

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA ESCUELA PARA EDUCACIÓN PRIMARIA  
E INTRODUCCIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA  
LA BENDICIÓN DE DIOS II, ALDEA LA COMUNIDAD, MUNICIPIO DE MIXCO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
POR

**MARIANO ISAÍAS SOTO MIRANDA**

ASESORADO POR ING. MANUEL ARRIVILLAGA

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>VOCAL I</b>	-----
<b>VOCAL II</b>	Lic. Amahán Sanchez Alvarez
<b>VOCAL III</b>	Ing. Julio David Galicia Celada
<b>VOCAL IV</b>	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
<b>VOCAL V</b>	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
<b>SECRETARIO</b>	Inga. Marcia Ivonne Véliz

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Angel Roberto Sic García
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA ESCUELA PARA EDUCACIÓN PRIMARIA E INTRODUCCIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LA BENDICIÓN DE DIOS II, ALDEA LA COMUNIDAD, MUNICIPIO DE MIXCO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 01 de Junio de 2004.

Mariano Isaías Soto Miranda

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por darme las fuerzas necesarias, para llegar a alcanzar este logro. “ El señor es grande y muy digno de alabanza; su grandeza excede nuestro entendimiento Salmo 144, 3

### **A MIS PADRES**

Por brindarme apoyo incondicional , y orientarme en todo momento.

Moisés Isaías Soto Tul

Adilia Miranda de Soto

### **A MIS HERMANOS**

Heidy Paola Soto Miranda

Moisés Ivan Soto Miranda

Mynor Alejandro Soto Miranda

Henry Estuardo Soto Fuentes

### **A MIS AMIGOS**

Por su amistad y compañerismo en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios nuestro señor, por concederme una familia para poder valorar y disfrutar el don de la vida, a la Virgen María, por acompañarme desde la infancia brindándome ese ejemplo de obediencia y perseverancia, al Espíritu Santo por concederme la sabiduría y fortaleza necesaria en todo momento.

A mis padres, por ser el reflejo del amor de Dios, brindándome la confianza y seguridad necesarias a lo largo de mi vida. A mis hermanos mayores por brindarme buen ejemplo y compañerismo necesario. A mi hermano Mynor Alejandro, por ser la unión y alegría familiar, para que este logro sea un reto y pueda superarlo.

A mis amigo(a)s, por su compañerismo y amistad, para que a lo largo de la vida sigamos apoyandonos mutuamente.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y especialmente a la Facultad de Ingeniería, por permitirme ampliar mis horizontes y poder servir a la sociedad guatemalteca. A la Dirección de planificación y Diseño de la municipalidad de Mixco, por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Al Ing. Cesar Estrada Abril \* (Q.E.P.D.) por brindarme su apoyo y amistad incondicional.

A la Licda. Hilda Miranda y a la Dra. Claudia Sierra por brindarme apoyo y orientación en el momento oportuno.



# ÍNDICE GENERAL

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>X</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XII</b>
<b>1. MONOGRAFÍA DE MIXCO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Aspectos y situación geográfica.....	1
1.1.1 Aspectos climáticos.....	3
1.2 Marco Social. ....	3
1.2.1 Servicios.....	4
1.2.2 Agua.....	6
1.2.3 Vías de comunicación.....	9
1.2.4 Medios de comunicación.....	10
1.2.5 Saneamiento.....	10
1.2.6 Desechos líquidos.....	11

1.2.7 Desechos sólidos .....	12
1.3 Marco Económico	
1.3.1 Producción.....	12
1.3.2 Industria.....	13
<b>2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....</b>	<b>15</b>
2.1 Diseño de la edificación escolar .....	15
2.1.1 Datos preliminares.....	15
2.1.1.1 Antecedentes.....	15
2.1.1.2 Acerca del terreno.....	16
2.1.1.3 Espacios educativos .....	16
2.1.1.4 Estudio de Mecánica de Suelos.....	18
2.1.1.5 Sistema Estructural .....	20
2.1.2 Distribución Arquitectónica.....	21
2.1.2.1 Diseño preliminar del edificio .....	21
2.1.2.2 Predimensionamiento de elementos .....	22
2.1.2.2 Vigas.....	22
2.1.2.3 Columnas.....	24
2.1.3 Cargas aplicadas a marcos rígidos.....	26
2.1.3.1 Cálculo del corte basal.....	32
2.1.3.2 Fuerzas por marco .....	36
2.1.3.3 Fuerzas del marco por torsión.....	38

2.1.3.4	Integración de cargas.....	40
2.1.4	Análisis de marcos rígidos .....	43
2.1.4.1	Propiedades geométricas de elementos.....	45
2.1.4.2	Envolvente de momentos .....	47
2.1.4.3	Balance de momentos .....	51
2.1.4.4	Diseño de vigas .....	52
2.1.4.5	Diseño de voladizo.....	57
2.1.4.6	Diseño de columnas.....	58
2.1.4.6.1	Ductilidad en columnas .....	59
2.1.4.7	Diseño de cimentación.....	60
2.1.4.8	Diseño de cubierta de techo.....	66
2.1.5.1	Diseño de muros sentido Y.....	68
2.1.5.2	Diseño de muros sentido X.....	72
2.2	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario.....	74
2.2.1	Consideraciones generales .....	74
2.2.2	Clasificación de sistemas de alcantarillado.....	75
2.2.3	Topografía del sector .....	76
2.2.4	Parámetros de diseño .....	77
2.2.4.1	Población futura .....	77
2.2.5	Selección de ruta .....	78
2.2.6	Pozos de visita .....	79
2.2.6.1	Ubicación de pozos de visita .....	81

2.2.7 Conexiones domiciliarias.....	81
2.2.8 Caudal de diseño .....	83
2.2.9 Criterios para el diseño hidráulico.....	84
2.2.10 Ventajas de la tubería P.V.C.....	85
2.2.11 Cálculo hidráulico .....	86
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>92</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1 Población total según el parentesco y/o relación con el jefe del hogar .....	3
2 Población económicamente activa de 7 años y más de edad .....	4
3 Población que asistió a un establecimiento educativo .....	5
4 Tipo de servicio de agua disponible actualmente.....	7
5 Disponibilidad de servicio de agua .....	8
6 Tipo de alumbrado disponible regularmente .....	8
7 Tipo de servicio sanitario disponible actualmente.....	11
8 Forma en que se elimina regularmente la basura.....	12
9 Localización de pozos a cielo abierto.....	19
10 Distribución de módulos dentro del terreno.....	20
11 Planta del edificio escolar (módulo A ).....	23
12 Marcos adyacentes .....	25
13 Fuerzas por nivel (Marco X-X, módulo A).....	36
14 Diagrama de cargas (Marco X-X, Marco B).....	39
15 Diagrama de cargas Marco Y (Módulo A ).....	43
16 Sección Típica de Vigas y Columnas .....	44
17 Momentos producidos por carga muerta Sentido Y.....	45
18 Momentos producidos por carga viva Sentido Y.....	45

19 Momentos producidos por carga de sismo sentido Y.....	46
20 Envolvente de momentos sentido Y.....	47
21 Diagrama de Cortes Sentido Y .....	47
22 Marco Típico Sentido X .....	48
23 Diagrama de momentos Sentido X.....	49
24 Diagrama de cortes Sentido X.....	49
25 Armado de Zapata ( módulo A).....	65
26 Diseño de cubierta de techo.....	66
27 Diseño de muros Sentido Y.....	69
28 Detalle de refuerzo vertical y horizontal.....	73
29 Pozo de visita típico .....	80
30 Detalle de Conexión Domiciliar .....	82
31 Planta de Conexión Domiciliar .....	82

## **INDICE DE TABLAS**

1. Capacidad de alumnos por aula.....	17
2. Área por alumno, para aula teórica .....	17
3. Áreas de terreno, recomendadas para escuelas de primaria .....	17

