, carga axial y momento uniaxial, carga axial y momento biaxial y carga axial y momento triaxial.

Para este caso, todas las columnas son del tipo carga axial y momento biaxial. El diseño exacto de este tipo de columnas requiere un procedimiento difícil, pero existen métodos aproximados que dan buenos resultados, uno de estos es el de BRESLER. Este método sencillo ha sido comprobado mediante resultados de ensayos y cálculos exactos. El método consiste en que dado un sistema de cargas actuantes, se debe calcular el sistema de cargas resistentes. Los procedimientos a seguir son los siguientes;

- Cálculo de límites de acero: según el ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1\% A_g \leq A_s \leq 6\% A_g$

$$A_{s\text{mín}} = 0,01 (30 \times 30) = 9 \text{ cm}^2 \quad A_{s\text{máx}} = 0,06(30 \times 30) = 54 \text{ cm}^2$$

- Se propone un armado, se aconseja iniciar con un valor cerca de $A_{s\text{mín}}$

$$\text{armado propuesto; } 4 \text{ No } 6 + 4 \text{ No } 5 = 4 (2,87) = 11,48 + 7,92 = 19,40 \text{ cm}^2$$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas. Los valores a utilizar en los diagramas son;

- Valor de la gráfica; $Y = h_{\text{nucleo}} / h_{\text{columna}} = (0,30 - (2 \cdot 0,03)) / 0,30 = 0,80$

- Valor de la curva;

$$P_t u = A_s F_y / 0,85 f'c A_g = (19,40 \cdot 2 \cdot 810) / (0,85 \cdot (30 \cdot 30) \cdot 210) = 0,33$$

- Excentricidades;

$$e_X = M_{dx} / P_u = 4 \, 082,05 / 15 \, 963,61 = 0,26$$

$$e_Y = M_{dy} / P_u = 7 \, 595 / 15 \, 963 = 0,47$$

- Al conocer las excentricidades se calcula el valor de las diagonales

$$e_X / h_x = 0,26 / 0,30 = 0,86$$

$$e_Y / h_y = 0,47 / 0,30 = 1,56$$

Con los datos obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes K_x y K_y en las tablas de diagrama de iteración para columnas, comparando el resultado con el software JC diseño-concreto para sistemas Windows 1.0.1 siendo estos $K_x = 0,45$ $K_y = 0,25$

Por último se calculan las cargas de la siguiente manera;

- Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_x

$$P'_{ux} = K_x \cdot \phi \cdot f'c \cdot b \cdot h = 0,45 \cdot 0,70 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30 = 59 \, 535 \text{ kg}$$

- Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_y

$$P'_{uy} = K_y \phi f'_c b h = 0,25 * 0,70 * 210 * 30 * 30 = 33\ 075 \text{ kg}$$

- Carga axial de resistencia de la columna

$$P'_o = \phi(0,85 f'_c (A_g - A_s) + A_s F_y) = 0,70(0,85 * 210(900 - 19,4) + (19,4 * 2\ 810)) \\ = 148\ 190 \text{ kg}$$

- Carga de resistencia de la columna

$$P'_u = 1 / (1/P'_{ux} + 1/P'_{uy} - 1/P'_o) = 1 / (1/59\ 535 + 1/33\ 075 - 1/148\ 190) \\ = 24\ 824 \text{ kg}$$

Como $P'_u > (P_u/0,7) = 24\ 824 > (15\ 963/0,7) = 22\ 804$ el armado propuesto si resiste las fuerzas aplicadas, si esto no fuera así, se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

Después de calcular el acero longitudinal de las columnas, es necesario proveer refuerzo transversal por medio de estribos y/o zunchos para resistir los esfuerzos de cortes y/o por armado. Por otro lado, en zona sísmica, como en Guatemala, se debe proveer suficiente ductibilidad a las columnas. Esto se logra por medio del confinamiento del refuerzo transversal en los extremos de la misma. El resultado del confinamiento es un aumento en el refuerzo de ruptura del concreto, que además permite una deformación unitaria mayor del elemento.

Los procedimientos para proveer refuerzo transversal a las columnas se describen a continuación;

- Refuerzo por corte

V_u : corte último: 4 254 kg

Se calcula el corte resistente;

$$V_R = 0,85 \cdot 0,53 (f'c)^{1/2} b d = 0,85 \cdot 0,53 (210)^{1/2} (30)(27) = 5 287,98 \text{ kg}$$

Comparar V_R con V_u con los siguientes criterios;

Si $V_R \geq V_u$ se colocan estribos a $S = d/2$

Si $V_R < V_u$ se diseñan los estribos por corte

Para ambas opciones debe considerarse que la varilla mínima permitida es la No 3, en este caso $V_R > V_u$, se colocan estribos a $S = d/2 = 27/2 = 13,5 \text{ cm}$

- Refuerzo por confinamiento;

La longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones, que para este caso es la marcada con negrilla y viñetas.

- $L_o =$
 - lado mayor de la columna = 0,30 m
 - 0,45 m
 - $L_u/6 = 0,50 \text{ m}$

Luego se calculan la relación volumétrica;

$$\rho_s = 0,45 ((A_g/A_{ch}) - 1)(0,85f'_c/F_y); \quad \rho_s \geq 0,12 (f'_c/F_y)$$

$$\rho_s = 0,45 ((30^2/24^2)-1)(0,85*210/2810) = 0,01608$$

Y por último el espaciamiento entre estribos en la zona confinada es;

$$S_1 = 2 A_v / \rho_s L_n = (2*0,71)/(0,01608*24) = 3,68 \text{ cm}$$

Los resultados del diseño de la columna típica, ubicada en el nivel 1, se encuentran en la tabla XVI.

Tabla XVII. **Cálculo de columnas, edificio de aulas**

Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal		
Columna	Cargas	Refuerzo	Cortes	Confinar	Refuerzo
1- Nivel 2	Mx= 3 745 My= 8 502	4 No. 6 + 4 No 5	Vux= 2 003 Vuy= 4 254 VR= 5 287	Lo = 0,50 S1 = 0,0368	Estribos No 3: 19 a.c. 0,035 en extremos, resto a 0,135
Sección = 0,30 x 0,30	Pu= 15 963,61				
Lu = 3	Mdx= 4 082 Mdy= 9 182 P'u= 20 323				
Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal		
Columna	Cargas	Refuerzo	Cortes	Confinar	Refuerzo
1- Nivel 1	Mx8 574 My= 7 485	4 No. 8 + 4 No 6	Vux= 3 818 Vuy= 3 725 VR= 5 287	Lo = 0,50 S1 = 0,0368	Estribos No 3: 19 a.c. 0,035 en extremos, resto a 0,135
Sección = 0,30 x 0,30	Pu= 29 314				
Lu = 4,15	Mdx= 9 688 Mdy= 8 383 P'u= 43 790				

Fuente: elaboración propia.

Los diseños de cimientos son elementos de la estructura destinados, a recibir las cargas propias y aplicadas exteriormente a la misma; estos a su vez transmiten la acción de las cargas sobre el suelo. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se debe considerar, principalmente; el tipo del superestructura, la naturaleza de las cargas que se aplicaran, las condiciones del suelo y el costo de la misma. Para el presente proyecto se utilizarán dos tipos de zapatas y el cimiento corrido bajo los muros de mampostería.

Zapata tipo 1

Los datos son obtenidos del análisis estructural y del estudio del suelo realizado en el lugar. Los valores de los momentos últimos en columnas son críticos, ya que se diseñan con los datos mayores (ver figuras 19 y 20). Los datos a utilizarse para el diseño de esta zapata son los siguientes;

$$\text{Ángulo de fricción} = 25,43^\circ$$

$$C_u = 15 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Densidad húmeda} = 1,70 \text{ t/m}^3$$

$$N'_c = 15$$

$$N'_q = 6$$

$$N'_w = 3$$

$$q_d = 1,3 c' N'_c + \gamma Z N_g + 0,4 \gamma B N'_w$$

$$q_d = 1,3 (2/3(15)) * 15 + 1,70 * 1,2 * 6 + 0,4 * 1,7 * 1,6 * 3$$

$$q_d = 208,55 \text{ ton/m}^2$$

$$V_s = q_d / F_s; \quad F_s \text{ min} = 3,00$$

$$V_{s.6} = 208,55 / 6 = 34 \text{ ton/m}^2$$

Por seguridad se toma 30 ton/m²

$$F_{cu} = C_u / (C_V + C_M)$$

Cuando se tiene dudas de la muestra extraída (muestra consolidada) y se le aplican todos los ensayos, el factor de seguridad se considera entre el intervalo de 2 - 4 (Vargas, Manuel Delgado. Ingeniería de Cimentaciones; fundamentos e introducción al análisis geotécnico, 2da. Edición, pág. 164-165).

$$F_{cu} = 2\ 269,20 / (1\ 428) = 1,59$$

$$M_x = 8\ 574\ \text{kg-m}$$

$$M_y = 7\ 701\ \text{kg-m}$$

$$P_u = \text{carga última } 42\ 725\ \text{kg}$$

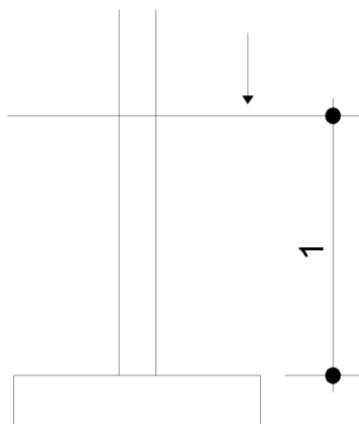
$$V_s = \text{valor soporte del suelo } = 30\ \text{ton/m}^2$$

$$P_{\text{suelo}} = 1,38\ \text{ton/m}^3$$

$$P_{\text{concreto}} = 2,4\ \text{ton/m}^3$$

$$F_{cu} = 1,59$$

Figura 29. **Sección típica de cimiento**



Fuente: elaboración propia.

Datos de zapata; la losa de la zapata debe dimensionarse para soportar las cargas aplicadas y las reacciones inducidas. En este inciso se calcula el área, de dicha losa; los cálculos a efectuar son;

- Cálculo de cargas de trabajo;

$$P' = Pu/Fcu = 42\,725,11/1,59 = 26\,871,14 \text{ kg}$$

$$M'x = Mx/Fcu = 8\,574/1,59 = 5\,392,45 \text{ kg-m}$$

$$M'y = My/Fcu = 7\,701/1,59 = 4\,843,40 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de cargas de trabajo;

$$Az = 1,5P'/Vs = (1,5 \times 26\,871,14)/30\,000 = 1,34 = 1,60 \text{ m}^2$$

Se propone usar las dimensiones aproximadas $Az = 1,60 \times 1,60 = 2,56 \text{ m}^2$

- Revisión de presión sobre el suelo; La zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con éste, ejerce una presión cuyo valor se define por la fórmula.

$$Q = P/Az \pm M'x/Sx \pm M'y/Sy$$

Donde $S = (1/6)bh^2$, además se debe tomar en cuenta de que q no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte del suelo (Vs). Para la zapata 1 se tiene;

$$Sx = Sy = (1/6)(1,60)(1,60^2) = 0,68 \text{ m}^3$$

$$P = P' + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$$

$$= 2,87 + (4 \times 0,3^2 \times 2,4) + (2,69 \times 1 \times 1,38) + (2,69 \times 0,3 \times 2,4) =$$

$$P = 33,383 \text{ t}$$

$$q = 33,38/2,69 \pm 5,39/0,74 \pm 4,84/0,74 =$$

$$q_{\text{max}} = 26,62 \text{ ton/m}^2 \quad \text{no cumple, excede el } Vs$$

$$q_{\text{min}} = -1 \text{ ton/m}^2 \quad \text{no cumple, es valor negativo}$$

Como la presión máxima sobre el suelo excede el V_s , se debe aumentar el área, es decir; se hace otro predimensionamiento, hasta que cumpla.

- Segundo procedimiento; Área propuesta $A_z = 2 \times 2 = 4 \text{ m}^2$

$$S_x = S_y = (1/6) (2) (2^2) = 1,33 \text{ m}^2$$

$$P = 26,87 + (4 \times 0,3^2 \times 2,4) + (4 \times 1 \times 1,4) + (4 \times 0,3 \times 2,4) = \\ = 36,214 \text{ t}$$

$$q = 36,21/4 \pm 5,39/1,33 \pm 4,84/1,33 =$$

$$q_{\text{máx}} = 16,73 \text{ ton/m}^2 \quad \text{cumple, no excede el } V_s$$

$$q_{\text{mín}} = 1,36 \text{ ton/m}^2 \quad \text{cumple, solo compresión}$$

Presión última: como se observa en los cálculos anteriores, la presión, está distribuida en forma variable, pero para efectos de diseño estructural se toma una presión última usando el criterio.

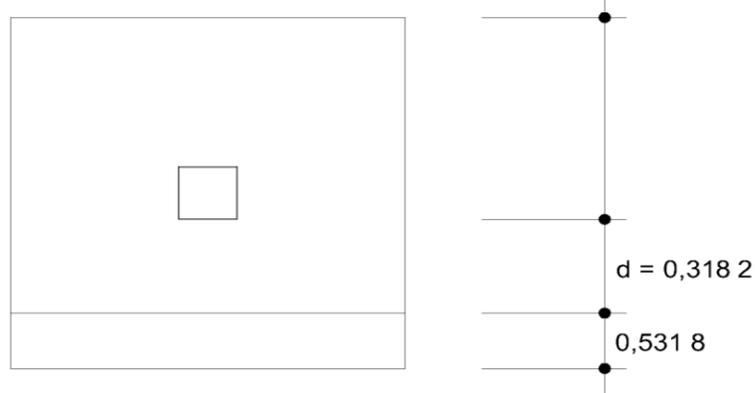
$$q_u = q_{\text{máx}} \times F_{cu} = 16,73 \times 1,59 = 26,60 \text{ ton/m}^2$$

Espesor de zapata: dimensionada el área se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del esfuerzo no sea menor de 0,075 y que el peralte efectivo sea mayor de 0,15 m. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte.

Al considerar lo anterior. Se asume $t = 0,40 \text{ m}$. Luego se hacen las revisiones siguientes;

- Revisión de presión sobre el suelo; la falla de la zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante, esto se hace de la forma indicada a continuación.

Figura 30. **Chequeo de corte simple**



Fuente: elaboración propia.

$$d = t = 0,40$$

$$= 40 - 7,5 - (1,36/2)$$

$$d = 31,82 \text{ cm}$$

$$V_{act} = A \times q_u = 0,5318 \times 2 \times 26,60 = 28,29 \text{ ton}$$

$$V_R = 0,85 \times 0,53 (210)^{1/2} \times (2 \times 31,82)/1000$$

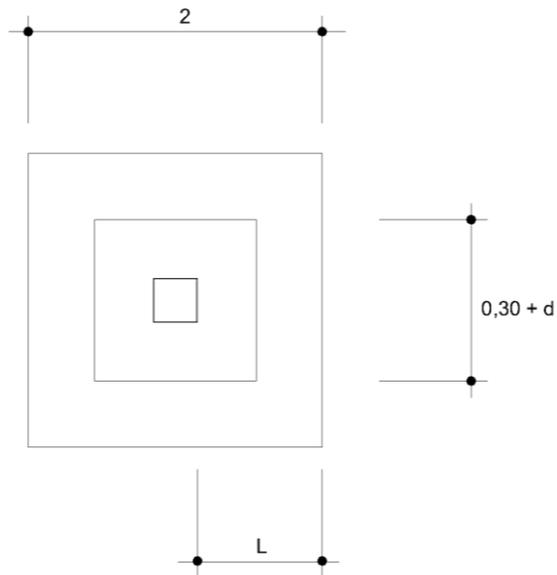
$$V_R = 41,55 \text{ ton}$$

$V_{act} < V_R$ si cumple

Revisión de corte punzonante; la columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en el perímetro de la columna; el límite

donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna. La revisión que se realiza es;

Figura 31. **Revisión de corte punzonante**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = A \times q_u = 3,62 \times 26,60 = 96,29 \text{ ton}$$

$$V_R = 0,85 \times 1,06 (f_c)^{1/2} \times b \times d / 1000$$

$$V_R = 0,85 \times 1,06 (210)^{1/2} \times 247 \times 31,82 / 1000$$

$$V_R = 102,62 \text{ ton}$$

$V_{act} < V_R$ si chequea

- Momento último; este se define tomando la losa en voladizo con la fórmula:
 $M_u = q_u x L^2 / 2 = (26,60) x (0,85)^2 = 9,61 \text{ ton-m}$, donde L es la distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata.

- Área de acero; el área de acero se define por la fórmula;

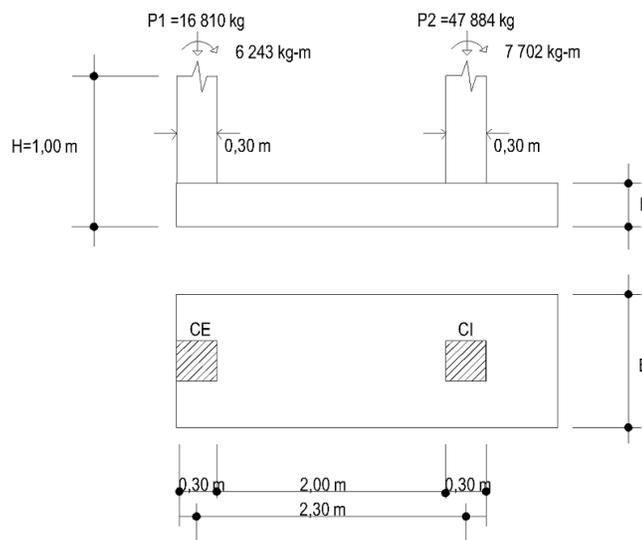
$$A_s = (B d - ((Bd)^2 - (M_x b / 0,003825 f_c))^{1/2}) (0,85 f_c / F_y); \text{ Asmín} = 14,1 / F_y B d$$

$$A_s = 12,39 \text{ cm}^2, \text{ Asmín} = 14,1 / 2810 x 85 x 31,82 = 13,57 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento entre varillas de refuerzo está definido por $S = A_v / A_s$; donde $S < 0,45 \text{ m}$. Si se usa varilla No. 6 se tiene $S = 2,87 / 13,57 = 0,21 \text{ m}$.