## LISTA DE SIMBOLOS

<b>o ' "</b>	Grados minutos y segundos
<b>FCU</b>	Factor de carga última
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>F'c</b>	Resistencia a la compresión del concreto
<b>ACI</b>	American Concrete Institute
<b>Ag</b>	Área gruesa de la columna
<b>T</b>	Período de oscilación de la estructura
<b>K</b>	Ecuación de rigidez de cierto elemento
<b>Cm</b>	Carga muerta
<b>Cv</b>	Carga viva
<b>Ton</b>	Toneladas
<b>As</b>	Área de acero
<b>Fy</b>	Resistencia a la tracción del acero
<b>Mu</b>	Momento último
<b>Kips</b>	Equivalente a mil libras
<b>b</b>	Base de viga
<b>d</b>	Peralte o altura de viga
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo

## GLOSARIO

<b>Alcantarillado</b>	Sistema de tuberías y obras accesorias que permiten la evacuación segura de aguas servidas o pluviales.
<b>Carga muerta</b>	Carga estática, que permanece todo el tiempo sobre la estructura.
<b>Carga viva</b>	Carga de servicio aplicada sobre la estructura, puede ser puntual o distribuida.
<b>Caudal</b>	Relación de flujo de agua / unidad de tiempo.
<b>Colector principal</b>	Tubería diseñada que conduce aguas servidas o pluviales.
<b>Conexión domiciliar</b>	Conexión que permite descargar las aguas provenientes de las casas y conducir las al colector principal.
<b>Deflexión</b>	Se refiere al cambio de posición que sufre el eje centroidal de cierto elemento al ser sometido a una fuerza; por lo regular se mide en milímetros o centímetros.

<b>Envolvente de momentos</b>	Es el conjunto de los momentos máximos y mínimos al que es sometido, cierto miembro debido a la aplicación de ciertas fuerzas.
<b>Estructura</b>	Conjunto de elementos verticales y horizontales que se diseñan para soportar fuerzas sobre ellos, siguiendo en su estado inicial.
<b>Momento</b>	Término utilizado en Ingeniería, que se refiere al esfuerzo ( fuerza x distancia), al que es sometido uno o varios miembros de cierta estructura.
<b>Pendiente</b>	Término expresado en porcentaje que indica la inclinación de tubería o terreno.
<b>Pozo de visita</b>	Parte del sistema de alcantarillado que permite la inspección o limpieza del colector principal.
<b>Topografía</b>	Conjunto de técnicas utilizadas en ingeniería que permite la medición de superficies, asimismo permite la medición de desniveles entre una superficie y otra.



# 1. MONOGRAFÍA DE MIXCO

## 1.1. Aspectos y situación geográfica

Mixco es un municipio del departamento de Guatemala ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital y asentado en la cordillera principal de la zona de influencia urbana de la capital.

### Límites

Norte: San Pedro Sacatepéquez

Este: Chinautla y Guatemala

Sur: Villa Nueva

Oeste: San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez

### Coordenadas cartesianas

Latitud 14°37'46" Norte.

Longitud 90°36'24" Oeste del meridiano de Greenwich.

### Extensión territorial

Su extensión territorial es de 90 km<sup>2</sup> de los cuales 45.6 km<sup>2</sup> que equivalen al 45.7%, se encuentran dentro del área de la cuenca del lago de Amatitlán.

## Accidentes orográficos

La villa de Mixco posee una sierra y 12 cerros, casi todos cultivables. Desde estas alturas pueden contemplarse sus pintorescos alrededores, para formar un esplendoroso conjunto entre el ámbito urbano y el natural.

Sierra: de Mixco.

Cerros: Alux, de Dávila, Del Aguacate, El Campanero, El Cuco, El Naranja, El Pizote, La Comunidad, Lo de Fuentes, San Miguel, San Rafael y Yumar.

Barranco: El Arenal.

Aspectos hidrográficos: de las Limas, El Zapote, Guacamaya, La Brigada, Mansilla, Mariscal, Molino, Naranjito, Pansalic, Salaya, Seco, Tzalja, Yumar y Zapote.

Riachuelo: Tempiscal.

Zanjón: el Arenal de Campanero y los Gavilanes.

Quebradas: del Aguacate, el Arenal, Pansiguir y Suncin.

Aspectos topográficos: Mixco muestra una topografía quebrada en un 75% de su extensión. El terreno plano que lo constituye un 25% se ubica en el Este del municipio. La Cabecera municipal está asentada en un terreno sinuoso, que inicia en la bifurcación de la ruta asfaltada CA-1 y termina con un nivel demasiado pronunciado en las faldas del Cerro Alux.

### 1.1.1. Aspectos climáticos

Elevación y precipitación pluvial: la cabecera municipal se encuentra a 1730 msnm y tiene precipitación pluvial anual de 1000 mm.

Temperatura y humedad: la temperatura es de 20° centígrados (promedio anual) y un porcentaje de humedad del 55%.

Clima: templado.

### 1.2. Marco social

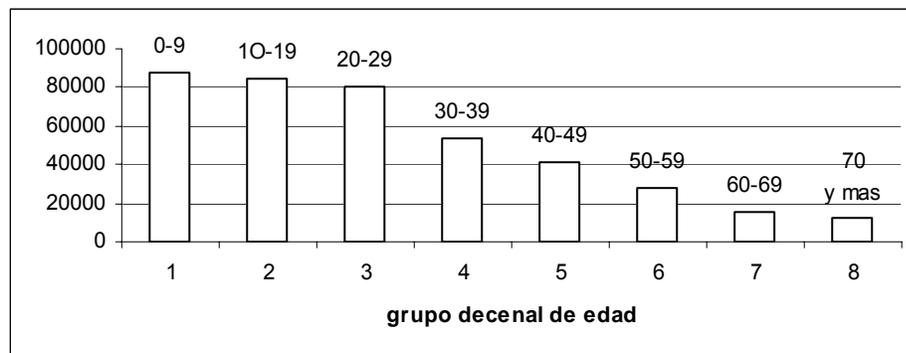
#### a. Población

De acuerdo con datos proporcionados por el INE, la población asciende a 403,172 personas, de las cuales, el 75% vive en la cuenca.

#### b. Densidad de la población.

La densidad de población del municipio de Mixco es de 4,073 habitantes por km<sup>2</sup>; es el municipio con mayor concentración de población después de la ciudad capital.

**Figura 1. Población total según el parentesco y/o relación con el jefe(a) del hogar**

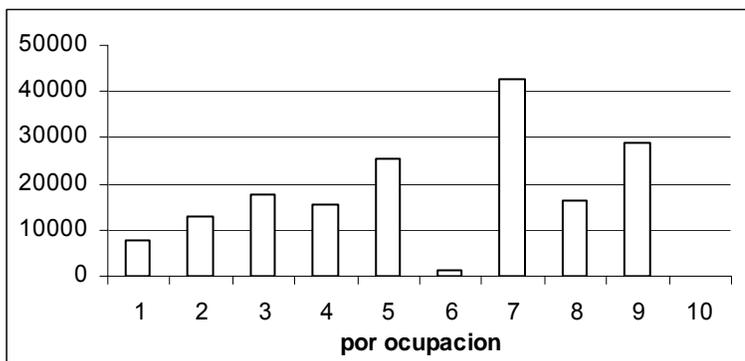


Fuente: INE censo de población 2002

## Población económicamente activa

La población a partir de los 7 años de edad se considera económicamente activa -PEA- y se divide entre ocupada y desocupada

**Figura 2. Población económicamente activa de 7 años y más de edad**



Fuente: INE censo de población 2002

### 1.2.1. Servicios

De acuerdo con la cantidad de servicios que posea un municipio, éstos inciden en la calidad de vida y bienestar familiar de sus habitantes. Sobre esta base se determina su relación con el medio ambiente y su responsabilidad en su deterioro.

#### a. Correos y telégrafos

La primera oficina de telégrafos fue creada mediante acuerdo gubernativo del 23 de abril de 1901. El 23 de diciembre de 1916 se crea la oficina de correo y es hasta el 23 de junio de 1949 cuando se abre la oficina de correos y telégrafos que actualmente labora en una oficina de tercera categoría.