Se usará $S = 0,20 \text{ m}$

Figura 32. Zapata combinada



Fuente: elaboración propia.

$$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\begin{aligned}
q_u &= 30 \text{ T/m}^2 \\
\delta_{\text{suelo}} &= 1,30 \text{ ton/m}^3 \\
\text{Sobre carga} &= 0,40 \text{ T/m}^2 \\
\sigma_{\text{min}} &= 14/f_y = 0,00498 \\
\sigma'c &= (0,85Bf'c 6 000)/(f_y (6 000 + f_y)) \\
&= (0,85(0,85)(210)(6 000)) / (2 810(6 000 + 2 810)) = 0,036 77 \\
\sigma_{\text{max}} &= 0,75 \sigma'c \\
&= 0,75 (0,036 77) = 0,027 57
\end{aligned}$$

Solución;

- Encontrar q efectiva

$$\begin{aligned}
q_{\text{efec}} &= q_u - (H \delta_{\text{suelo}} + s_c) \\
&= 30 - (1 (1,30) + 0,40) \\
&= 28,30 \text{ T/m}^2
\end{aligned}$$

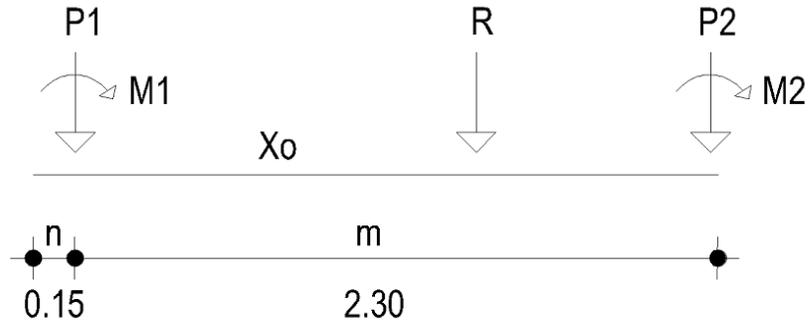
- Área efectiva contacto zapata

	Columna 1	Columna 2	Σ
P	16,81 ton	47,884 ton	64,694 ton
M	6,243 T-m	7,702 T-m	

$$\text{Área req.} = \Sigma p_u / q_{\text{efec.}} = 64,884 \text{ ton} / 28,30 \text{ m}^2 = 2,29 \text{ m}^2$$

- Obtención de la resultante

Figura 33. **Obtención de la resultante**



Fuente: elaboración propia.

$$X_o = \frac{P_1 n + P_2 (n + m) + M_1 + M_2}{P_1 + P_2}$$

$$X_o = \frac{(6,8)(0,15) + 47,884(2,45) + 6,243 + 7,702}{64,694} = 2,07 \text{ m}$$

Longitud de la zapata; $L = 2 X_o \quad L = 2 (2,07) = 4,14 \text{ m}$
 Considerar $L = 4,15 \text{ m}$

Obtención lado B

$$B L \text{ efec} = \sum P_u \quad B = \sum P / L \text{ q ef} \quad B = 64,694 / (4,15 \times 28,30) = 0,55 \text{ m}$$

Considerar $B = 0,70$

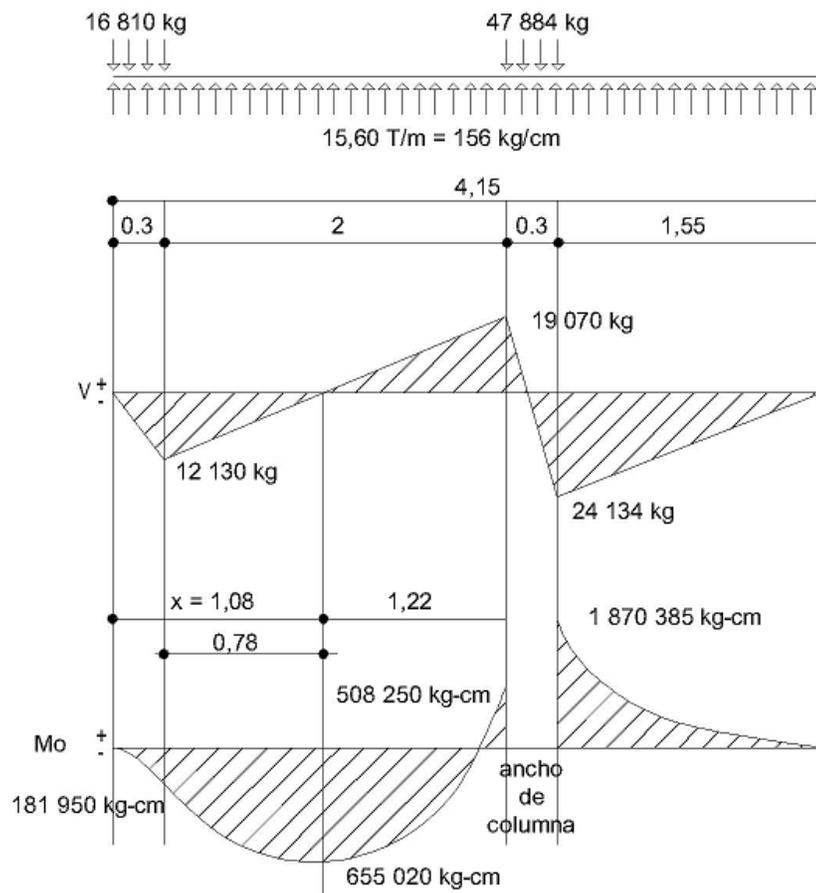
Diseño a la resistencia en la dirección longitudinal

$$q_u = \frac{\sum P_u}{4,15 \times 0,70} = 22,27 \text{ ton/m}^2$$

Presión neta hacia arriba por metro lineal

$$q_u = 22,27 \text{ ton / m}^2 \times 0.70 \quad 15,59 \approx 156 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 34. Diagrama de corte y momento

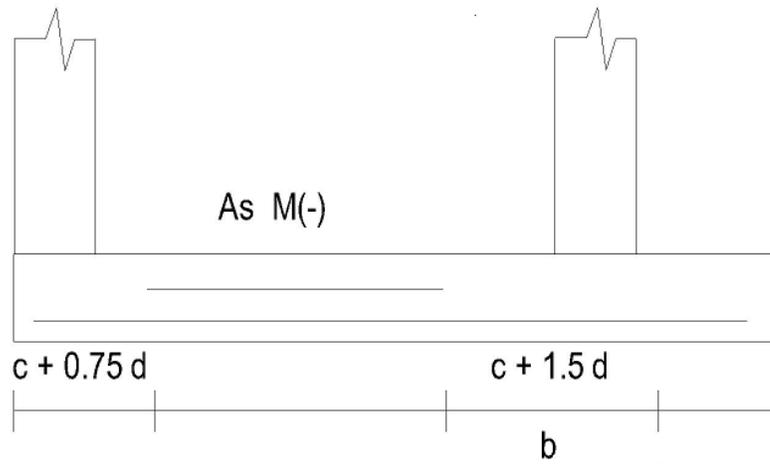


Fuente: elaboración propia.

Distancia x cortante $V_u = 0$

$$V_u = 156 X - 16 810 = 0 \quad \rightarrow \quad X = 16 810 / 156 = 107,76 \approx 108 \text{ cm}$$

Figura 35. Sección zapata



Fuente: elaboración propia.

Determinación del peralte d ;

$$\sigma_{\min} = 0,00498 \quad \sigma_{\max} = 0,02757$$

Proponiendo σ_{\min}

$$\sigma = wf'c/f_y \quad w = \sigma f_y / f'c \quad w = 0,00498(2810) / 210 = 0,0667$$

$$M_u = \phi b d^2 f'c w (1 - 0,59w)$$

$$d = (M_u / (\phi b f'c w (1 - 0,59w)))^{1/2}$$

$$d = ((1\ 870\ 385) / (0,9(100)(210)(0,0667)((1 - 0,59(0,0667)))^{1/2}$$

$$d = 39,3 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

proponiendo 1% $\sigma = 0,01 \quad w = 0,01(2810) / 210 = 0,1338$

$$d = ((1\ 870\ 385) / (0,9(100)(210)(0,1338)((1 - 0,59(0,1338)))^{1/2}$$

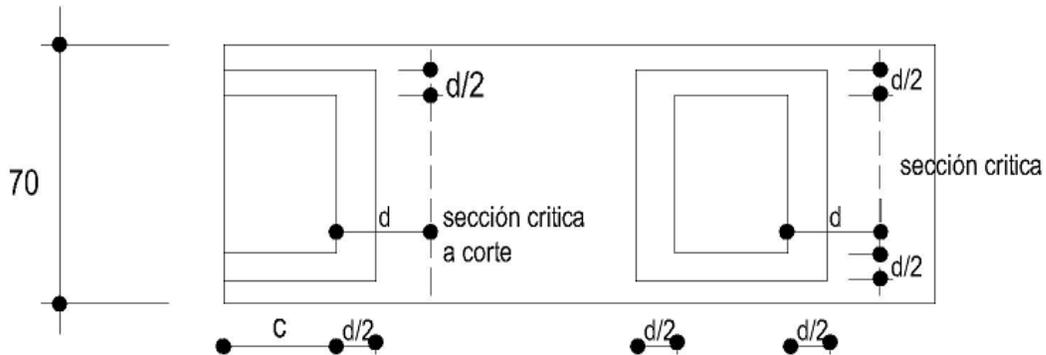
$$d = 28,33 \approx 30 \text{ cm}$$

considerar $h = 0,4 \text{ m} \approx 40 \text{ cm}$

Revisión por cortante y penetración

Columna crítica es la exterior

Figura 36. **Planta de la zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

Columna exterior;

$$\text{Perímetro } L_o = (30+32/2)(2) + (30+30) \quad L_o = 152 \text{ cm}$$

Columna interior;

$$\text{Perímetro } L_o = 2(30 + 32/2) + 2(30 + 32/2) = 184 \text{ cm}$$

Revisión de corte;

ACI EQ 11-36 ó 11-37

$$V_c = 2 \phi ((f'_c)^{1/2} * b * d) \quad V = 2(0,85)((210)^{1/2})(70)(32) = 55 \text{ 183 kg}$$

Cortante crítico lado derecho columna interior;

a una distancia d del paño

$$V_u = -24\,134 + 32(156) = 19\,142$$

$$V_u < V_{cr} \quad 19\,142 \text{ kg} < 55\,183 \text{ kg} \quad \text{ok}$$

Peralte d propuesto ok

Revisión por punzonamiento;

$$\text{Cortante nominal columna cuadrada } V_c = 4 \phi (f'c)^{1/2}$$

$$V_{cv} = 4(0,85)(210)^{1/2} = 49,27 \text{ kg/cm}^2$$

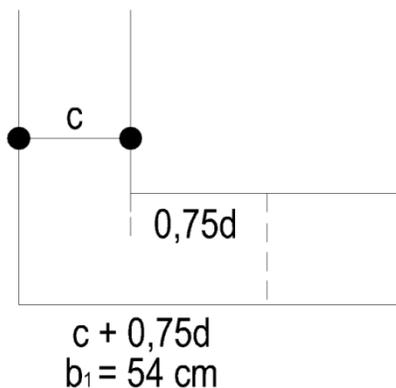
Columna exterior;

$$V_u = 16\,810 - 46(62)(2,227 \text{ kg/cm}^2) = 10\,458,6 \text{ kg}$$

Cortante en la sección perimetral

$$V_c = 49,27 * 152 * 32 = 239\,649 \text{ kg} \rightarrow V_c > V_u \quad \text{ok}$$

d propuesto ok

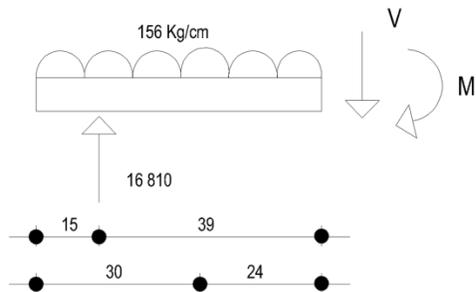


b_1 = longitud viga bajo la columna

$$d = 32 \text{ cm}$$

$$b_1 = 30 + 0,75(32) = 54 \text{ cm}$$

Momento M_x a una distancia 24 cm del paño



$$M_x = -156(30)(39) + 16\,810(39) - 156\left(\frac{24^2}{2}\right)$$

$$M_x = 245\,622 \text{ Kg-cm}$$

Obtención de área de acero bajo columna exterior acero longitudinal

Cálculo ρ $\rho = w(f'c/f_y)$ $w = 1 \pm \left(\frac{1 - 2,36 M_u}{\phi b d^2 f'c} \right)^{1/2}$

$$w = \left(1 - \frac{2,36(245\,622)}{(0,90(70)(32)^2(210))} \right)^{1/2} / 1,18 \quad w = 0,01832$$

$$\rho = (0,01832)(210)/2810 = 0,001369 < \rho_{\min} \rightarrow \text{utilizar } \rho_{\min}$$

$$A_s \min = 0,00498(70)(32) = 11,16 \text{ cm}^2$$

Utilizando diámetro No 5 $5,36 \approx 5$ diámetro No 5 @ 10 cm

Acero transversal bajo columna

$$L' = (0,7 - 0,3) / 2 = 24,01 \text{ T/m} \quad 240 \text{ Kg/cm}$$

$$M_u = (240 (20^2)) / 2 = 48\,000 \text{ Kg-cm}$$

Utilizar $A_s \min$

$$A_s = 0,00498(54)(32) = 8,61 \text{ cm}^2 \text{ utilizando 4 No 5 @ 13 cm}$$

Acero en momento negativo entre columnas

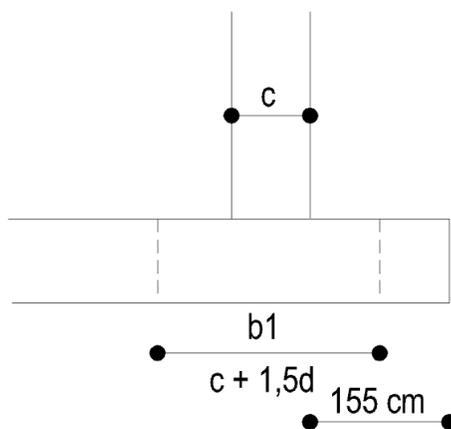
$$w = (1 - ((1 - 2.36(655\ 020)/(0,90(70)(32)^2(210)))^2 / 1,18) \quad w = 0,0498$$

$$\rho = (0,0498)(210)/2810 = 0,0037 < \rho_{\min}$$

utilizar ρ_{\min}

utilizar 5 No 5 @ 30 cm

Diseño bajo columna interior



$$M_u \text{ paño columna} \quad M_u = 1\ 870\ 385 \text{ Kg-cm}$$

$$A_s \text{ max} = 0,02757(70)(32) = 61,76 \text{ cm}^2$$

$$A_s = M_u / (\phi(0,9)f_{yd}) = 1\ 870,385 / ((0,85)(0,90)(210)(32)) = 27,19 \text{ cm}^2 < A_s \text{ max ok}$$

$$\text{Utilizando No 5} \quad 27,19 \text{ cm}^2 / 1,98 \text{ cm}^2 = 13,73 \approx 14 \text{ No 5 @ 5 cm}$$

Acero transversal

$$\text{Carga lineal } 47,884 \text{ T} / 0,70 \text{ m} = 68,40 \text{ T/m} \rightarrow 684 \text{ Kg/cm}$$

$$M_u = (684 (20^2)) / 2 = 136\ 800 \text{ Kg-cm}$$

Utilizar acero mínimo armado similar a columna exterior

$$A_s = 0,00498(78)(32) = 12,43 \text{ cm}^2 \quad \text{utilizar No 5}$$

$$\text{No varilla } 0\ 12,43 / 1,98 = 6,27 \quad \text{No 5 @ 13 cm}$$

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

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

Cuanto más se reduzca el espacio de la escalera más costosa será su construcción, por lo cual, muchas veces, la comparación y estudio de lo que representa la economía del sitio y el costo de su construcción será lo que puede decidir un determinado sistema para la misma.

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

$c < 20$ cm donde c = contrahuella y H = huella

$H > c$

$2c + H < 64$ cm (valor cercano)

$c + H = 45$ a 48 cm

$c * H = 480$ a 500 cm²

Procedimiento para el diseño de la escalera

Datos

Carga viva = 500 Kg/m²

$$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

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

Núm. escalones mínimo = $h / C \text{ máx.} = 3.06 / 0.17 = 18$ escalones, por lo tanto hay 9 escalones en subida (contrahuellas) antes del descanso.

Número de huellas = número de contrahuellas – 1 = 9 – 1 = 8 huellas

Chequeo

$$c = 18 \text{ cm} < 20 \text{ cm}; \quad H = 29 \text{ cm}$$

$$2c + H = 2(17) + 29 = 63 < 64 \text{ cm}; \quad c + H = 17 + 29 = 46 \text{ cm}$$

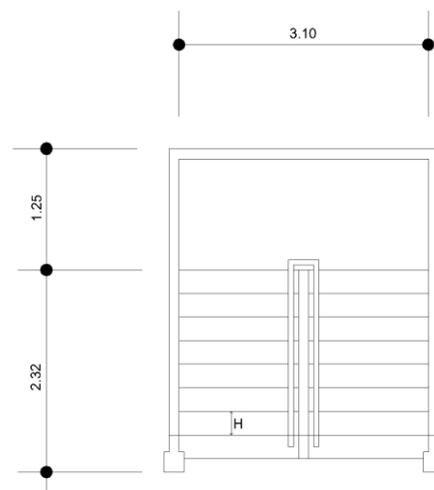
$$c \times H = 17 \times 29 = 493 \text{ cm}^2$$

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

Espesor de la losa

$$t = \text{perímetro} / 180 = (3,10 \times 2 + 1,25 \times 2 + 2,32 \times 4) / 180 = 0,10 \text{ m}$$

Figura 37. Dimensiones de escalera



Fuente: elaboración propia.