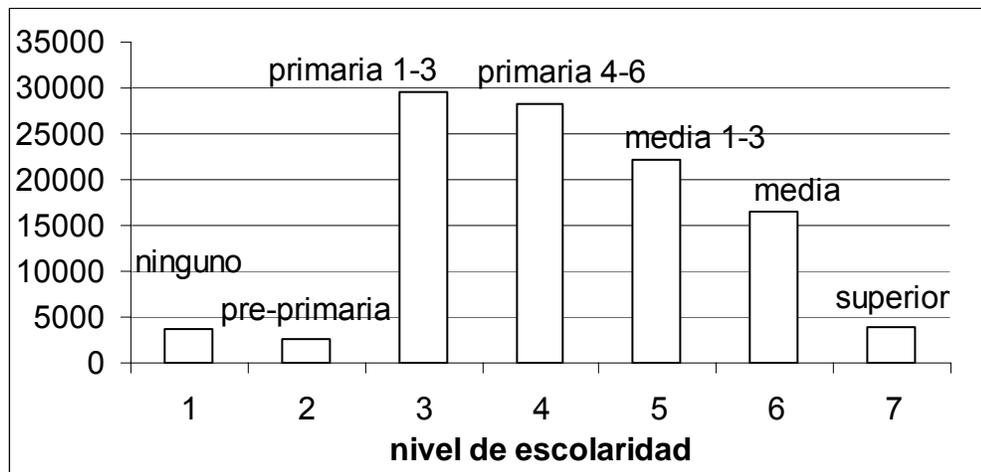
b. Salud

Población discapacitada

Física	1526
Sensorial	635
Mental	42
Total discapacitados	2203
Total poblacional	403,172

c. Educación

**Figura 3. Población que asistió a un establecimiento educativo por nivel de escolaridad**



Fuente: INE censo de población 2002

La figura 3 muestra el grado de escolaridad de la población, en la cual se identifica fácilmente que un alto número de pobladores, cuenta con educación primaria, seguida de la educación media y superior con profesionales en distintas ramas.

En la gráfica anterior se puede apreciar que un alto porcentaje de la población escolar se encuentra en el nivel primario, reduciéndose el porcentaje en el nivel medio y mucho más en el nivel superior. Esto se debe a la necesidad que tienen los jóvenes de contribuir al ingreso económico de sus familias, olvidando sus estudios y dedicándose a la agricultura o a la fabricación de alguna artesanía.

Es urgente que la educación motive de manera curricular y extracurricular la creatividad y curiosidad por conocer nuestro medio para alcanzar una meta común: proteger los recursos naturales, fomentando el respeto a la naturaleza, valor que puede ser inculcado en la población mediante actividades vivenciales y utilizando la metodología adecuada.

### **1.2.2. Agua**

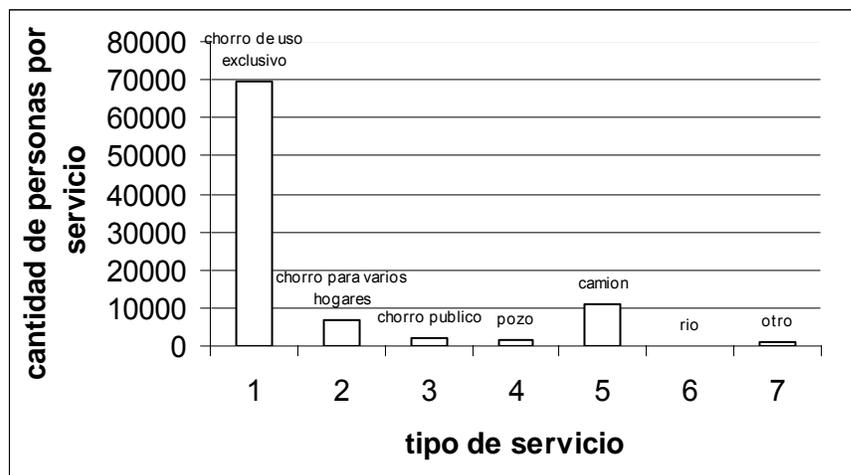
El agua que surte a la población proviene de tres acueductos: el Manzanillo, San Miguel y San Jerónimo, además de 63 pozos de extracción de agua subterránea.

En la cuenca, el 17.7% de los hogares no cuentan con el servicio de agua potable. Mixco tiene un déficit del vital líquido del 14.9% en los hogares. La dotación de agua potable sin tratamiento es de 0.287 m<sup>3</sup> / seg. estimando 150 lts/hab/día, con un déficit de 0.12 m<sup>3</sup>/seg.

En la cuenca el 98% de agua se distribuye por medio de pozos con un volumen 1.0878 m<sup>3</sup>/seg. extrayéndose al año para abastecer los domicilios 50,441,832 m<sup>3</sup>/seg. De los cuales 34,304,860, m<sup>3</sup> /seg. equivalentes al 68% se consumen en la cuenca y el resto en la ciudad capital.

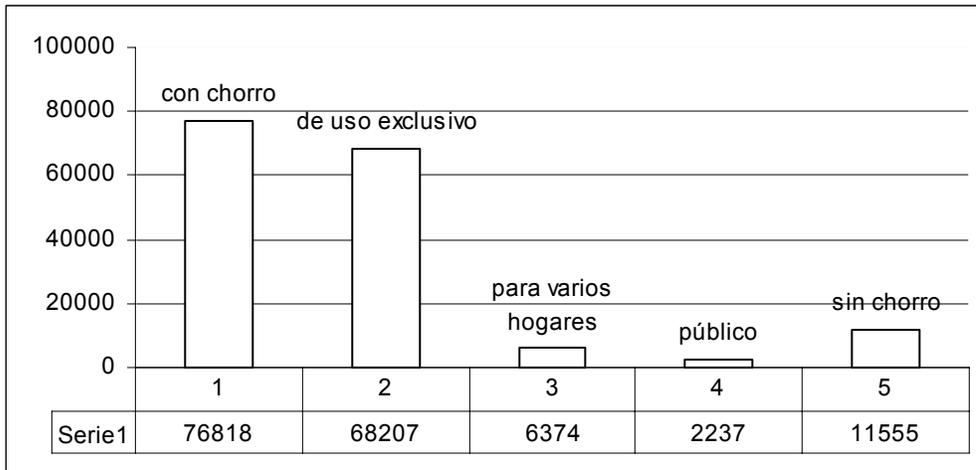
En 1976 se estimaba que la disponibilidad de agua subterránea en el área era de 111 millones de m<sup>3</sup>, con una recarga estimada en 57,500,00 m<sup>3</sup>/año. Actualmente se ha visto reducida a 24 millones de m<sup>3</sup> año, debido al proceso acelerado de urbanización no planificada y al proceso de deforestación.

**Figura 4. Tipo de servicio de agua disponible actualmente**



Fuente: INE censo de población 2002

**Figura 5. Disponibilidad de servicio de agua por tubería**

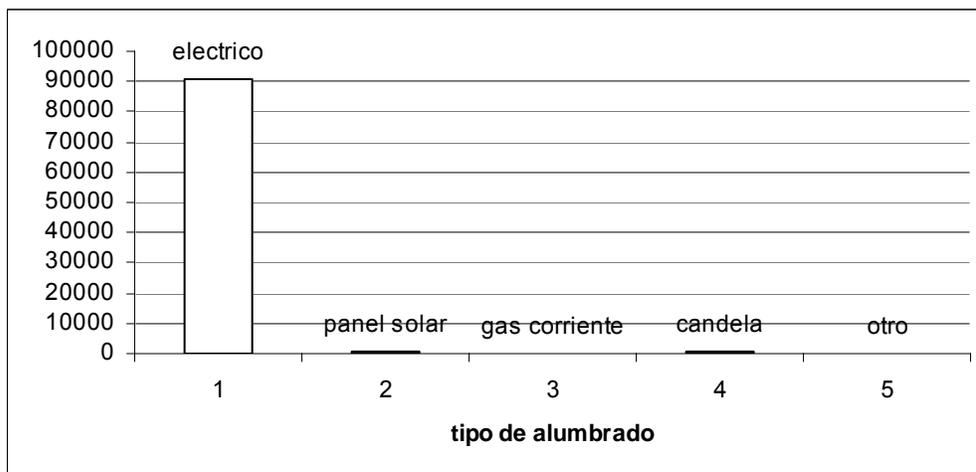


Fuente: INE censo de población 2002

**Energéticos**

Con relación a los servicios con que cuenta el municipio de Mixco, de acuerdo con la información proporcionada por el último censo de población, se obtuvieron los siguientes datos.