Integración de cargas

Peso propio de la escalera = $2\ 400 (0,10 + 0,18 / 2) = 456 \text{ Kg/m}^2$

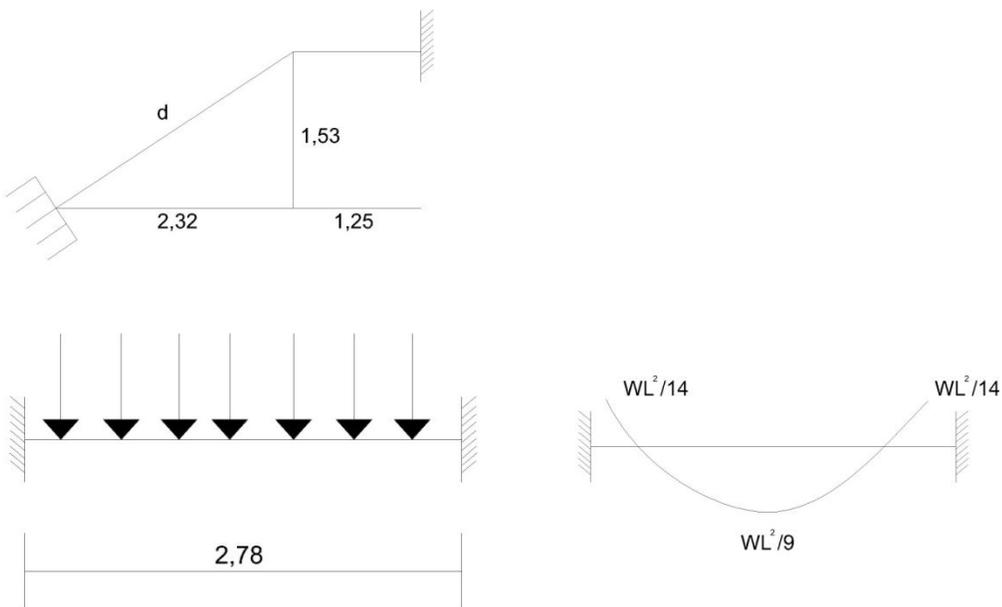
Acabados = 100 Kg/m^2

Total = 556 Kg/m^2

Carga viva = 500 Kg/m^2

$C_u = 1,4CM + 1,7CV = 1,40 (556) + 1,70 (500) = 1\ 628,4 \text{ Kg/m}^2$

Figura 38. **Distribución de carga y momento**



Fuente: elaboración propia.

$$d = ((2,32)^2 + (1,53)^2)^{1/2} = 2,78 \text{ m}$$

$$M(+) = 1\ 398,33 * 2,78^2 / 9 = 1\ 398,33 \text{ kg-m}$$

$$M(-) = 1\ 628,40 * 2,78^2 / 14 = 898,92 \text{ kg-m}$$

$$A_{smax} = 0,50\rho * bd = 0,50 * 0,03695 * 100 * 7,5 = 13,86 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left(B d - \left((B d)^2 - \left(M x b / 0,003825 f' c \right) \right)^{1/2} \right) (0,85 f' c / F_y);$$

$M(+)$ = A_s = 8,05 cm²; varilla No. 4 @ 0,15 m
 $M(-)$ = A_s = 5 cm²; varilla No. 4 @ 0,24 m
 Acero por temperatura = A_s = 0,002 * b * t = 0,002 (100)*(10) = 2,00 cm³
 $S_{m\acute{a}x}$ = 2 * t = 2 * 10 = 20 cm; Varilla No. 3 @ 0,20 m.

El sistema instalación hidráulica de agua potable será por medio de circuito cerrado, para mantener la presión a lo largo del sistema; se conectará al servicio de agua municipal, La tubería de instalación hidráulica será de cloruro de polivinilo (PVC), se atenderá la tubería de manera que apoye en toda su longitud en el fondo de la excavación previamente afinada, además se manejará e instalara de tal modo que no resienta esfuerzos causados por flexión; la tubería será para una presión de trabajo de 160 Lbs./pul.2 y deberá satisfacer las normas comerciales Standard 256-63 y ASTM-D-2466-67 o ASTM-D-2241.

Los accesorios necesarios para empalmar tubería y para unir llaves y válvulas, tendrán como mínimo la misma especificación y presión de trabajo adoptados para la tubería los citados accesorios incluyendo en en general, tees, codos, yees, reductores, cruces, etc.

La colocación de la tubería en las zanjas se hará sobre una capa de 0.10 cms. de granza o de arena compactada y nivelada, luego será recubierta con el mismo material y del mismo espesor; además deberá ser aprobada para resistencia y estanqueidad sometida a presión interna por agua mínima de 120 lbs/plg 2, antes de efectuar el relleno total de las zanjas, la tubería debe quedar perfectamente asentada y asegurada; Se aplicará una presión no menor de 120 Lbs./pulg.2 que se mantendrá durante 60 minutos mínimo, tiempo durante el cual no se aceptará un descenso mayor del 3% de la presión nominal y se

procederá al lavado interior de la tubería, haciendo circular agua a una velocidad no menor de 0.75 m/seg. por un período mínimo de 15 minutos.

Una vez lavada la tubería se procederá a la desinfección, para lo cual debe estar completamente vacía. Se llenará durante 24 horas con agua que contenga 20 miligramos de cloro por litro. Después de este tiempo se procederá a lavarla haciendo circular agua hasta eliminar la utilizada para la desinfección. El agua a emplearse para el lavado final tendrá la misma calidad que la que circulará normalmente.

Se entenderá por instalación eléctrica el conjunto de conductores eléctricos, canalizaciones y accesorios de control y protección necesarios para interconectar una o varias fuentes de energía eléctrica con el o los aparatos receptores. Las instalaciones eléctricas se dividen en dos tableros principales, para iluminación se cuenta con seis circuitos, tres en el primer nivel, tres circuitos en el segundo nivel; para fuerza se cuenta con ocho circuitos, cuatro circuitos en el primer nivel, cuatro circuitos en el segundo nivel; los circuitos de iluminación tiene un máximo de doce unidades y los circuitos de fuerza tienen un máximo de ocho unidades.

Para la instalación de iluminación se utilizarán ochenta watts unitarios por unidad con un voltaje de 120 voltios trifilar monofásico calculando la intensidad nominal en I_n (watts/voltios); también la intensidad de diseño utilizando el conductor (AWG) calibre 12 con una sección de 3.30 mm²; realizando los cálculos de caída de tensión además del cálculo de flip on.

Las instalaciones de aguas negras y aguas pluviales serán en sistemas separativos, por medio de tubería PVC Ø 4". En la conexión del drenaje a la red municipal se utilizará tubería PVC Ø 6", la tubería de PVC estará de acuerdo

con la norma comercial norteamericana ASTM D-1784; Los tubos colocados deberán formar un conducto continuo, sin filtraciones y con una superficie lisa y uniforme.

Las excavaciones se rellenarán compactando el material por capas de 20 centímetros; una vez baja la tubería al fondo de la zanja deberá ser alineada y colocada con la pendiente del proyecto. Las campanas de los tubos deberán de quedar en dirección de aguas arriba del drenaje, se tenderá la tubería de manera que apoye en todo el desarrollo de su cuadrante inferior y en toda su longitud en el fondo de la excavación o sobre la plantilla previamente construida.

En las juntas para Tubería PVC, se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Antes de proveer el solvente a la junta, ésta se limpiará y lijará hasta tener una superficie adecuada; luego se les aplicará a ambos extremos el solvente; la excavación tendrá un ancho mínimo de 0.40 mts y la profundidad para tubería de 3 a 6 pulg. será 0.70 mts.

El fondo de la zanja deberá ser nivelada minuciosamente a fin de que la tubería a instalarse quede a la profundidad señalada y con las pendientes requeridas, Las pendientes se establecerán y se verificarán con nivel. La zanja se rellenará colocando capas de 20 centímetros que irán humedecidas y apisonadas.

El relleno de las zanjas de instalaciones se hará después que se efectúen las pruebas de presión, para las pruebas de las tuberías de drenaje, cada sección del sistema a probar será llenada con agua a una altura de presión mínima de 7 metros, se mantendrá el agua en el sistema con un mínimo de 30 minutos antes de iniciar la inspección de la tubería.

Los extremos inferiores de las bajadas de aguas pluviales descargarán libremente y en forma directa sobre una caja de registro colocada al efecto; Cuando se instalen cajas de registro junto a los muros para desaguar bajadas de aguas pluviales, o por otra causa, deberá impermeabilizarse el muro en las cercanías de dicha caja para evitar humedad en el mismo.

4.2.2.10. Planos constructivos

Contiene:

- Planta acotada
- Planta amueblada
- Instalación eléctrica (iluminación)
- Instalación de drenaje
- Instalación de agua potable
- Instalación eléctrica (fuerza)
- Instalación de aguas pluviales
- Instalación de techos
- Cimientos y columnas
- Vigas y losas
- Elevación y sección de muros
- Detalle de vigas, columnas y zapata

4.2.2.11. Costos y presupuesto

El presupuesto se trabajó en base a precios unitarios, a los cuales se les aplicó un factor de indirectos del 30%. Los costos Indirectos se componen de: utilidad 15%, gastos de administración 5%, gastos de operación y supervisión técnica 5%, gastos legales 5 %. En el renglón de materiales se incrementa

imprevistos (10%) y flete (5%); en el renglón de mano de obra se incrementa imprevistos (10%) y prestaciones laborales (70.17%). Ver tabla XVI

Tabla XVIII. Cuadro de costos unitarios

Cuadro resumen de integración de precios

Proyecto: Edificación escolar de dos niveles para la colonia Linda Vista

Ubicación: Municipio de Jalapa, departamento de Jalapa

No	Renglon	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	ML	225.50	Q9.43	Q2,125.44
2	LIMPIEZA Y CHAPEO	global	1.00	Q3,582.22	Q3,582.22
3	NIVELACIÓN DEL TERRENO	global	1.00	Q3,548.67	Q3,548.67
4	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL	M ³	122.40	Q63.30	Q7,748.41
5	RELLENO ESTRUCTURAL	M ³	84.60	Q39.24	Q3,319.61
6	CIMIENTO CORRIDO	ml	187.00	Q211.46	Q39,543.24
7	ZAPATA 1	Unidad	20.00	Q6,919.41	Q138,388.17
8	LEVANTADO DE MURO	M ²	1,119.33	Q188.62	Q211,133.47
9	SOLERA HIDRÓFUGA	ml	170.00	Q238.02	Q40,462.89
10	SOLERA INTERMEDIA	ml	324.00	Q234.10	Q75,848.19
11	SOLERA DE REMATE	ml	324.00	Q234.10	Q75,848.19
12	COLUMNA C-1	UNIDAD	30.00	Q3,766.63	Q112,998.77
13	COLUMNA C-2	UNIDAD	30.00	Q3,055.01	Q91,650.20
14	COLUMNA C-3	UNIDAD	8.00	Q677.83	Q5,422.68
15	COLUMNA C-4	UNIDAD	90.00	Q747.66	Q67,289.10
16	VIGA-1 (SEGUNDO NIVEL)	ml	105.00	Q708.96	Q74,441.27
17	VIGA-2 (SEGUNDO NIVEL)	ml	96.00	Q761.65	Q73,118.41
18	VIGA-3 (PRIMER NIVEL)	ml	105.00	Q940.98	Q98,802.77
19	VIGA-4 (PRIMER NIVEL)	ml	96.00	Q1,064.31	Q102,174.06
20	LOSAS NIVEL 1	M ²	360.32	Q689.49	Q248,437.43
21	LOSAS NIVEL 2	M ²	360.32	Q668.96	Q241,040.05
22	REPELLO	M ²	1,820.00	Q70.80	Q128,864.20
23	CERNIDO	M ²	1,820.00	Q68.91	Q125,419.17
24	AZULEJO	M ²	40.00	Q235.19	Q9,407.47
25	PINTURA	M ²	1,820.00	Q13.37	Q24,339.38
26	IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSA DE TECHOS	M ²	360.33	Q61.98	Q22,333.71
27	PISO DE GRANITO	M ²	353.00	Q228.53	Q80,672.81
28	PUERTA DE METAL 1	unidad	8.00	Q1,768.36	Q14,146.92
29	PUERTA DE METAL 2	unidad	2.00	Q1,360.28	Q2,720.56
30	VENTANAS DE METAL	M ²	125.47	Q816.17	Q102,404.65
31	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	global	1.00	Q41,396.16	Q41,396.16
32	INSTALACION DE AGUA POTABLE	global	1.00	Q7,201.22	Q7,201.22
33	DRENAJE DE AGUAS NEGRAS	global	1.00	Q27,442.26	Q27,442.26
34	DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES	global	1.00	Q13,597.25	Q13,597.25
35	GRADAS	global	1.00	Q40,036.39	Q40,036.39
	TOTAL				Q2,356,905.37

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La utilización de un sistema de alcantarillado sanitario, evita la transmisión de enfermedades gastro-intestinales causado por las aguas negras que fluyen a flor de tierra.
2. El sistema de alcantarillado sanitario diseñado en este caso, arroja resultados hidráulicos exactos y reales, para una mejor eficiencia del sistema proporcionándole mayor seguridad y durabilidad por utilizar tubería de PVC.
3. El uso de tubería PVC permitirá que la ejecución de la obra sea más rápida, por ser de mayor longitud y menor peso.
4. El diseño de la escuela en la colonia Linda Vista será de gran ayuda para los habitantes de la misma y sus barrios aledaños, ya que contarán con el acceso a la educación escolar, en un lugar adecuado y con estándares de diseño estructural, para el diseño se apreciaron diversos factores como sismo y sobrecargas en base a códigos de construcción para una mayor seguridad a los estudiantes.

RECOMENDACIONES

1. Actualizar previo a la contratación de los proyectos, los precios de los materiales y la mano de obra utilizada por la municipalidad.
2. Al construir la escuela se debe seguir estrictamente todos los detalles y especificaciones que se encuentran en los planos, debiendo tomar como apoyo la bibliografía sugerida para construir y supervisar la construcción de la estructura del proyecto, según el reglamento del ACI 318-99.
3. Al ejecutar los proyectos se deberá contar con una supervisión técnica, para el buen funcionamiento de las obras de infraestructura diseñadas.
4. Para el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario, se debe orientar y hacer conciencia a todos los vecinos de la aldea, para que no obstaculicen el paso de los líquidos dentro de la tubería con objetos de volumen mayor, además de los caudales de conexiones ilícitas.

BIBLIOGRAFÍA

1. MELINI SALGUERO, Guillermo. *Apuntes del curso de costos, presupuestos y avalúos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. p. 130.
2. OSORIO VASQUEZ, Sedy Eliut. *Diseño de la red de drenaje sanitario en San José del Golfo*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. p. 141.
3. QUIJADA BEZA, Luís Fernando. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Lemus de la ciudad de Chiquimula*. Trabajo de Graduación Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003 p. 125.
4. SURUY VELASQUEZ, Antonio Eliseo. *Diseño de la red de alcantarillado sanitario, para la aldea laguna bermeja, municipio de Santa Catarina Pinula, Departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003 p.144.
5. Tubovinil *Norma ASTM 3034 tubería P.V.C. para alcantarillado sanitario*. Folleto de información técnica sobre tubería P.V.C. Guatemala: TUBOVINIL 2003 p. 110.

ANEXOS

- Encuesta
- Libreta de campo
- Planos

Anexo 1. Encuesta sanitaria y de población

Encuesta sanitaria y de población

Población: caserío El Chaguíte, municipio de Jalapa, departamento de Jalapa

Fecha:

Nombre del propietario de la casa:

Número de cédula:

Dirección de la casa:

1- Numero de habitantes:

Hombres (mayores de 18 años)

No de cédula

Mujeres(mayores de 18 años)

No de cédula

1.1. Niños (0-5 años) _____ (6-14años) _____ 14-17 años) _____

2- Instituciones existentes (escuela, colegios, iglesias, etc.)

2.1. Tipo _____

2.2. Capacidad _____ personas

3- servicio actual de abastecimiento de agua

Procedencia

Manantial

Pozo

Rio

Chorro público

Agua potable

4- servicio actual de drenaje

4.1. Tiene servicio No tiene servicio

4.2. Forma

Letrina

Fosa séptica

Evacuados a la calle

5- Le interesa el servicio de drenaje y colaboraría usted con la construcción del mismo ?

SI

NO

6- De qué forma:

Económica

Mano de obra

Materiales

7- De acuerdo al trabajo actual de la municipalidad le interesa que este proyecto se trabaje conjuntamente municipalidad-vecinos

SI

NO

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3. Libreta topográfica

Colector principal ramal E-1 a E-12					
Estación	Punto Obs.	Azimut			Distancia (m)
		Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
1	2	304	53	48	100.00
2	3	268	28	24	40.00
3	4	245	6	48	20.00
4	5	217	2	0	59.40
5	6	217	44	34	80.00
6	7	223	43	42	40.00
7	8	309	55	0	55.00
8	9	280	12	30	45.00
9	10	279	49	12	60.00
10	11	255	36	0	24.00
11	12	333	54	30	20.00

Colector principal ramal E-13 - E-22 - E-11					
Estación	Punto Obs.	Azimut			Distancia (m)
		Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
13	14	0	0	19	66.00
14	15	29	53	48	52.00
15	16	19	27	36	80.00
16	17	43	24	48	60.00
17	18	28	1	30	46.00
18	19	51	33	48	33.00
19	20	334	47	36	47.00
20	21	3	48	12	40.00
21	22	330	54	36	32.00
22	11	323	22	20	42.00

Fuente: elaboración propia

Continuación de tabla XXI

Ramal E-23 a E-14					
Estación	Punto obs	Azimut			Distancia(m)
		Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
23	14	136	21	54	20.00

Ramal E-24 a E-17					
Estación	Punto obs	AZIMUT			Distancia(m)
		Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
24	17	232	46	52	65.00

Ramal E-25 - E-30 - E-18					
Estación	Punto obs	Azimut			Distancia(m)
		Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
25	26	336	8	6	20.00
26	27	311	48	30	20.00
27	28	346	36	30	27.00
28	29	355	49	24	32.00
29	30	52	17	54	40.00
30	18	77	45	18	80.00

Ramal E-31 a E-38					
Estación	Punto obs	Azimut			Distancia(m)
		Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
31	32	306	6	6	40.00
32	33	322	48	54	80.00
33	34	291	54	30	80.00
34	38	284	28	36	40.00

Ramal E-35 a E-38					
Estación	Punto obs	Azimut			Distancia(m)
		Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
35	36	124	5	18	40.00
36	37	151	36	42	60.00
37	38	151	36	42	60.00

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Resultado de laboratorio de suelos



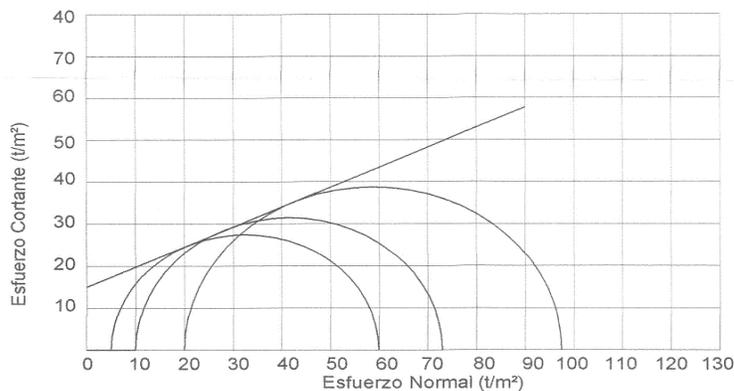
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 12628

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No. 068 S.S. O.T.: 26,667
 INTERESADO: Edwin Virgilio Mazariegos Lemus
 PROYECTO: EPS-Diseño de edificación de dos niveles para escuela .
 UBICACIÓN: Colonia Linda Vista, Jalapa.
 Fecha: 18 de febrero de 2010.
 pozo: 1 Profundidad: 2.50 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 25.43^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 15.0 \text{ t/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limosa color gris.
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESIÓN LATERAL (t/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (t/m ²)	54.93	62.97	77.50
PRESIÓN INTERSTICIAL u (t/m ²)	x	x	x
DEFORMACIÓN EN ROTURA Er (%)	2.5	4.0	5.5
DENSIDAD SECA (t/m ³)	1.38	1.38	1.38
DENSIDAD HUMEDA (t/m ³)	1.70	1.70	1.70
HUMEDAD (%)	23.5	23.5	23.5

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

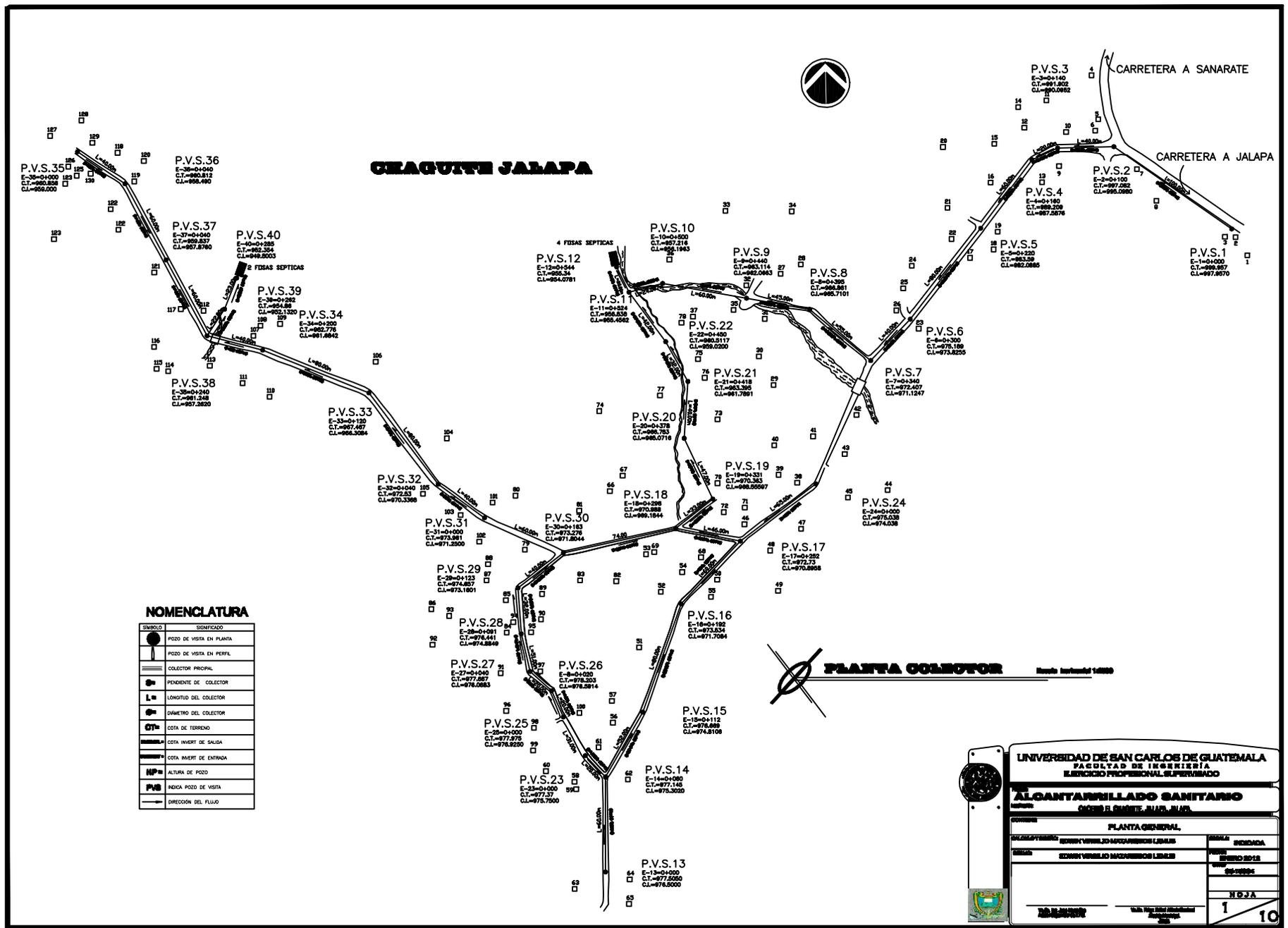
Atentamente,



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia.



NOMENCLATURA

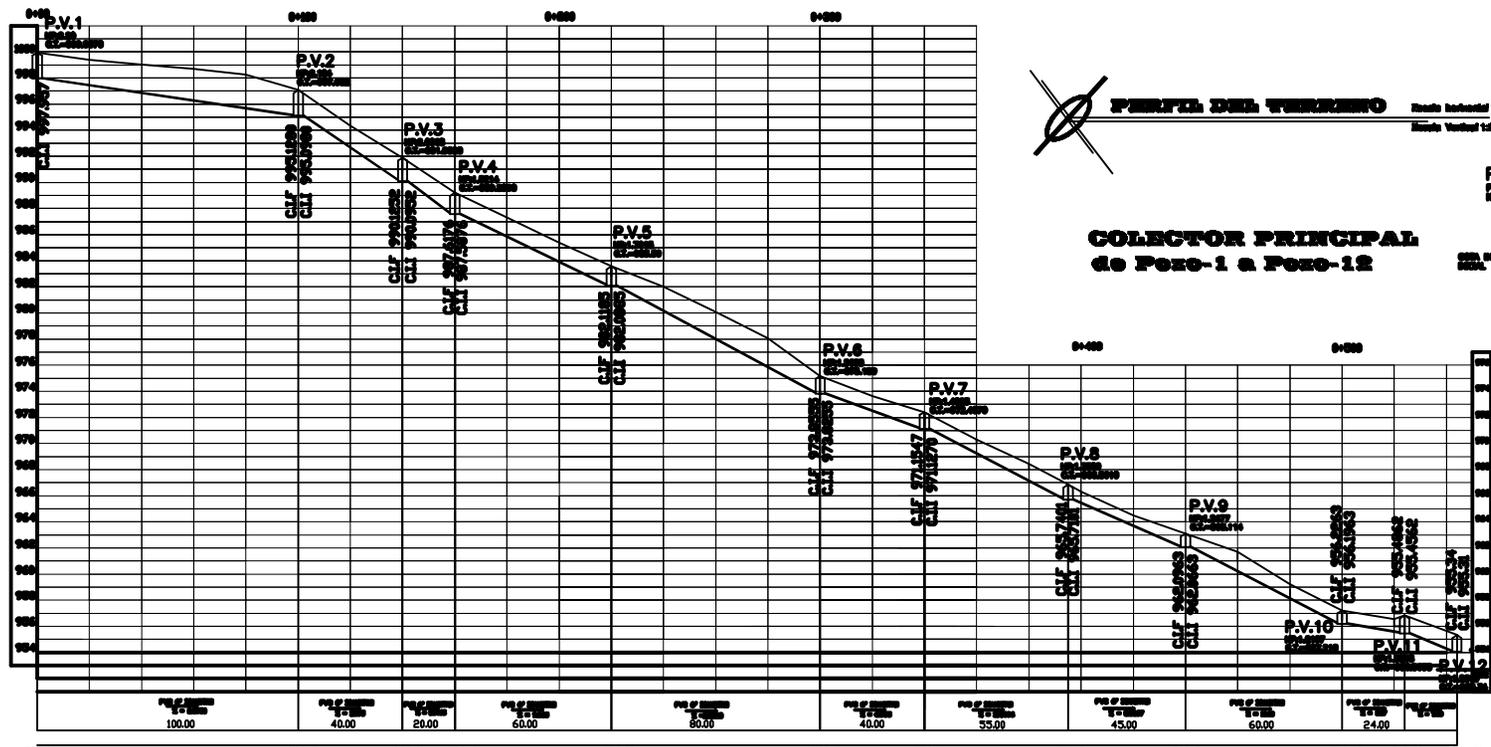
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISTA EN PLANTA
	POZO DE VISTA EN PERFIL
	COLECTOR PRINCIPAL
	PENDIENTE DE COLECTOR
	LONGITUD DEL COLECTOR
	DIÁMETRO DEL COLECTOR
	COTA DE TERRENO
	COTA INVERT DE SALIDA
	COTA INVERT DE ENTRADA
	ALTURA DE POZO
	INDICA POZO DE VISTA
	DIRECCION DEL FLUJO

PLANTA COLECTOR Escala horizontal 1:800

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

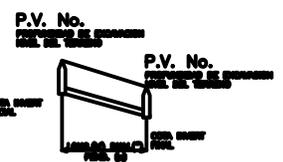
ALCANTARILLADO SANITARIO
 CARRERA A SANARATE, JALAPA

PLANTA GENERAL	
ELABORADO POR: EDWIN VERDEJO MACQUEMENDO LEBLANC	ESCALA: (INDICADA)
REVISADO POR: EDWIN VERDEJO MACQUEMENDO LEBLANC	FECHA: 2018-09-18
PROYECTO: 00-00000	
H.D.J.A.	
1	



PERFIL DEL TERRENO Estado Inicial 1/1000
Escala Vertical 1:500

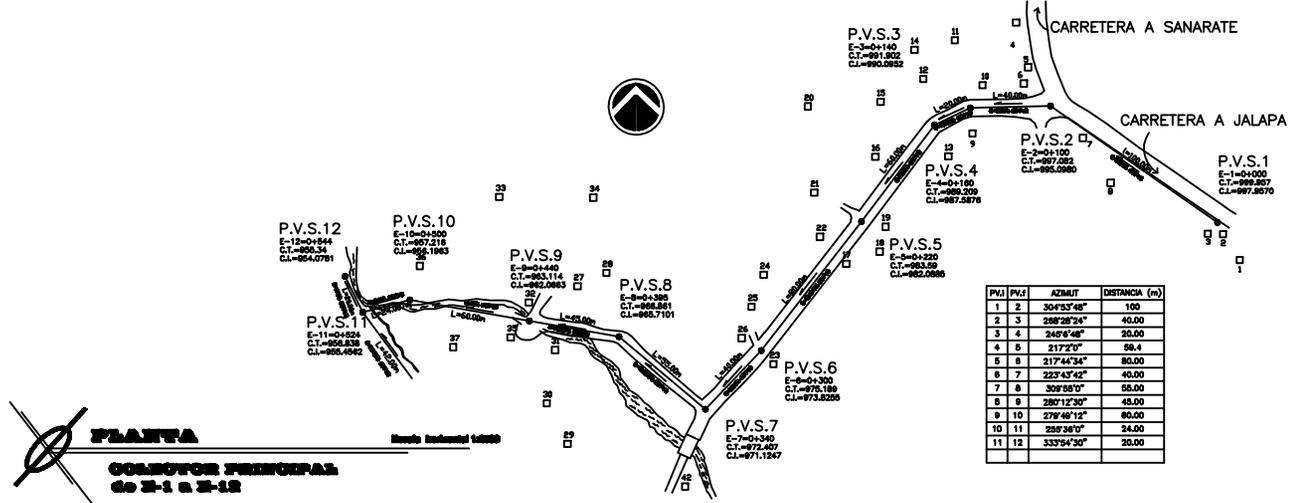
COLECTOR PRINCIPAL de Pozo-1 a Pozo-12



P.V.1 100.00 P.V.2 40.00 P.V.3 20.00 P.V.4 60.00 P.V.5 80.00 P.V.6 40.00 P.V.7 55.00 P.V.8 45.00 P.V.9 60.00 P.V.10 24.00 P.V.11 P.V.12

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISTA EN PLANTA
	POZO DE VISTA EN PERFIL
	COLECTOR PRINCIPAL
	PENDIENTE DE COLECTOR
	LONGITUD DEL COLECTOR
	DIÁMETRO DEL COLECTOR
	COSTA DE TERRENO
	COSTA INVERT DE SALIDA
	COSTA INVERT DE ENTRADA
	ALTURA DE POZO
	INDICA POZO DE VISTA
	DIRECCION DEL FLUJO



PLANTA Estado Inicial 1/1000
COLECTOR PRINCIPAL de Pozo-1 a Pozo-12

PVI	PV1	AZIMUT	DISTANCIA (m)
1	2	304°53'48"	100
2	3	288°28'24"	40.00
3	4	248°9'48"	20.00
4	5	217°27'07"	59.4
5	6	217°44'34"	80.00
6	7	223°43'42"	40.00
7	8	308°58'07"	55.00
8	9	280°12'30"	45.00
9	10	278°49'12"	80.00
10	11	288°38'07"	24.00
11	12	333°54'30"	20.00

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

ALCANTARILLADO SANITARIO
CARRERA CUARTE JALAPA

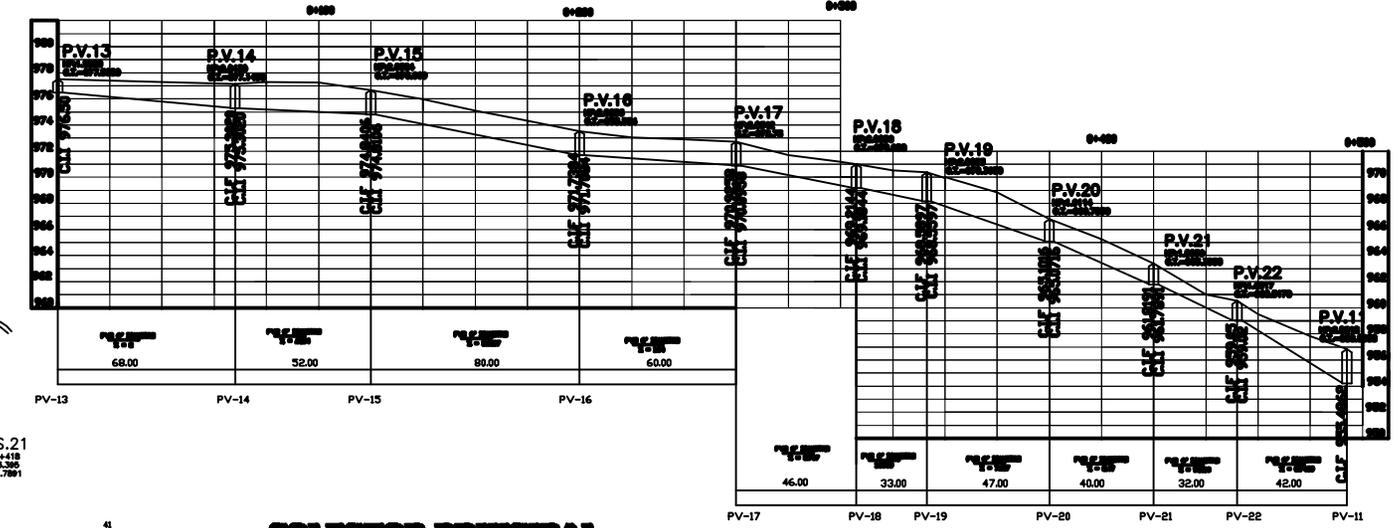
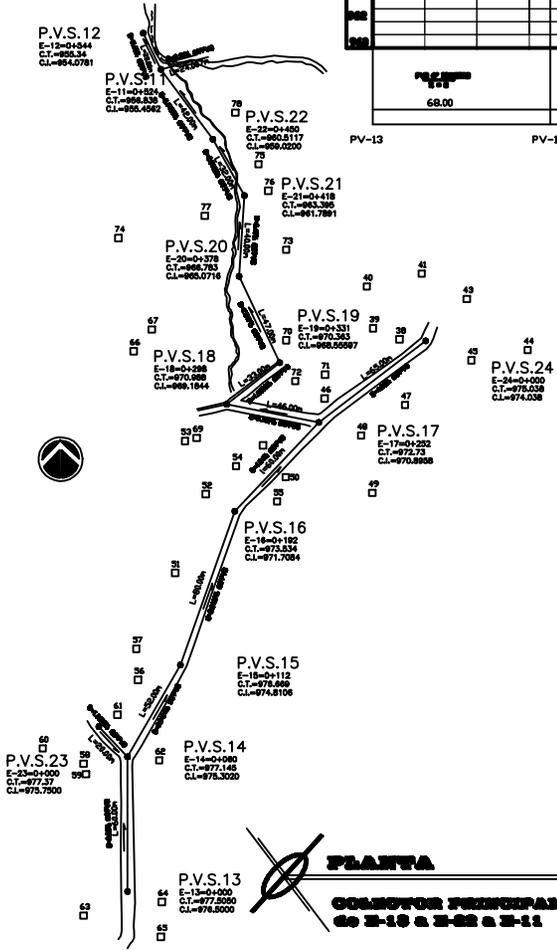
PLANTA PERFILES RAMAL POZO 1-11