**Figura 6. Tipo de alumbrado disponible regularmente**



Fuente: INE censo de población 2002

## Telecomunicaciones

El 24 de julio de 1972 se inauguró y se puso en servicio la planta telefónica enlazada al sistema telefónico automático. En 1973 se inauguró una central telefónica así como un conmutador manual.

### **1.2.3. Vías de comunicación**

La cabecera municipal está adoquinada y asfaltada. En las aldeas, las calles son de terracería y muchas colonias están asfaltadas, haciendo un promedio del 50% de sus vías con algún tipo de pavimento. El acceso a la población desde la ciudad está totalmente asfaltado y transitable.

Unidad de bomberos: posee una estación a cargo de los Bomberos Voluntarios, que cuenta con 15 elementos para atender las emergencias de la población.

Existe una estación de la Policía Nacional Civil ubicada en la cabecera municipal, y alrededor de 15 estaciones distribuidas en las distintas comunidades que conforman el municipio.

Transporte: el servicio de transporte es urbano y extraurbano. Cuenta con varias empresas de buses entre las cuales figuran: Eureka, Unibus, La Morena, que prestan el servicio a la población con unidades de buses y microbuses para todas las colonias vecinas y la ciudad capital.

#### **1.2.4. Medios de comunicación**

Escrita: Llegan a la cabecera municipal cinco diarios capitalinos y circulan dos diarios locales.

Hablada: cuenta con cuatro estaciones de radio con emisoras locales. Además, se recibe la señal de todas las estaciones de la ciudad capital.

Canales de televisión: se recibe la señal de la red de canales de televisión capitalinos y una variedad de canales distribuidos por la red de cable local.

Mercados municipales: Mixco cuenta con cuatro mercados debidamente instalados.

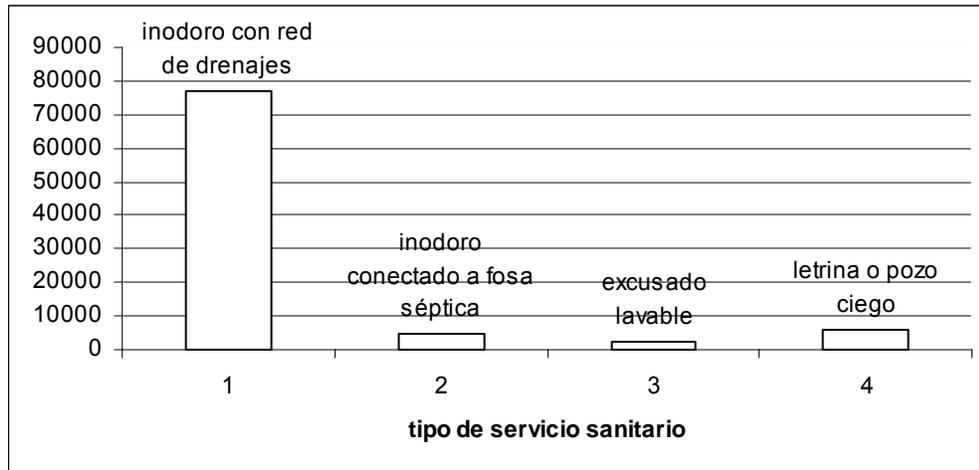
Bancos del sistema: en el centro de la cabecera municipal se encuentran 10 agencias bancarias, encontrándose 30 agencias más distribuidas en las 11 zonas que conforman el municipio.

Cementerios: posee seis cementerios, siendo ellos Cementerios Las Flores, del Hermano Pedro, el de la cabecera Municipal, de las Aldeas Sacoj Grande y Chiquito, El Cementerio Particular Cefas.

#### **1.2.5. Saneamiento**

Los hogares sin servicio sanitario implican un factor negativo dentro del bienestar de la familia, al mismo tiempo que definen un alto nivel en la contaminación del medio ambiente. La información relativa a este municipio indica lo siguiente

**Figura 7. Tipo de servicio sanitario disponible actualmente**



Fuente: INE censo de población 2002

Una gran cantidad de nuevas urbanizaciones están autorizadas para disponer de sus aguas sanitarias o domésticas en fosas sépticas y pozos de absorción. Además, existen tres plantas de tratamiento biológicas de orden primario, de las cuales dos están en funcionamiento (Peronia y Hamburgo) , pero en forma deficiente y una abandonada en Balcones de San Cristóbal.

### 1.2.6. Desechos líquidos

Dentro de la información obtenida, se ha establecido que este municipio dispone de la red de drenajes como un servicio a la población, pero no todos los hogares tienen conectados sus drenajes internos a la red municipal. Es de señalar sin embargo, que aunque los drenajes son una necesidad para los habitantes, tanto en el seno de su hogar como en su vecindario, ya que se evitan los desagües a flor de tierra, los malos olores y la crianza de vectores causantes de enfermedades, para la cuenca del lago de Amatitlán y sus

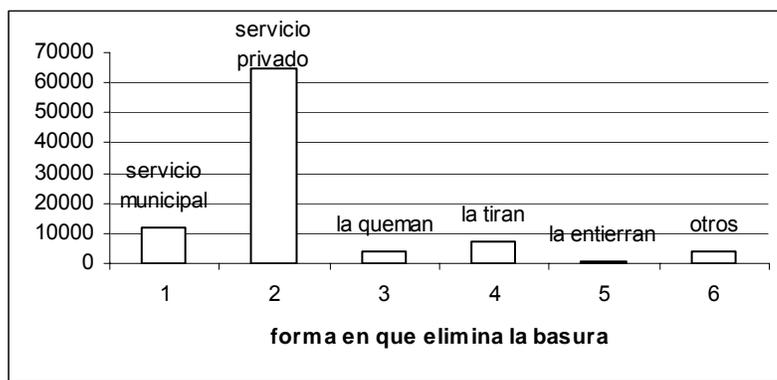
afluentes, resulta ser igualmente dañina la existencia o no de drenajes, ya que desembocan en los ríos tributarios al lago.

### 1.2.7. Desechos sólidos

No todos los municipios de Mixco que conforman la cuenca del lago de Amatitlán cuentan con un servicio de recolección de basura.

En Mixco, según el último censo, se muestran los siguientes datos.

**Figura 8. Forma en que se elimina regularmente la basura**



Fuente: INE censo de población 2002

## 1.3. Marco económico

### 1.3.1. Producción

La venta de vasos, cántaros tinajas, platones y trastos de cerámica pintada y barnizada constituye la base del comercio mixqueño, así como la fabricación de jabón, licor y pieles.

### **1.3.2. Industria**

Mixco cuenta con un total de 41 industrias de diferentes tipos de producción, entre las que figuran 6 de textiles, 4 de plásticos, 2 de yeso, 6 de alimentos, 2 de metálica y 21 químicas, entre otras.

Estas actividades proporcionan bienestar desde el punto de vista de ubicación, independencia e integración familiar.

Dentro de las variables de mayor impacto en el bienestar de la familia se tienen las fuentes de contaminación ambiental y las fuentes de trabajo, que generan una situación de confrontación, ya que por un lado, los ingresos provenientes del trabajo en la industria generalmente son más elevados que en otros sectores, lo que incrementa el nivel de satisfacción de las necesidades. Mientras que, por el otro, el grado de participación en el mejoramiento del sistema ecológico se da sólo en sectores organizados, con una posición económico-social aceptable y preocupados por su conservación.