ELABORADO POR: EDWIN VIRELLA MACHUCA LEBLANC
REVISADO POR: EDWIN VIRELLA MACHUCA LEBLANC

FECHA: 2018-09-18
ESCALA: 1:500

H O J A 2

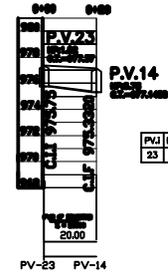
RANAL 1



COLECTOR PRINCIPAL
de Pozo-13 a Pozo-22 a Pozo-11

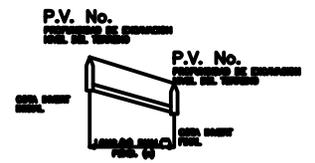
RANAL 1

Pozo-23, Pozo-24



P.V.I	P.V.J	AZIMUT	DISTANCIA (m)
23	14	136°21'54"	20.00

P.V.I	P.V.J	AZIMUT	DISTANCIA (m)
13	14	0°0'19"	86
14	15	29°53'48"	52
15	16	19°27'38"	80.00
16	17	43°24'48"	80
17	18	281°1'30"	46.00
18	19	51°33'48"	33.00
19	20	334°47'36"	47.00
20	21	3°48'12"	40.00
21	22	330°54'36"	32.00
22	11	323°22'20"	42.00



NOMENCLATURA

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISTA EN PLANTA
	POZO DE VISTA EN PERFIL
	COLECTOR PRINCIPAL
	PENIENTE DE COLECTOR
	LONGITUD DEL COLECTOR
	DIÁMETRO DEL COLECTOR
	COTA DE TERRENO
	COTA INVERT DE SALIDA
	COTA INVERT DE ENTRADA
	ALTURA DE POZO
	INDICA POZO DE VISTA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO

PLANTA
COLECTOR PRINCIPAL
de P-13 a P-22 a P-11

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

ALCANTARILLADO SANITARIO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PLANTA PERFIL RANAL POZO 13-23-14

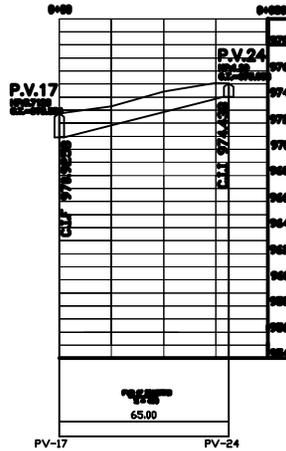
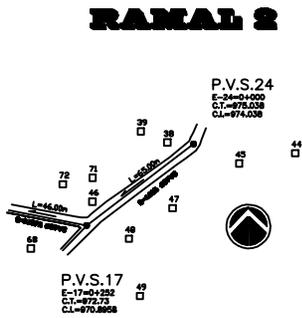
ELABORADO POR: EDWIN VIRELLA MACHUCA LEBLANC	REVISADO POR: INGENIERO 2015
ELABORADO POR: EDWIN VIRELLA MACHUCA LEBLANC	FECHA: 20-08-2024

3

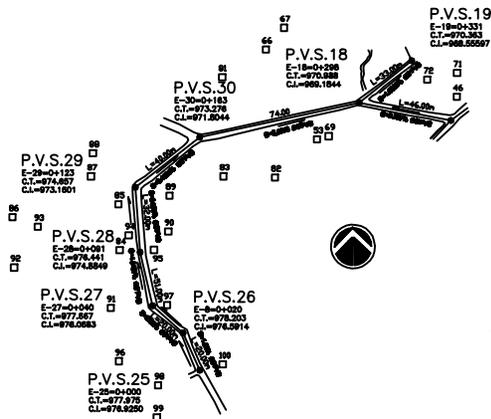
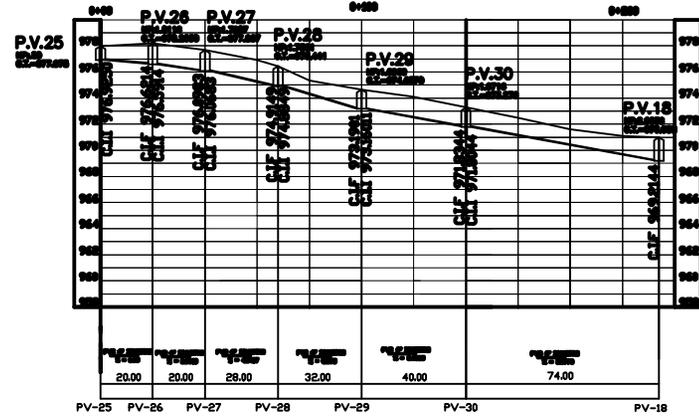


EST.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA (m)
24	17	232°46'52"	65.00

RANAL 2
Pozo-17, Pozo-24



RANAL 3
Pozo-25 a Pozo-30 a Pozo 18



P.V.I	P.V.f	AZIMUT	DISTANCIA (m)
25	26	336°5'8"	20.00
26	27	311°48'30"	20.00
27	28	346°36'30"	27.00
28	29	355°49'24"	32.00
29	30	52°17'54"	40.00
30	18	77°45'18"	80.00

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA EN PLANTA
	POZO DE VISITA EN PERFIL
	COLECTOR PRICIPAL
	PENDIENTE DE COLECTOR
	LONGITUD DEL COLECTOR
	DIAMETRO DEL COLECTOR
	COTA DE TERRENO
	COTA INVERT DE SALIDA
	COTA INVERT DE ENTRADA
	ALTURA DE POZO
	INDICA POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO

P.V. No.
 PROFUNDIDAD DE EXCAVACION
 NIVEL DEL TERRENO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

ALCANTARILLADO SANITARIO
 OBRAS DE OBRAS SANITARIAS

PLANTAFUERA, RANAL, POZO 17, 24, 26, 27, 28, 29, 30

ELABORADO POR: **INGENIERO ARQUITECTO LEONEL**

REVISADO POR: **INGENIERO ARQUITECTO LEONEL**

FECHA: **2018-08-15**

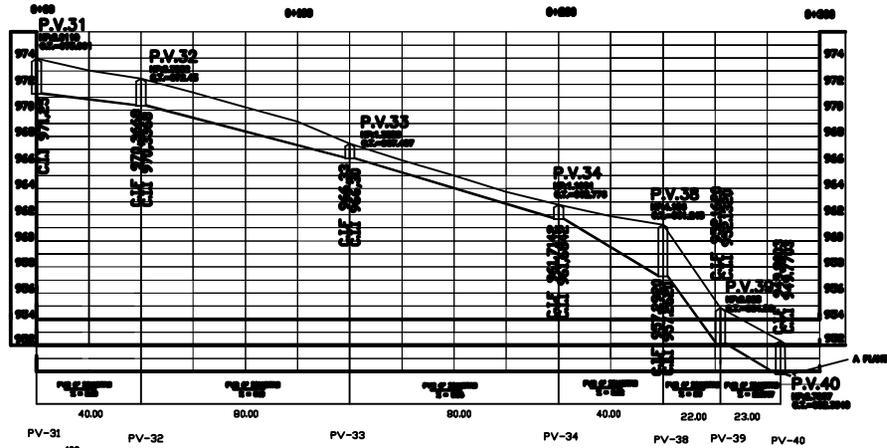
HOJA: **4** DE **10**



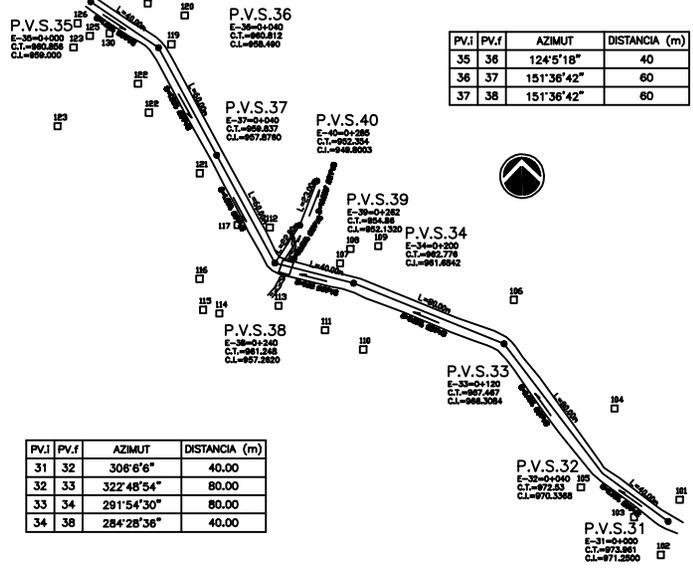
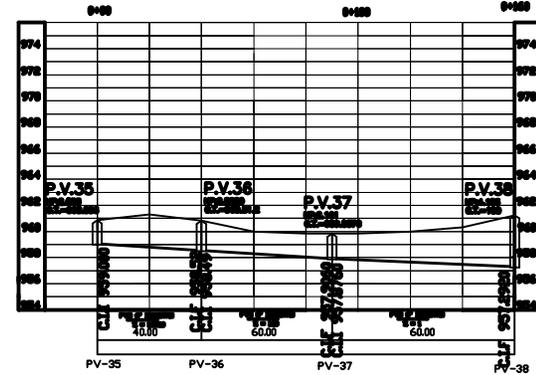
PERFIL DEL TERRENO

Escala Horizontal 1:1000
Escala Vertical 1:500

**COLECTOR PRINCIPAL
de Pozo-31 a Pozo-34, Pozo-36 a Pozo-39**



**COLECTOR PRINCIPAL
de Pozo-31 a Pozo-34, Pozo-36 a Pozo-39**

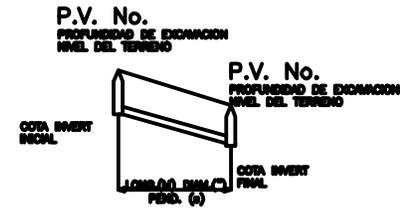


P.V.i	P.V.f	AZIMUT	DISTANCIA (m)
35	36	124°5'18"	40
36	37	151°36'42"	60
37	38	151°36'42"	60

P.V.i	P.V.f	AZIMUT	DISTANCIA (m)
31	32	306°6'6"	40.00
32	33	322°48'54"	80.00
33	34	291°54'30"	80.00
34	38	284°28'36"	40.00

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA EN PLANTA
	POZO DE VISITA EN PERFIL
	COLECTOR PRINCIPAL
	PENDIENTE DE COLECTOR
	LONGITUD DEL COLECTOR
	DIÁMETRO DEL COLECTOR
	COTA DE TERRENO
	COTA INVERT DE SALIDA
	COTA INVERT DE ENTRADA
	ALTURA DE POZO
	INDICA POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO



PLANTA

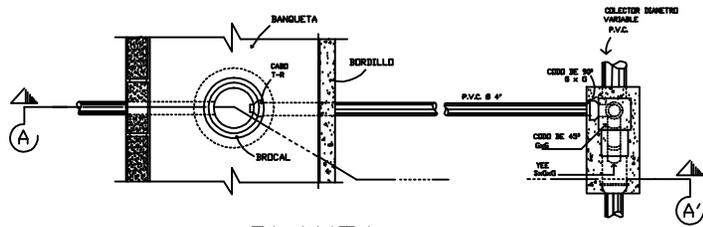
Escala Horizontal 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

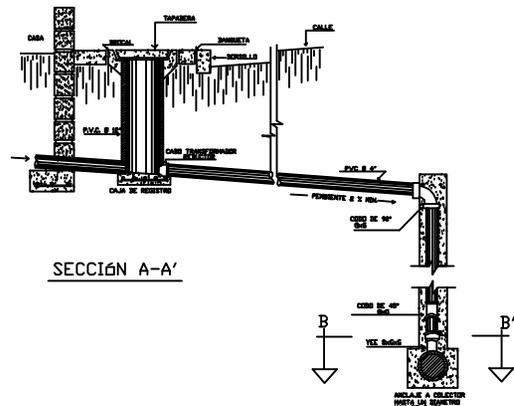
ALCANTARILLADO SANITARIO
CARRILLO GUATEMALA

PLANTA PERFIL MANIL POZO 31-40, 36-39

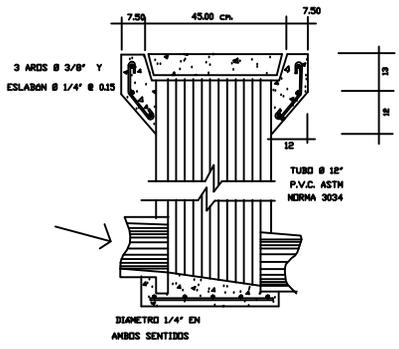
ELABORADO POR: INGENIERO ARMANDO LEBLANC	ESCALA: (INDICADA)
REVISADO POR: INGENIERO ARMANDO LEBLANC	FECHA: JUNIO 2012
PROYECTO: 02-10002	
H O J A	
5	
10	



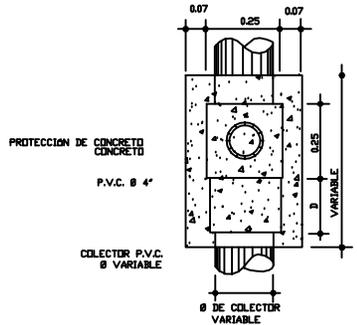
PLANTA



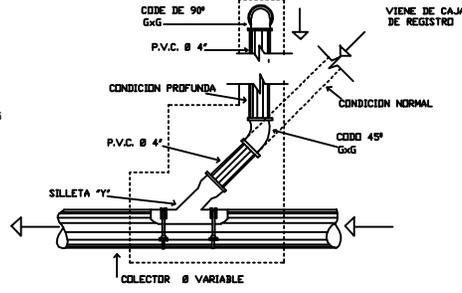
SECCIÓN A-A'



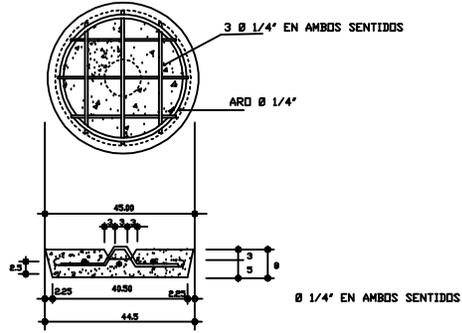
DETALLE DE CANDELA DOMICILIAR



SECCIÓN B-B'



PARA COLECTOR EXISTENTE COLOCACION DE SILLETA "Y" Ø DE COLECTOR x 4" (EN CONDICIONES NORMALES O PROFUNDAS)



DETALLE DE TAPADERA

REFERENCIAS:
 PARA COLECTOR CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3.00 METROS A LA COTA DE CORDONAMIENTO

ACCESORIOS:

A_ CABO TRANSFORMADOR / REDUCTOR
 B_ TUBERÍA P.V.C. Ø 4"
 C_ CODO DE 90° 4" GxG
 D_ CODO DE 45° 4" GxG
 E_ YEE SxGxG (Ø COLECTOR x 4")

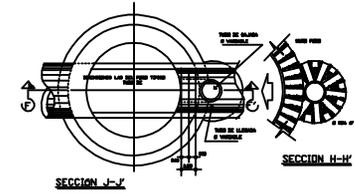
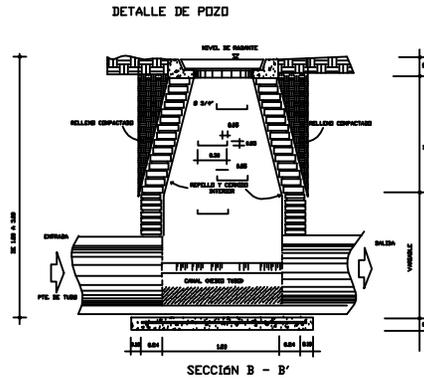
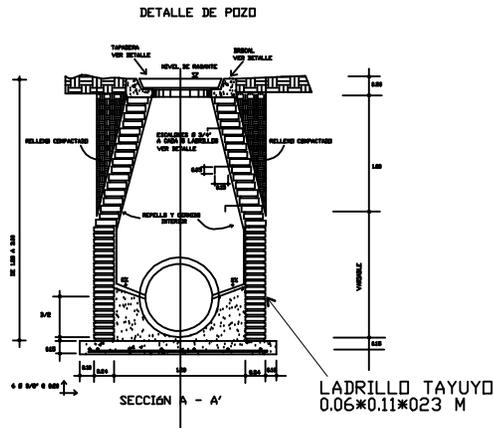
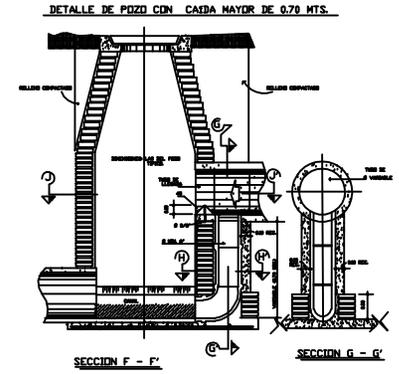
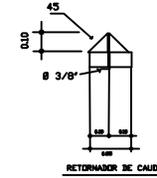
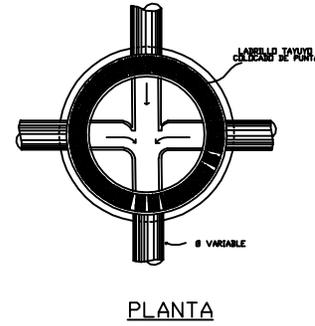
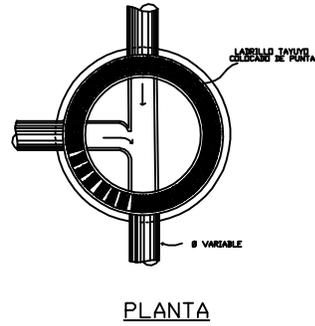
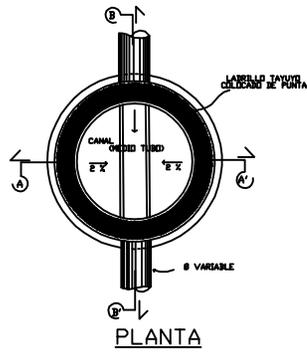
NOTA 1:
 CONCRETO: RESISTENCIA A COMPRESION f'c: 210 kg/cm2
 REFUERZO fy: 2810 kg/cm2

NOTA 2:
 PARA EL ALISADO SE UTILIZARA UNA MEZCLA CON PROPORCIONES DE 1:2.