Tal situación sólo puede medirse en términos de mayor beneficio, en este caso es, ¿cuántos habitantes se benefician con las fuentes de trabajo? y ¿cuántos habitantes resultan afectados por la contaminación del ambiente?

Las fuentes de trabajo (industria y comercio) tienen un gran valor dentro del modelo de bienestar de las familias, cuando éstas no provocan daños a la salud entre los habitantes que viven alrededor.



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

### **2.1 Diseño de la edificación escolar para nivel primario**

#### **2.1.1 Datos preliminares**

El proyecto se encuentra a un costado izquierdo de la ruta Interamericana (CA-1), a la altura del kilómetro 18.5, y a 6 kilómetros de la Villa de Mixco. (ver mapa de localización)

##### **2.1.1.1 Antecedentes**

La colonia “La Bendición de Dios II”, está ubicada en la zona 10 de Mixco, y pertenece a la Aldea La Comunidad. Está constituida: por lotes vendidos con proyección social, y sus inicios datan de 6 años atrás. En este sector funciona una escuela de nivel primario que alberga a niños de párvulos hasta sexto primaria. Debido a su ubicación, y ante la falta de más centros educativos públicos, en la escuela (denominada “Escuela Ordinaria Rural Mixta “Bendición de Dios”) se atienden a niños provenientes de colonias cercanas (Colonia La Alborada, Sector Las Brisas, San José Buena Vista, entre otras), con el tiempo se ha ido incrementando la demanda de un mayor cupo de alumnos.

Ante la limitación de recursos, los padres de familia en un inicio construyeron los salones con láminas y parales, sin embargo, las instalaciones no son adecuadas para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **2.1.1.2 Acerca del terreno**

El terreno donde se proyecta construir el edificio escolar pertenece a los vecinos de esta colonia y fue destinado desde un inicio al funcionamiento de instalaciones escolares. Se encuentra ubicado entre la 30 Calle C y la 5ª avenida, de la zona 10 de Mixco. El área del terreno es de 983.75 m<sup>2</sup> (según levantamiento topográfico realizado) ; es relativamente plano y el tipo de suelo es arcilla limosa (según estudio de suelos).

### **2.1.1.3 Espacios educativos**

El espacio educativo está constituido básicamente, por una serie de espacios (módulo de aulas y de recreación) destinados al proceso de enseñanza-aprendizaje, el cual se desarrolla mediante actividades relacionadas con el desarrollo integral del educando, entre las cuales figuran el aspecto socio emocional, psicomotor, y utilización del raciocinio en actividades creadoras. El aspecto pedagógico requiere la aplicación de diversas técnicas educativas y espacios que permitan al alumno suficiente capacidad visual, auditiva y de confort.

Los espacios o aulas que mejor se adaptan son los de forma rectangular, tanto por la distribución de pupitres y muebles, como por la capacidad visual que brinda al alumno. Es preferible que la proporción ancho-largo, no exceda de una relación de 1:1.5

**Tabla I. Capacidad de alumnos por aula**

NIVEL	CAPACIDAD	
	Óptima	Máxima
Preprimario	25	30
Primario	30	40

**Fuente: Morales Brenda Patricia. Criterios normativos de diseño para edificios escolares. Tesis Arquitectura. Facultad de Arquitectura. Guatemala. p. 52**

**Tabla II. Área por alumno para aula teórica**

NIVEL	AREA	
	Óptima	Mínima
Preprimario	2.40	2.00
Primario	1.5	1.25

**Fuente: Morales Brenda Patricia. Criterios Normativos de diseño para edificios escolares. Tesis Arquitectura. Facultad de Arquitectura. Guatemala. p. 52**

**Tabla III. Áreas de terreno, recomendadas para escuelas de primaria.**

<i>Cantidad de alumnos</i>	<i>Superficie del terreno</i> ( m ^ 2 )	<i>Area por alumno</i> ( m ^ 2 )	<i>Lado mínimo del terreno</i> (m)
30	1000	33 m <sup>2</sup> / alumno	25
45	1200	27 m <sup>2</sup> / alumno	25
80	2000	25 m <sup>2</sup> / alumno	30
120	3000	25 m <sup>2</sup> / alumno	30
160	4000	25 m <sup>2</sup> / alumno	40
240	5000	21 m <sup>2</sup> / alumno	40
480	8000	17 m <sup>2</sup> / alumno	40

**Fuente: Morales Brenda Patricia. Criterios Normativos de diseño para edificios escolares. Tesis Arquitectura. Facultad de Arquitectura. Guatemala. p. 52**

Respecto de la “Escuela Ordinaria Rural Mixta Bendición de Dios” –en adelante denominada “La Escuela”- atiende a un promedio a 210 alumnos, distribuidos en 6 grados de primaria y uno de pre-primaria. Cada aula alberga en promedio a 30 alumnos. Es necesario hacer mención, que según la Tabla III, -Áreas recomendadas para escuelas de primaria- la superficie de terreno tendría que ser de 4,500 m<sup>2</sup>, en función del número de alumnos que atiende, para el presente caso 210 alumnos. Sin embargo, ante la falta de terrenos disponibles, para la construcción de la escuela, se propone el diseño de un edificio escolar de dos niveles, que permita albergar en aulas más cómodas y seguras a los alumnos.

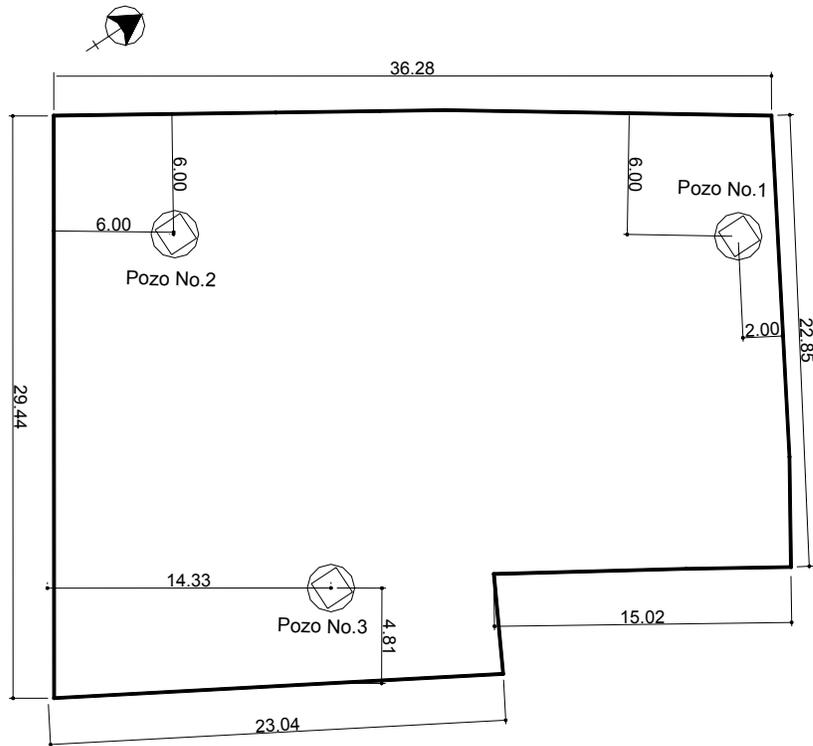
Para el diseño de las aulas y sus dimensiones, se tomará el siguiente criterio: 35 alumnos por aula y 1.50 m<sup>2</sup>/alumno. Por lo tanto 35 alumnos x 1.50 m<sup>2</sup>/ alumno, resulta un área de 52.5 m<sup>2</sup>, se tomará un área de 54 m<sup>2</sup>.

Atendiendo a la forma rectangular de las aulas, se proponen aulas de 6 metros de ancho por 9 metros de largo, que guardan una relación de 1:1.5, por lo tanto es aceptable.

#### **2.1.1.4 Estudio de mecánica de suelos**

Dentro del terreno se excavaron 3 pozos a cielo abierto (ver figura 9), con el objeto de obtener muestras de suelo, a una profundidad de 1.75 metros, cabe mencionar que en el Pozo No.1, se encontró material de relleno, hasta una profundidad de 1.00 metro, mientras que en el Pozo No.2 y Pozo No. 3, se encontró suelo uniforme, distribuido en distintas capas.