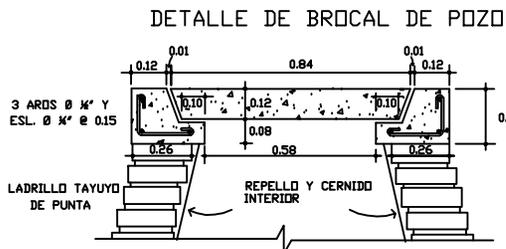
NOTA 3:
 TUBERIA PVC NORMA 3034

CONEXION DOMICILIAR SIN ESCALA

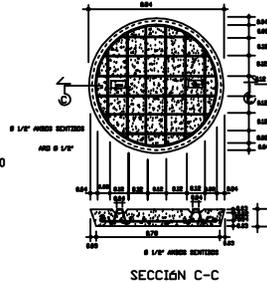
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
INGENIERIA PROFESIONAL SUPERIOR	
ALCANTARILLADO SANITARIO	
CARRERA DE INGENIERIA EN SANITARIO	
DETALLE DE CONEXION DOMICILIAR	
PROFESOR:	ASISTENTE:
ESTUDIANTE:	FECHA:
GRUPO:	NOTAS:
6	10



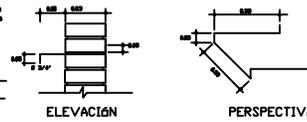
POZO DE VISITA DE 1.20 A 3.00 mt. SIN ESCALA



TAPADERA



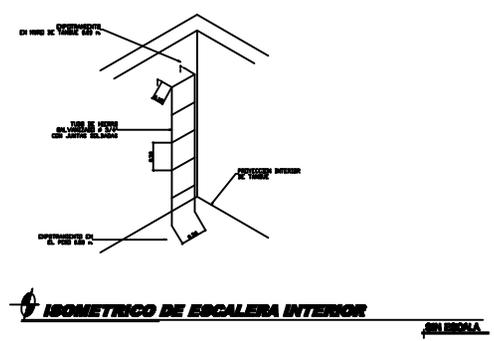
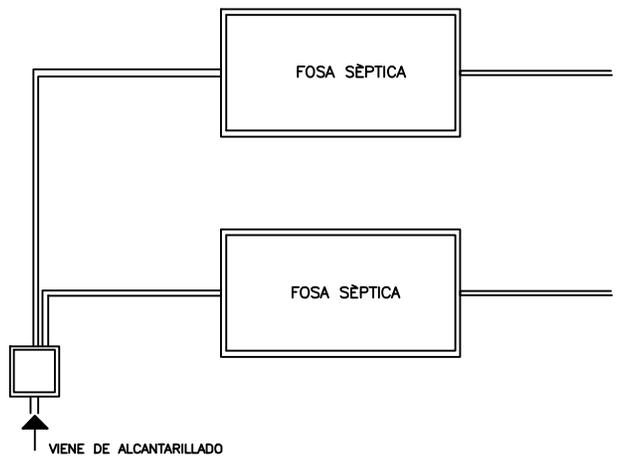
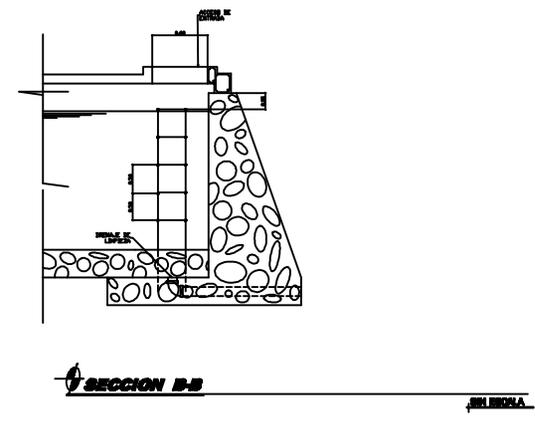
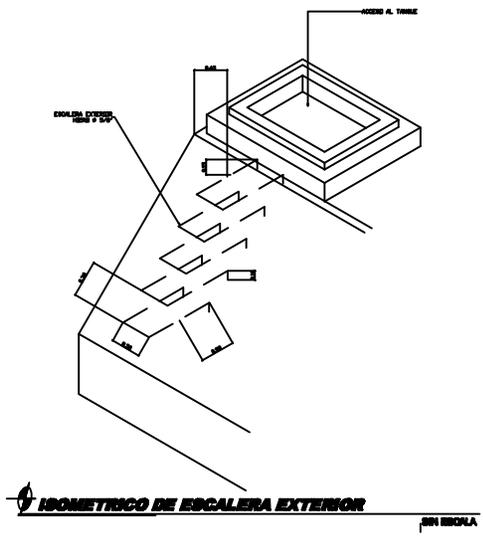
DETALLE DE ESCALÓN



NOTA D
CONCRETO SE USARA CON ESFUERZO DE RUPURA
A COMPRESION DE 210 kg/cm² (3000 lb/Plg²) A LOS 28
DIAS.

NOTA E
PARA EL ALSADO SE UTILIZARA UNA MEZCLA CON
PROPORCIONES DE 1:4.
ACERO DE REFUERZO SE USARA ACERO DE REFUERZO
DE F_y 2810 kg/cm² (40 KSI) ESPECIFICA
CIN ASTM A615.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
LABORIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ALCANTARILLADO SANITARIO	
DETALLE DE POZO DE VISITA	
PROFESOR:	BOSSA
ALUMNO:	INGENIERIA
FECHA:	SEPTIEMBRE 2015
GRUPO:	04000004
FECHA DE ENTREGA:	7
FECHA DE CALIFICACION:	10

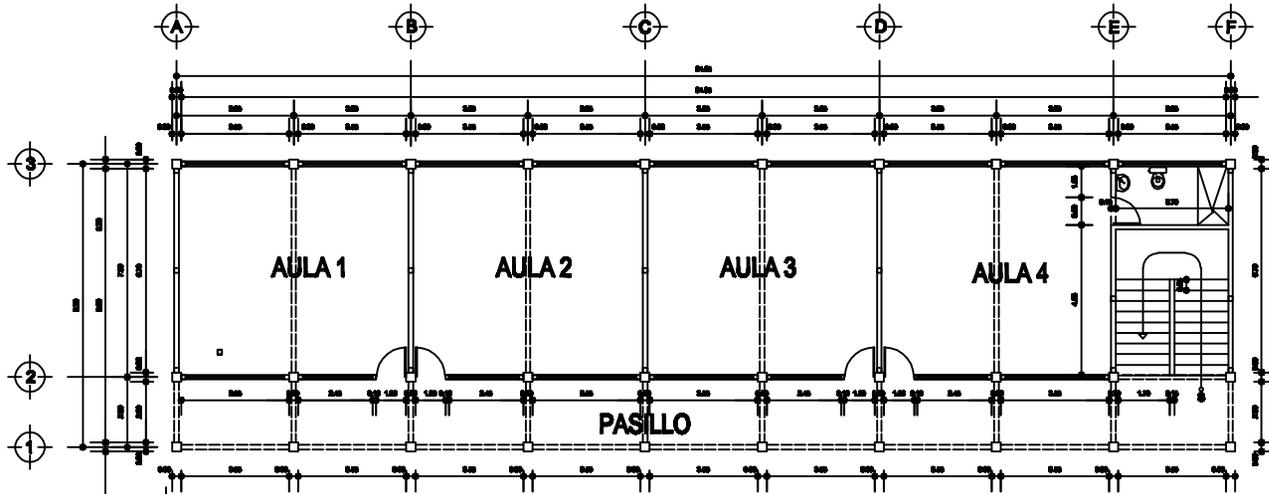


ESQUEMA DE DESFOGUE 1

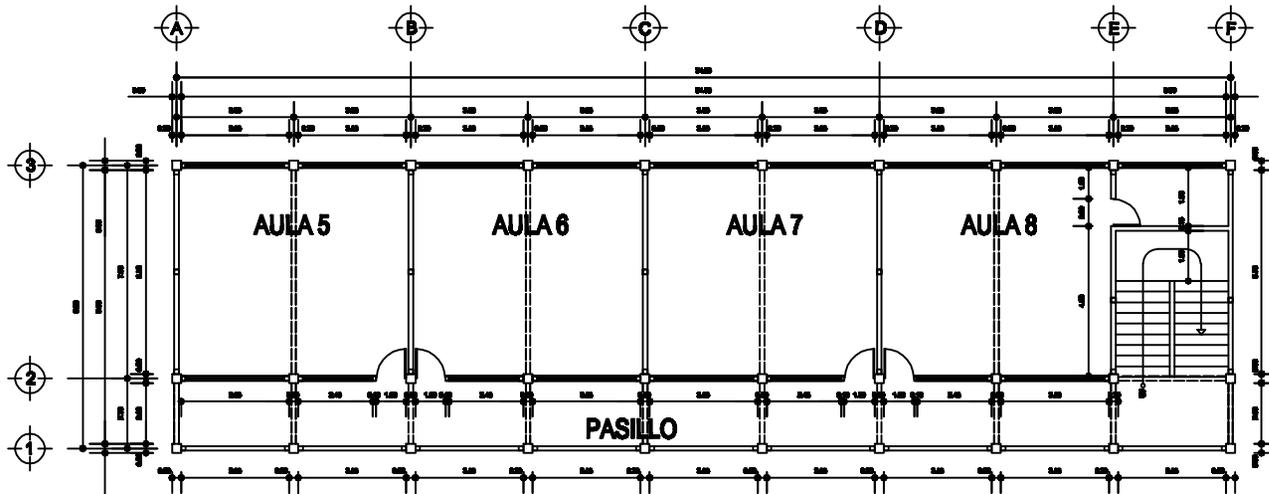
BATERIA DE FOSAS

ESCALA 1:50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ALCANTARILLADO SANITARIO CARRERA DE INGENIERIA EN OBRAS CIVILES	
DETALLE DE FOSA SEPTICA	
TITULO: ALCANTARILLADO SANITARIO	MATERIA: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA EN OBRAS CIVILES	GRUPO: 06-02004
HOJA 10 / 10	

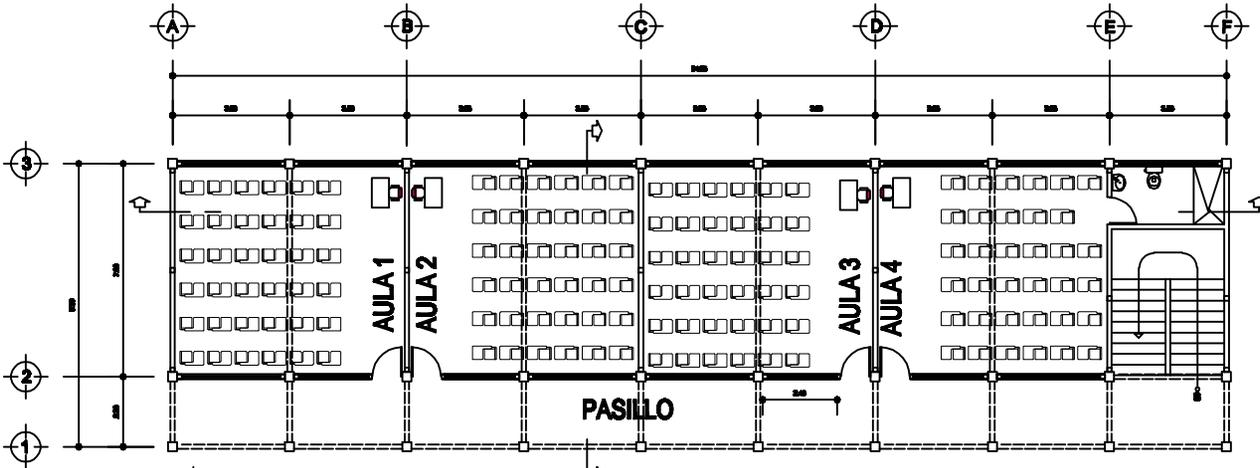


PLANTA BAJA - ACOTADA

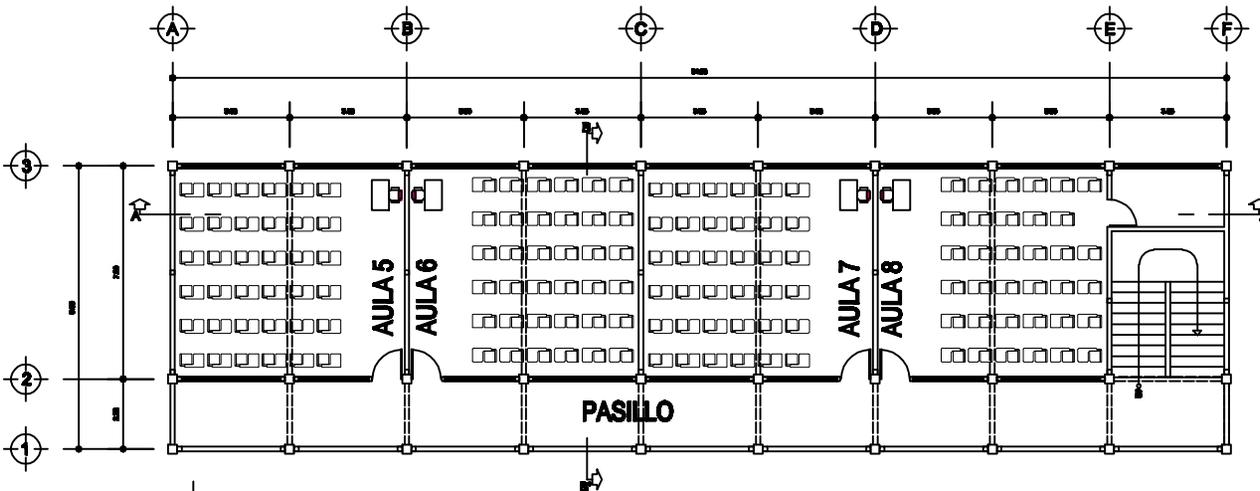


PLANTA ALTA - ACOTADA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
ESCUELA PROFESIONAL SUPERIADA	
<small>REGULACIÓN NACIONAL EN 1990 APROBADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN INGENIERIA SUPERIADA PLATA</small>	
PLANTA ACOTADA	
<small>PROFESOR</small> <small>INGENIERO</small>	<small>ESTUDIANTE</small> <small>INGENIERO</small>
<small>TÍTULO</small> <small>INGENIERO EN INGENIERIA SUPERIADA PLATA</small>	<small>FECHA</small> <small>2020</small>
<small>FECHA</small> <small>2020</small>	<small>HOJA</small> <small>1</small> / <small>12</small>

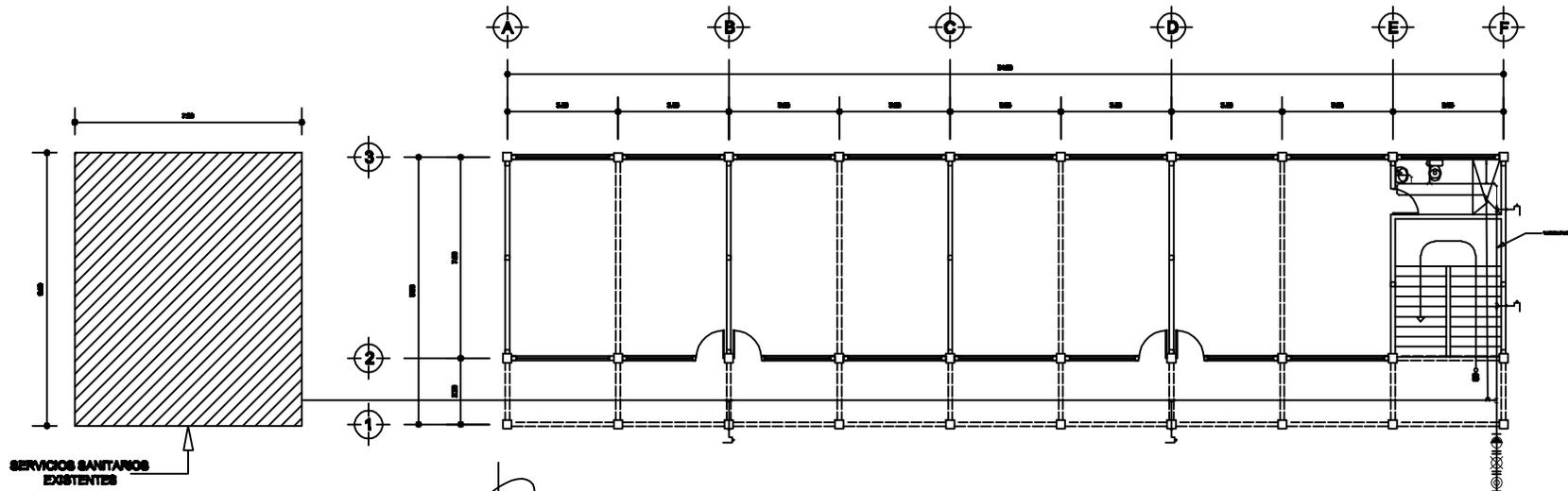


PLANTA BAJA - AMUEBLADA

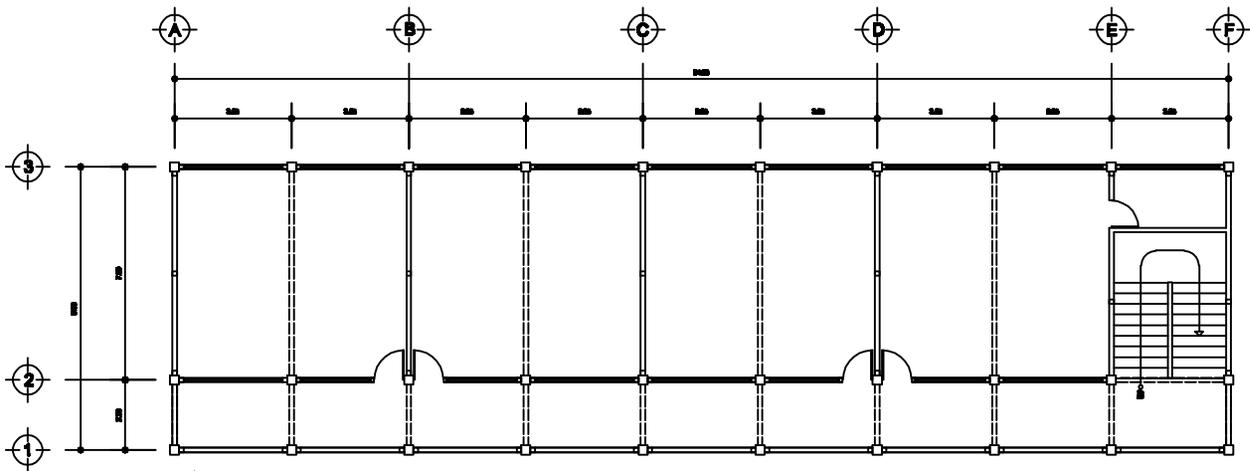


PLANTA ALTA - AMUEBLADA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<small>ESTABLECIMIENTO REGULAR EN 1990 AUTORIZADO PARA LA OBTENCION DE LICENCIA PARA EJERCER LA PROFESION DE INGENIERIA EN INGENIERIA EN SISTEMAS DE COMPUTACION</small>	
PLANTA AMUEBLADA	
<small>PROFESOR</small> <small>ASISTENTE</small> <small>ESTUDIANTE</small>	<small>FECHA</small> <small>FECHA DE ENTREGA</small> <small>FECHA DE CALIFICACION</small>
<small>FECHA DE ENTREGA</small> <small>FECHA DE CALIFICACION</small>	<small>HOJA</small> 2 / 12