**Figura 9. Localización de pozos a cielo abierto**



**Fuente: Elaboración propia, Autocad 2002.**

Para la toma de muestras solamente se utilizó suelo proveniente del Pozo No.2 y Pozo No.3; a continuación se describe la distribución de las distintas capas de suelo en sendos pozos, profundidades a partir del nivel de terreno natural.

**Tabla IV. Descripción del suelo hecha en campo**

Pozo No.3	
<b>Profundidad</b>	<b>Material</b>
0.20 metros	Material selecto
0.80 metros	Arcilla color café
1.90 metros	Arcilla limosa, color café oscuro, origen inorgánico

**Tabla V. Descripción del suelo hecha en campo**

Pozo No.2	
Profundidad	Material
0.20 metros	Capa de origen orgánico
1.35 metros	Arcilla color café pardo
1.75 metros	Arcilla limosa, color café oscuro, origen inorgánico

Para la toma de muestras se excavaron pozos a cielo abierto, de 1.50 x 1.50 metros, se extrajeron cubos de suelo de 1 pie cúbico aproximadamente, luego se cubrió con parafina, para su análisis en el laboratorio del CII, los resultados pueden verse en los anexos.

**a) Profundidad mínima de cimentación**

<b>Características del suelo</b>		$qd$	0.4754122 <i>Desplante</i>  1.6 <i>Código de seguridad</i> <b>0.76065952</b> <i>Prof. Mínima en metros</i>
Valor soporte	24 Ton/m <sup>2</sup>		
peso específico	1.9 Ton/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$	
Angulo de fricción	$\varphi$ 13.86		
Expresión a utilizar	$df = \frac{0.10 * qd}{\gamma_s} [\tan^4(45 - \varphi / 2)] *$		

Puede observarse que la profundidad mínima de cimentación es de 0.76 metros, sin embargo se propone que la cimentación tenga una profundidad de 0.80 metros.

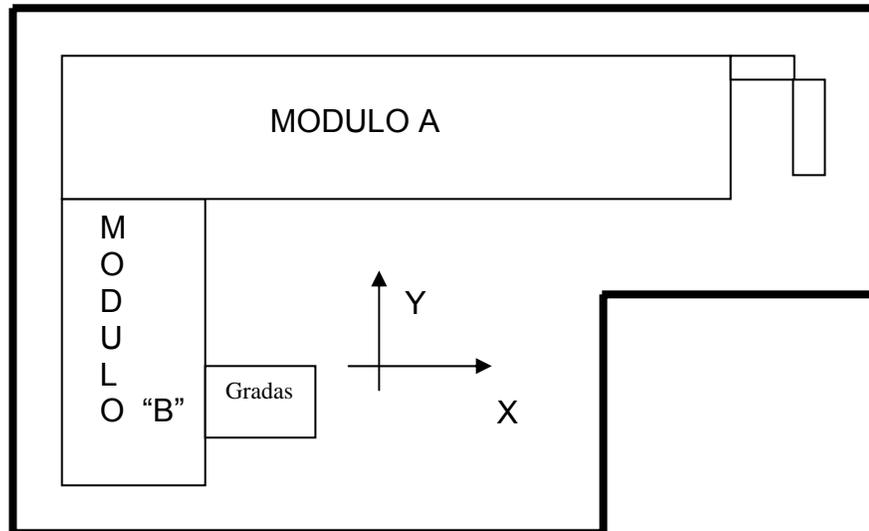
**2.1.1.5 Sistema estructural**

Teniendo en cuenta la forma del terreno, y la cantidad de aulas por nivel, se propone el diseño de dos módulos de aulas (módulo A y B), de tal forma que actúen como estructuras distintas, separados por una junta de dilatación, el diseño estructural será combinado, marcos rígidos y mampostería reforzada para los muros en sentido y-y.

---

\* Fuente: *Mécanica de Suelos y Cimentaciones*, Carlos Crespo, Pag. 271

**Figura 10. Distribución de módulos dentro del terreno**



### **2.1.2 Distribución arquitectónica**

El proyecto consiste en el diseño de dos módulos de aulas de dos niveles cada uno, con cubierta de techo de lámina, sus respectivos módulos de gradas; en el módulo A, se proponen 3 aulas por nivel, y en el módulo B, los servicios sanitarios, junto a un aula más. (Ver anexos, Planta arquitectónica), es necesario notar que tanto la dirección como la cocina, son módulos existentes, por lo que el diseño consistirá únicamente en la obra civil de las aulas y gradas.

#### **2.1.2.1 Diseño preliminar del edificio**

El módulo A tendrá una longitud de 29.70 metros por 7.75 metros de ancho, y el módulo B tendrá una longitud de 24.90 metros por 7.75 metros de ancho. El ancho de los módulos está distribuido de la siguiente forma: 6 metros de ancho de aula + 1.50 de pasillo, medido a rostros interiores.

Cada módulo tendrá 2 niveles, la altura de piso a cielo será de 3.00 metros; en el segundo nivel la cubierta de techo será a 2 aguas, la estructura del techo lo constituirá, lámina troquelada y perfil de costaneras (tendales y costaneras, según diseño). Asimismo, la losa de entre piso del primer nivel será semi-prefabricada, constituida por vigueta y bovedilla (tipo Monolit)+ la capa de concreto que se le agregue.

El pasillo del segundo nivel será armado tradicionalmente y tendrá un ancho de 1.50 metros + muro de baranda; este pasillo funcionará estructuralmente como un voladizo.

El sentido X se analizará por marcos rígidos, por lo que los muros en este sentido funcionarán como tabiques, mientras que los muros en sentido Y, funcionaran como muros de carga; el block a utilizar en los tabiques, será de 15 x 20 x 40 cms liviano, tipo pómez, mientras que los muros de carga, serán de 19 x 19 x 39 cms, de 50 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión. Tanto el cimiento corrido, como las zapatas, tendrán una profundidad de cimentación de 0.80 metros.

#### **2.1.2.2 Predimensionamiento de elementos estructurales**

Esta fase consiste en estimar secciones preliminares de vigas y columnas, con base en requerimientos de ACI, alternativamente pueden utilizarse expresiones prácticas utilizadas en nuestro medio.

### 2.1.2.2 Vigas

Para dimensionar las vigas se utilizará el siguiente criterio: ocho centímetros de peralte por cada metro de luz entre apoyos, siempre y cuando la distancia entre apoyos, no sea mayor de 7 metros por lo tanto:

$$\text{Vigas sentido } x = 4.65 \times 0.08 = 0.37 \text{ mts}$$

$$\text{Vigas sentido } y = 6.15 \times 0.08 = 0.49 \text{ mts}$$

$$\text{Peralte de voladizo} = \text{Luz voladizo} / 10 = 1.50 / 10 = 0.15 \text{ mts}$$

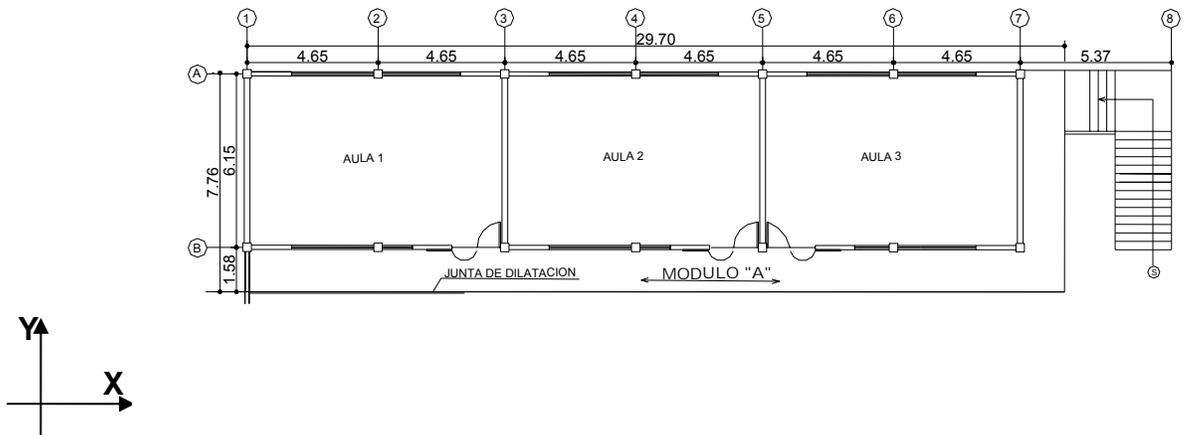
$$\text{Base de la viga} = 0.50 \times \text{peralte de la viga}$$

Por lo tanto, se propone la siguiente sección de vigas:

Nivel	Sentido	Ancho	Peralte
1	x	0.20	0.40
1	y	0.30	0.50
2	x	0.20	0.40
2	y	0.20	0.40

\* (Solera de corona)

**Figura 11. Planta del edificio escolar (módulo A)**



### 2.1.2.3 Columnas

Se utilizará la siguiente expresión dada en el código ACI, sección 8.3.3:

$$P = 0.80 (0.225 f'c Ag + Fy As).$$

Donde P= Carga proveniente de entresijos, estimada en función de áreas tributarias, dada en (kg)

As= Es el área de acero estimada, varía entre 1% y 8% del área gruesa de la columna. Ag= área gruesa de la columna, a la carga estimada, se le afectará por un factor de carga última (FCU), para efectos de seguridad.

Es necesario observar que la losa de entre piso situada en las aulas, será pre-fabricada, mientras que el pasillo, será armado tradicionalmente, por lo tanto, la estimación de P= (peso de losa kg/m<sup>2</sup>) \* (área tributaria m<sup>2</sup>) + (área tributaria \* espesor) \* (peso del concreto) + (Peso de vigas) + (Peso de columnas de nivel superior)

Peso propio de losa pre-fabricada= (300 kg/m<sup>2</sup>, 20 cms de grueso)

Peso específico del concreto= 2400 kg/m<sup>3</sup>, f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Analizando una columna del marco B del primer nivel se tiene:

$$P = (300 \text{ kg/m}^2) \times (4.50 \times 3.00) + (1.5 \times 4.50 \times 0.15) \times (2400 \text{ kg/m}^2) \text{ (Losas)} \\ (1,584 \text{ kg}) \text{ [vigas]} + (0.30 \times 0.30 \times 3 \times 2400 \text{ kg/m}^3) \text{ [columna segundo} \\ \text{nivel]} + (4.50 \times 3 \times 250 \text{ kg/m}^2) \text{ [muro tabique]} = 12,087 \text{ kg}$$

$$P = 12,087 \text{ kg} \times 1.50 = P = 18,131 \text{ kg}$$

$$18,131 = 0.80 * ( 0.225 * 210 * Ag + 2810 (0.02) * Ag)$$

$$(18,131/0.80) = (47.25 Ag + 56.20 Ag)$$

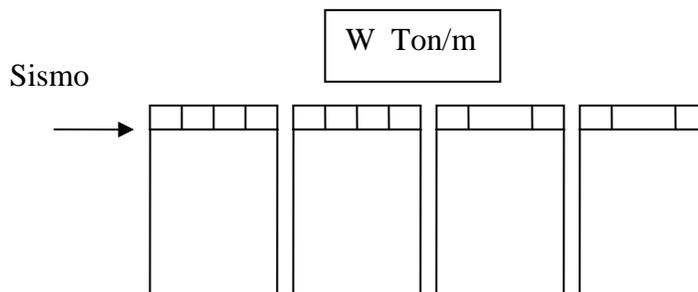
$$Ag = (22,664)/(103.45) ; Ag = 219.08 \text{ cm}^2$$

Proponiendo una columna cuadrada se tiene un sección de 14.80 x 14.80 cms, por facilidad constructiva se propone una sección inicial de 15.00 x 15.00 cms.

Sin embargo, atendiendo a las recomendaciones del ACI, una columna estructural debe tener como mínimo una sección de 400 cm<sup>2</sup>, es decir columnas de 20x20 cms.

El marco en sentido X, se conforma de la unión de varios marcos adyacentes (figura 12) , por lo que las columnas intermedias, están sometidas a un doble esfuerzo flexionante, por lo que su sección transversal debe incrementarse al doble de lo requerido , por lo tanto, se proponen columnas de 0.30 x 0.30 cms.

**Figura 12. Marcos adyacentes**



## 2.1.3 Cargas aplicadas a marcos rígidos

### 2.1.3.1 Cálculo de peso por nivel

#### a. Segundo Nivel (Módulo A)

Peso muerto: es el peso propio de la estructura, incluyendo acabados y sobrecargas.

Peso muerto = cubierta de techo + mojinetes + muros (sentido y) + muros divisorios + vigas (sentido x, y) + muros (sentido x) + acabados + sobre carga + peso de columnas + peso de voladizo

- Cubierta de techo: constituida por lámina troquelada, calibre 28 + costaneras de 4" x 2 "y tendales de doble costanera de 6" x 2".

Lámina a utilizar: lámina troquelada de 10 pies (ancho útil = 0.75 m)  
 $W = 2.25 \text{ kg/ m}^2$

Área de techo:  $29.70 \text{ m} \times 9.00 \text{ m} = 267.30 \text{ m}^2$

Peso de láminas = 601.50 kg (láminas de 10 pies)

Peso de tendales = 583 kg (tendales a cada 2.25 m) (transversal)

Peso de costaneras= 741 kg ( costaneras a cada 1.25 m)  
(longitudinal)

Peso x unidad de área =  $7.25 \text{ kg/ m}^2$

*Peso cubierta de techo= 1,936 kg*

- Mojinetes: dispuestos en sentido Y.

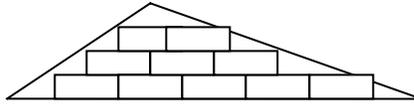
Sección de mojinete =  $0.30 \times 0.20$

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

Peso x metro lineal =  $(0.30 \times 0.20 \times 2400) = 144 \text{ kg/m}$

Número de mojinetes =  $(4 \times 144 \text{ kg/m} \times 3 \text{ (longitud)}) = 1728 \text{ kg}$   
 $(4 \times 144 \text{ kg/m} \times 6) = 3456 \text{ kg}$

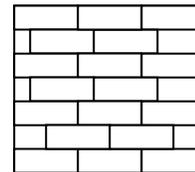
*Peso de mojinetes= 5,184 kg*



- Muros en sentido y  
 Área de muro = 3.00 m<sup>2</sup>  
 Peso x unidad de área = 300 kg/ m<sup>2</sup> ( muro de 20 cms )  
 Número de muros = 4

$$\text{Peso de muros} = 4 \times 300 \times 3.00 = 3,600 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de muros} = 3,600 \text{ kg}$$



- Muros divisorios  
 Área de muro = 3.00 (altura) x 6.00 (largo)= 18 m<sup>2</sup>  
 Peso x unidad de área = 300 kg/ m<sup>2</sup> ( muro de 20 cms )  
 Número de muros = 4

$$\text{Peso de muros} = 18 \times 300 \times 4 = 21,600 \text{ kg}$$

- Vigas (solera de corona x, y )  
 Sentido x= (0.20 x 0.40 x 2400 kg / m<sup>3</sup> ) = 192 kg/ m  
 Metros lineales de viga = (29.70 x 2 ) = 59.40 m

$$\text{Peso de vigas, sentido X} = 11,405.00 \text{ kg}$$

$$\text{Sentido y} = (0.20 \times 0.40 \times 2400 \text{ kg / m}^3 ) = 192 \text{ kg/ m}$$

$$\text{Metros lineales de viga} = (6 \times 4 ) = 24 \text{ m}$$

$$\text{Peso de vigas, sentido y} = 4,608.00 \text{ kg}$$

- Muros sentido X ( Parte frontal)