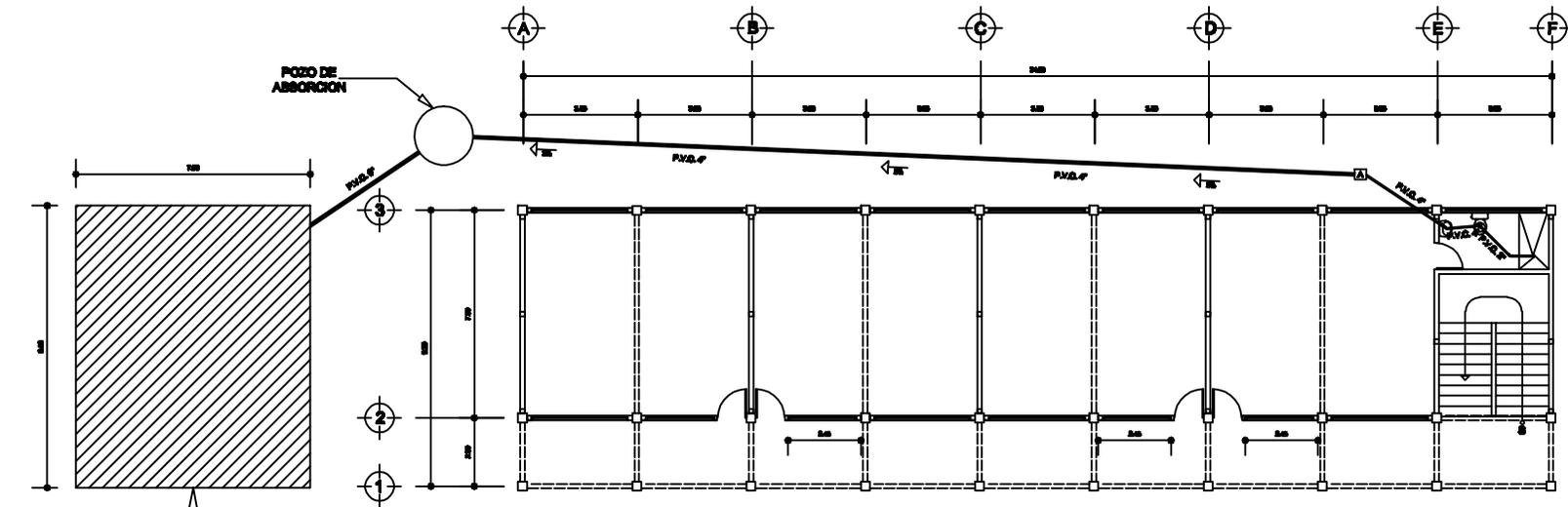
PLANTA BAJA - INSTALACION DE AGUA POTABLE



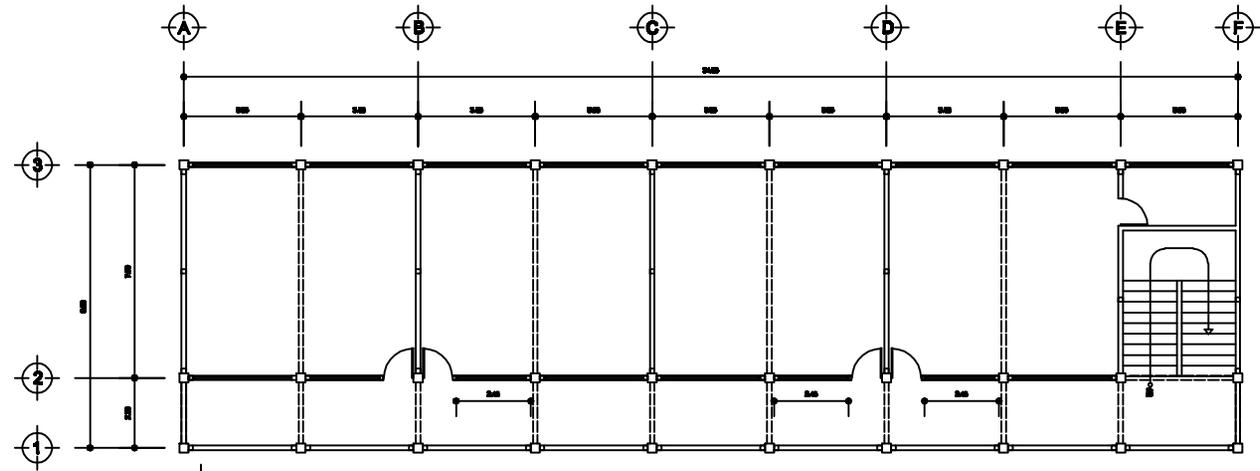
PLANTA ALTA - INSTALACION DE AGUA POTABLE

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	LLAVE DE PASO
	CONTADOR
	LLAVE DE COMPUERTA
	CHEQUE
	CODO A 90° VERTICAL
	TUBERIA P.V.C.
	CODO A 90° HORIZONTAL
	TEE A 90° HORIZONTAL
	CHORRO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<small>REGULACIONES REGULAN EN 1990 INTERIORS PARA LA CONFORME LEGISLACION</small> <small>REQUISITOS PARA LA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</small>	
INSTALACION DE AGUA POTABLE	
<small>PROYECTO</small> <small>FECHA</small> <small>ESCALA</small>	<small>REVISADO</small> <small>FECHA</small> <small>ESCALA</small>
<small>HOJA</small> 5 / 12	



PLANTA BAJA - INSTALACION DE DRENAJE



PLANTA ALTA - INSTALACION DE DRENAJE

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
[A]	CAJA TIPO A
[Line]	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
[Symbol]	CODO A 90° VERTICAL
[Symbol]	CODO A 90° HORIZONTAL

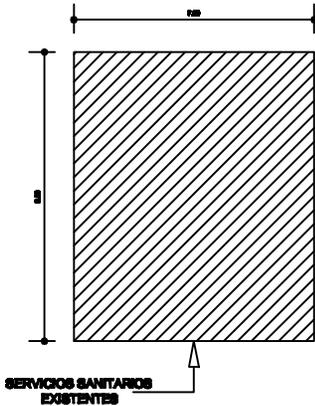
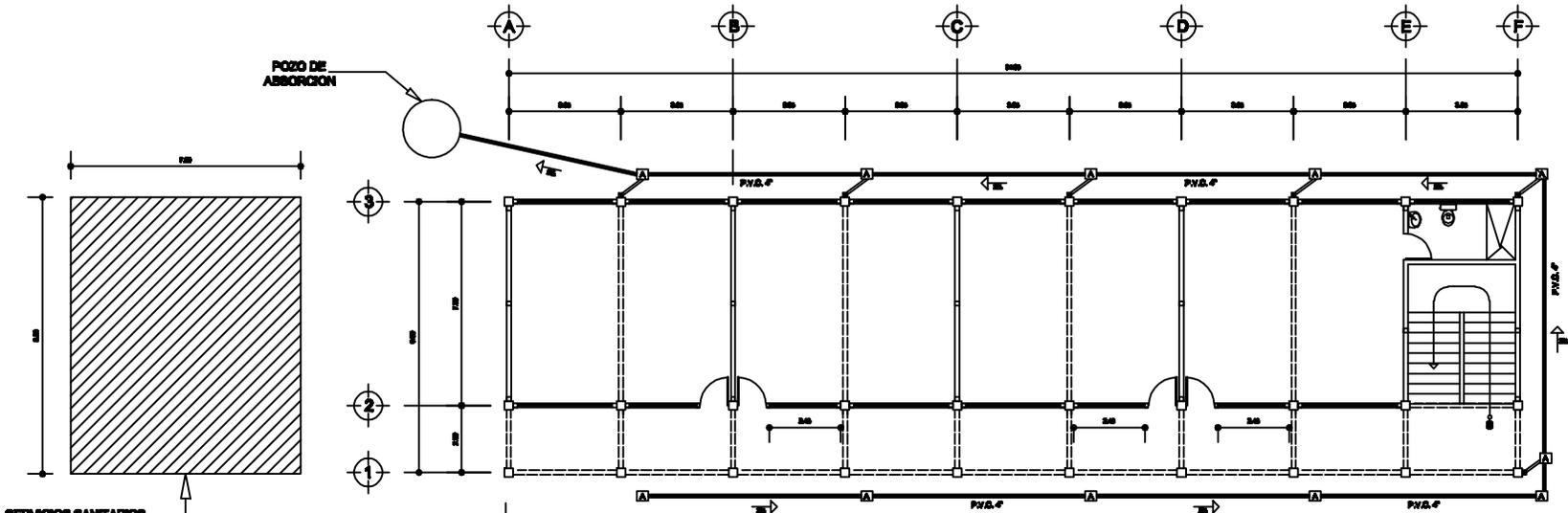
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERIOR

REGULACION DE AGUAS NEGRAS

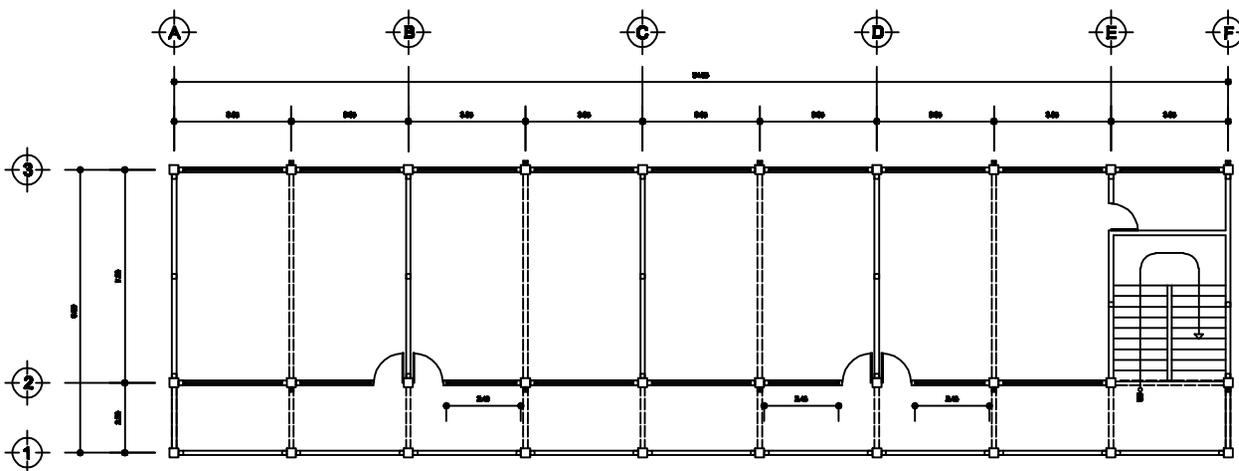
SERIALACION DE DRENAJE

FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA
FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA
FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA
FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA

H. O. J. A. 6 12



PLANTA BAJA - INSTALACION DE AGUAS PLUVIALES



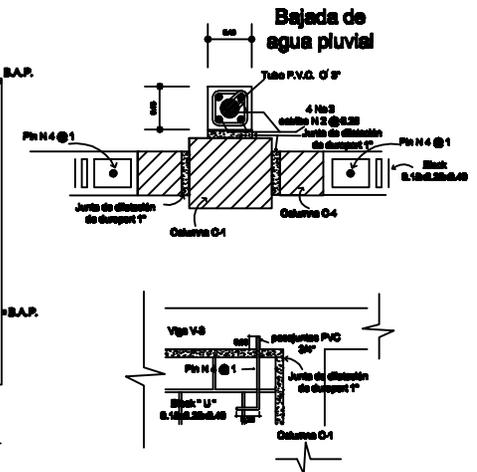
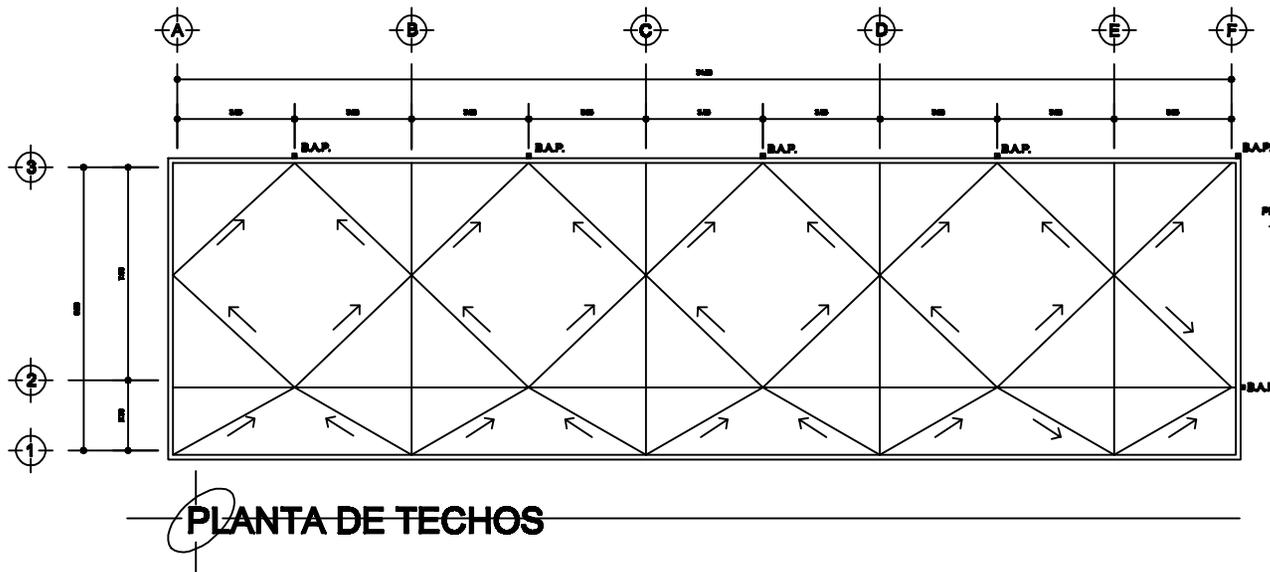
PLANTA ALTA - INSTALACION DE AGUAS PLUVIALES

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
[A]	CAJA TIPO A
[Thick line]	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
[Thin line]	TUBERIA DE AGUAS PLUVIALES
[Circle with 'A']	BAJADA DE AGUA PLUVIAL

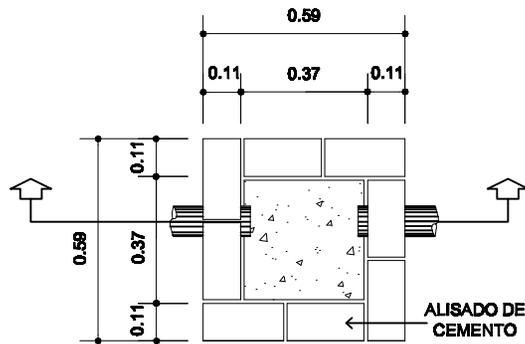
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERADO

REGULACION DE AGUAS PLUVIALES

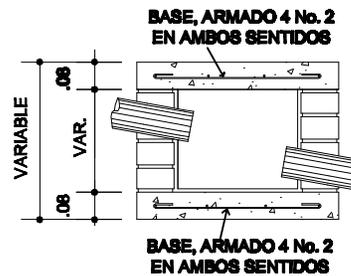
NOMBRE DEL ALUMNO	NOMBRE DEL TUTOR
CARRERA	SEMESTRE
FECHA DE ENTREGA	FECHA DE CALIFICACION
FOLIO	DE
7	12



DETALLE DE MUROS NO ESTRUCTURALES

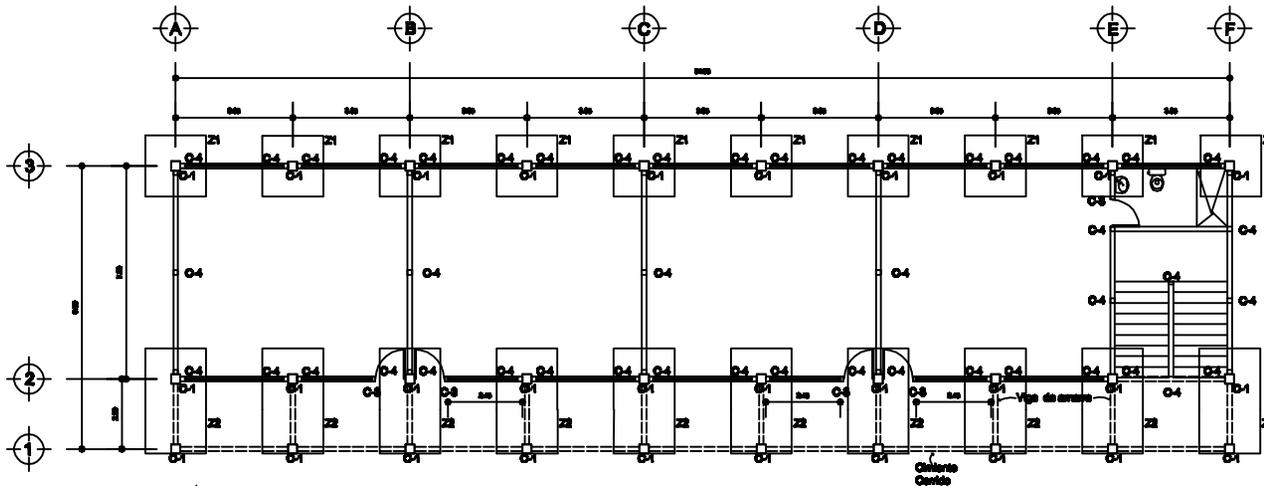


PLANTA DE CAJA A



CORTE DE CAJA A

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERADO	
Interpretación realizada en 2004 autorizada para LA OBRERA LINDA VERDE Nombre: MINERVA ALVARO ESPERANZA JALIL	
PLANTA DE TECHOS	
Nombre del Proyecto: PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN CENTRO DE ATENCION A LA COMUNIDAD EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA	Fecha: 2004
Nombre del Cliente: COMITE MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO	Escala: 1:50
Nombre del Autor: MINERVA ALVARO ESPERANZA JALIL	Hoja: 6 de 12

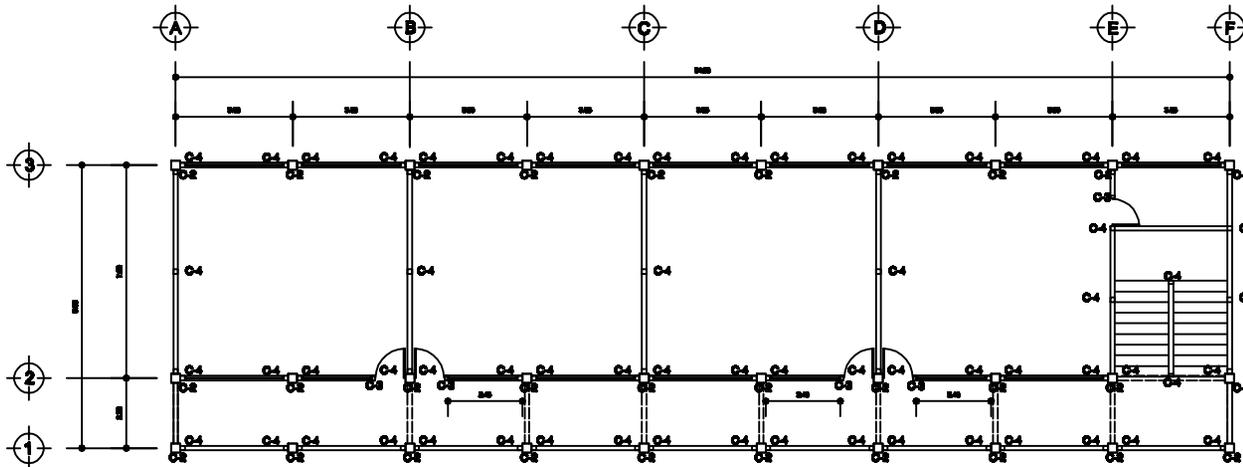
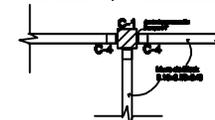


PLANTA BAJA - CIMIENTOS Y COLUMNAS

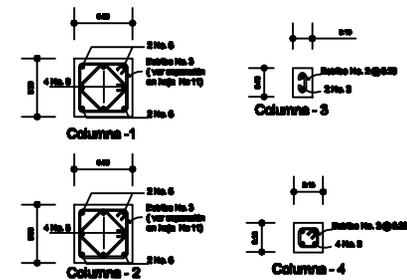
SIMBOLOGIA	
▨	DESCRIPCION
▨	CIMIENTO CONCRETO
Z1	ZAPATA TIPO 1

PLANILLA DE COLUMNAS			
COLUMNA TIPO	DIMENSIONES	REFUERZO	DETALLE
C-1	0.30" x 0.30"	4 No. 8 + 4 No. 6	
C-2	0.30" x 0.30"	4 No. 8 + 4 No. 6	
C-3	0.16" x 0.16"	2 No. 8	No. 2 @ 0.30"
C-4	0.16" x 0.16"	4 No. 8	No. 2 @ 0.30"

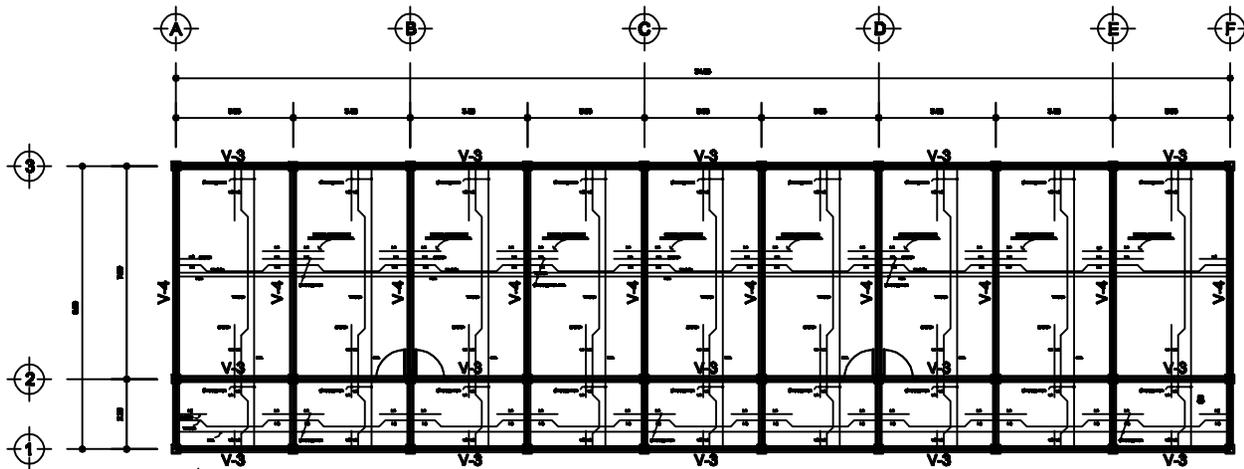
DETALLE DE C-4, C-1 Y MURO DE BLOCK



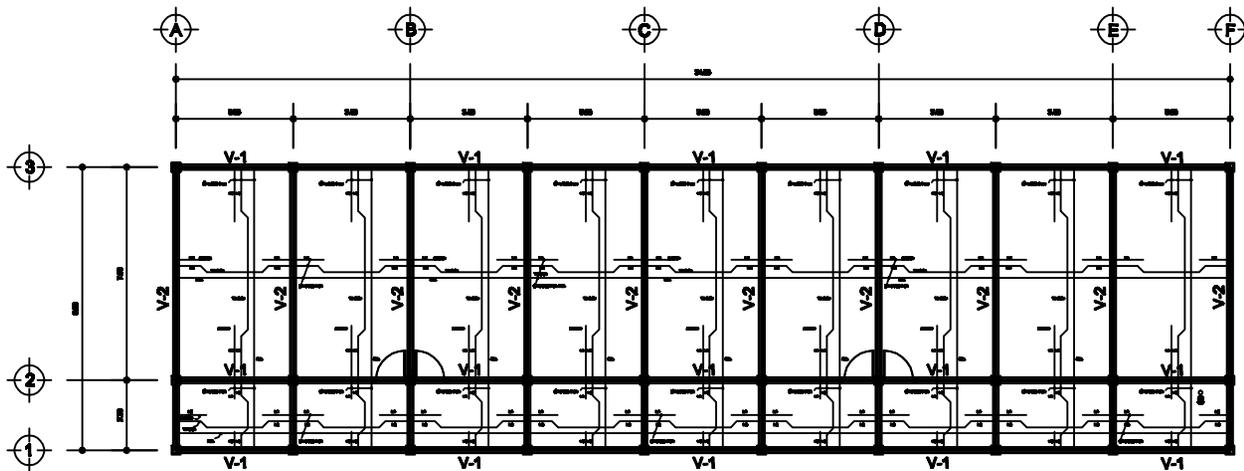
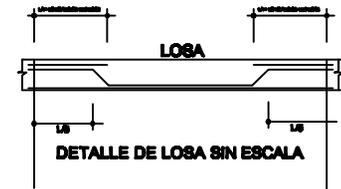
PLANTA ALTA - CIMIENTOS Y COLUMNAS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERADO	
TITULO: INGENIERO EN INGENIERIA	
CARRERA: INGENIERIA EN INGENIERIA	
CATEDRA: CIMIENTOS Y COLUMNAS	
FECHA: 20/05/2024	PROFESOR: [Signature]
ALUMNO: [Signature]	NOTA: 9/12

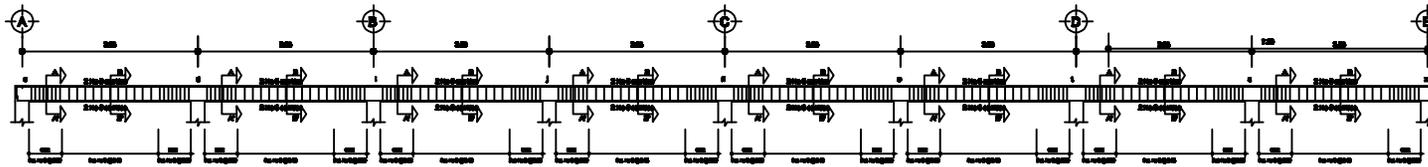


PLANTA BAJA - VIGAS Y LOSAS

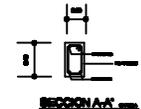


PLANTA ALTA - VIGAS Y LOSAS

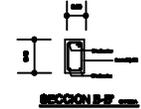
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<small>REGISTRO DE PROYECTOS DE OBRAS DE CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE LA OBRA</small> PROYECTO: PLANTA BAJA Y ALTA SUPERVISADO PLATA	
VIGAS Y LOSAS	
<small>PROYECTADO POR</small> <small>REVISADO POR</small> <small>ELABORADO POR</small>	<small>FECHA DE EMISION</small> <small>FECHA DE REVISION</small> <small>FECHA DE APROBACION</small>
<small>HOJA</small> 10 / 12	



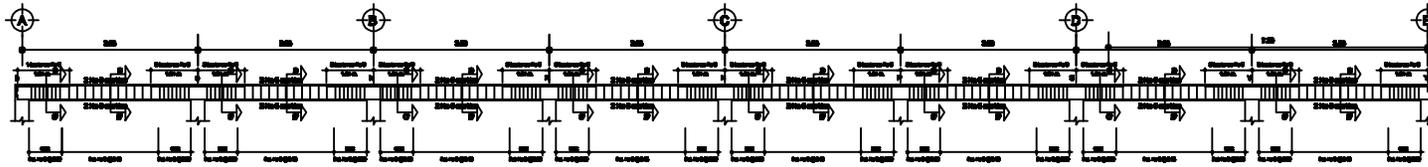
DETALLE DE VIGA 1



SECCION A-A



SECCION B-B



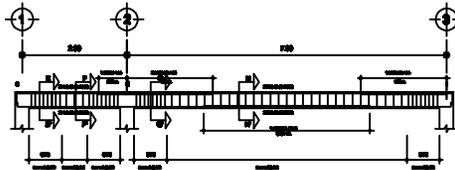
DETALLE DE VIGA 3



SECCION C-C



SECCION D-D



DETALLE DE VIGA 2



SECCION E-E



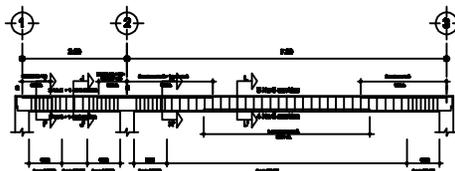
SECCION G-G



SECCION F-F



SECCION H-H



DETALLE DE VIGA 4



SECCION I-I



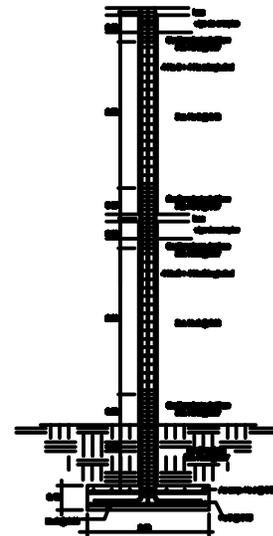
SECCION K-K



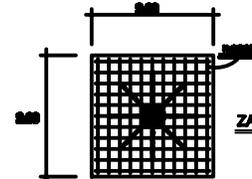
SECCION J-J



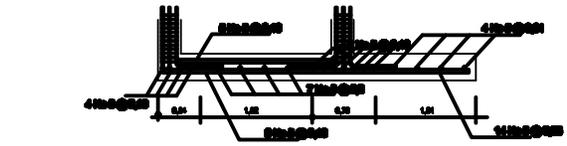
SECCION L-L



DETALLE DE ZAPATA Y COLUMNAS

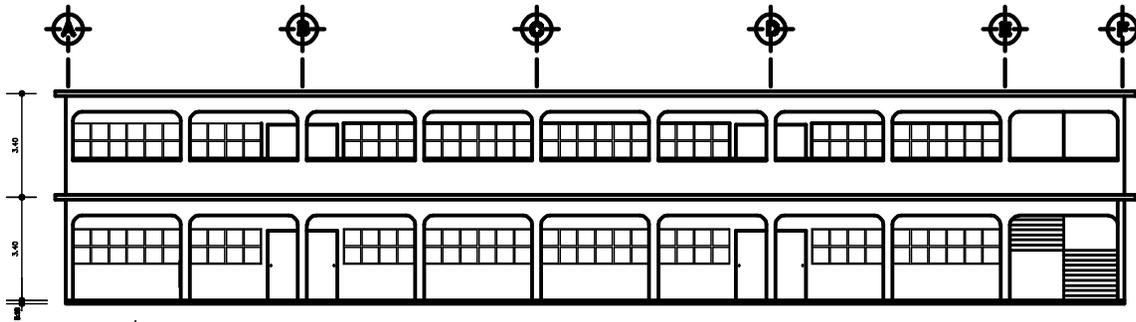


ZAPATA 1

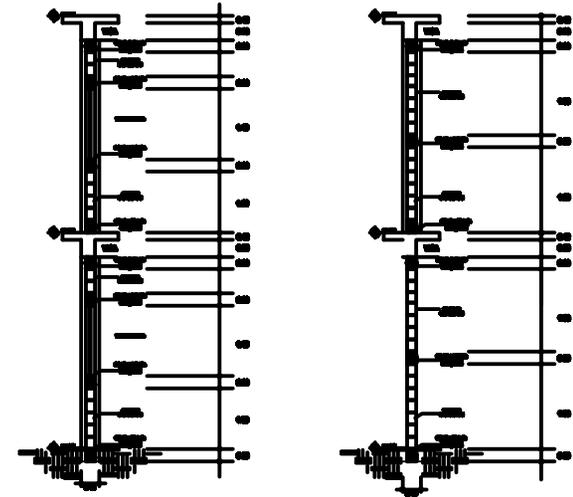


ZAPATA COMBINADA

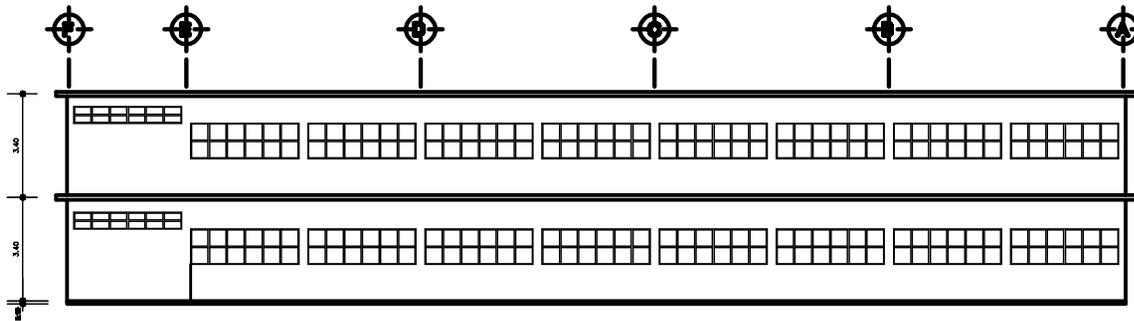
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
MATERIA DE ESTRUCTURAS	
TITULO DE TRABAJO	
FECHA	
PAGINA 11 DE 12	



ELEVACION FRONTAL



SECCIONES DE MUROS



ELEVACION POSTERIOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<small>REGULACIONES REGULAN EN 1990 INTERIORS PARA LA CONFORMA LEGISLACION</small> <small>REQUISITOS PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO</small>	
 ELEVACION Y SECCION DE MURO	
<small>PROFESOR</small> <small>INGENIERO VINCULO INGENIERIA CIVIL</small>	<small>FECHA</small> <small>12/12/2014</small>
<small>ALUMNO</small> <small>INGENIERO VINCULO INGENIERIA CIVIL</small>	<small>FECHA</small> <small>12/12/2014</small>
<small>HOJA</small> 12 / 12	