Área de ventanas = 32.75 m<sup>2</sup>

Área de muros = (3 x 27.80) = 83.40 m<sup>2</sup>

Área neta= 50.65 m<sup>2</sup>

Peso x unidad de area = 210 kg/ m<sup>2</sup> (Muros de 15 cm)

*Peso de muros, sentido X= 10,637 kg*

- Muros sentido X ( Parte posterior)

Área de ventanas = 18.00 m<sup>2</sup>

Área de muros = (3 x 27.80) = 83.40 m<sup>2</sup>

Área neta= 65.40 m<sup>2</sup>

Peso x unidad de área = 210 kg/ m<sup>2</sup> (Muros de 15 cms)

*Peso de muros, sentido X= 13,734 kg*

- Muro de baranda ( 1.40 m de altura)

Metros lineales = 29.70 m

Área de muros = (29.70 x 1.40) = 41.58 m<sup>2</sup>

Peso x unidad de área = 210 kg/ m<sup>2</sup> (Muros de 15 cms)

*Peso de baranda, sentido X= 8732 kg*

- Peso de piso

Área de aulas = 54 m<sup>2</sup>

Peso x unidad de área = 60 kg/ m<sup>2</sup>

Número de aulas = 3

*Peso de piso 5 cms de grosor = (54 x 60 x 3) = 9,720 kg*

- Sobrecarga

Area de aulas = 162 m<sup>2</sup>

Peso x unidad de area = 90 kg/ m<sup>2</sup>

*Peso de sobrecarga = 14,580 kg*

- Peso de columnas

Número de columnas= 14, altura de columnas = 1.50  
 Peso específico = 2400 kg/ m<sup>3</sup>  
 Sección de columnas = 0.30 x 0.30  
*Peso de columnas = 14x 0.09 x 1.50 x 2400 = 4,536 kg*

- Peso de voladizo

Área de voladizo = 1.50 x 29.70 = 44.55 m<sup>2</sup>  
 Peso específico = 2400 kg/ m<sup>3</sup>  
 Espesor= 15 cms  
*Peso de voladizo = 44.55x 0.15x 2400= 16,038 kg*

*Peso muerto segundo nivel= 126.31 toneladas*

Carga viva de segundo nivel= C<sub>viva</sub> (techo)+ C<sub>viva</sub> (voladizo)+ C<sub>viva</sub> (aulas)

- C viva techo = 25 kg/m<sup>2</sup> x 267.30 m<sup>2</sup> = 6,682.50 kg
- C viva voladizo = 500 kg/m<sup>2</sup> x 44.55 m<sup>2</sup> = 22,275 kg
- C viva aulas = 300 kg/m<sup>2</sup> x 162 m<sup>2</sup> = 48,600 kg

Carga viva segundo nivel= 77,557.50 kg

*Carga viva = 77.56 toneladas*

**Carga total de segundo piso = 126.31+ (0.25 x 77.56)= 145.70 toneladas**

## b. Primer nivel (Módulo A)

Peso muerto = losa de entrepiso+ muros divisorios + vigas (sentido x, y)  
+ muros (sentido x) + acabados + peso de columnas + peso de cimiento  
corrido+ peso de zapatas.

- Losa de entrepiso  
Área de losa =  $(6 \times 27.80) = 166.80 \text{ m}^2$   
Peso x unidad de área =  $300 \text{ kg/ m}^2$   
*Peso de losa = 50,040 kg*
- Muros divisorios (sentido y, idem segundo nivel)  
*Peso de muros =  $18 \times 300 \text{ kg/ m}^2 \times 4 = 21,600 \text{ kg}$*
- Muros frontales (sentido x, idem segundo nivel)  
*Peso de muros = 10,637 kg*
- Muros posteriores (sentido x, idem segundo nivel)  
*Peso de muros = 13,734 kg*
- Vigas (sentido x, idem segundo nivel)  
*Peso de vigas = 10,675 kg*
- Vigas (sentido y, idem segundo nivel)  
*Peso de vigas = 10,080 kg*
- Columnas

Nota: para integración de cargas: H de columnas de primer nivel  
= Desde rostro de cimiento hasta la mitad del segundo nivel  
H de columnas de niveles intermedios = Desde la mitad de  
columna de nivel inferior hasta la mitad de la columna superior

Peso de columnas =  $(3.88+1.50) \times (0.30 \times 0.30) \times (14) \times (2,400 \text{ kg/ m}^3)$

Peso de columnas = 16,027 kg

- Cimiento corrido ( sentido x )  
*asumido*

*Peso de cimiento = (b x peralte) x (m lineales ) x (peso específico)*

Peso de cimiento = (0.50 x 0.30) x (55.80) x (2400)= 20,088 kg

- Cimiento corrido ( sentido y )  
*asumido*

*Peso de cimiento = (b x peralte) x (m lineales ) x (peso específico)*

Peso de cimiento = (0.50 x 0.30) x (24.60) x (2400)= 8,856 kg

- Peso de piso

*Peso de piso = (area) x (peso/ unidad de área)*

Peso de piso = (166.80 x 60 kg/m<sup>2</sup>)= 9720 kg

- Acabados

*Asumido*

*Peso de acabados = (área) x (peso /unidad de área )*

Peso de cimiento = (166.80 x 60 kg / m<sup>2</sup>)= 10, 008 kg

- Zapatas

*Asumido*

*Peso de cimiento = (área x peralte) x (# de zapatas ) x (peso específico)*

Peso de cimiento = (1.2 x 1.20 x 0.30) x (14) x (2400)= 14, 515 kg

**Carga muerta primer nivel = 195. 98 ton**

**Carga muerta total = 195. 98 ton + 145.70 = 322.31 ton**

### 2.1.3.1.2 Cálculo del corte basal

Consiste básicamente en la fuerza de corte debida al sismo, que ocurre justamente en la base del edificio; se utiliza la siguiente expresión:

$$V = ZIKCSW$$

Donde:

- Z Coeficiente que depende de la zona
- I Coeficiente de importancia de la obra
- C Coeficiente que depende del período natural de vibración.
- S Coeficiente que depende del tipo de suelo
- K Coeficiente que depende del sistema estructural
- W Peso propio de la estructura más el 25% de las cargas vivas

Normalmente, el sismo no actúa en una dirección determinada respecto al edificio, de manera que se necesita evaluar el corte basal en ambas direcciones; con los valores resultantes se puede calcular el corte basal.

$$Z = 1$$

$$S = 1.5$$

$$I = 1.30$$

$$K = 0.67$$

$$C = 0.12$$

$$V = (1 \times 1.30 \times 0.12 \times 1.50 \times 0.67 \times 322.31)$$

El sismo actúa en ambas direcciones, tanto en X como en Y, por lo tanto se evaluará el corte basal en ambas direcciones; para el presente caso:

En el sentido X:

Z = 1 para la zona central de la República

I = 1.30 para edificios educativos

K = 0.67 para marcos dúctiles

$$C = 1/15 \sqrt{T} \quad C < 0.12$$

$$T = (0.0906 H) / \sqrt{B}$$

H = altura del edificio en metros

B = Base del edificio en metros.

$$T = (0.090 \times 7.56) / \sqrt{(28.20)}$$

$$T = 0.1281$$

$$C = 1 / (15 \times \sqrt{0.1281}) \quad C = 0.1862$$

S = Tipo de suelo = 1.50

El valor del producto CS tiene que ser menor a 0.14, si el producto de ambos coeficientes es mayor a 0.14, entonces se tomará 0.14, por tanto

$$CS = (0.1862 \times 1.50) = 0.279, \text{ por lo tanto } CS = 0.14$$

$$V = ZICSKW$$

$$V_x = (1 \times 1.30 \times 0.14 \times 0.67) \times (322.31) = 39.30 \text{ ton}$$

En el sentido Y:

$$C = 1/15 \sqrt{T} \quad C < 0.12$$

$$T = 0.0906 H / \sqrt{B}$$

H = altura del edificio en metros

B = Base del edificio en metros.

$$T = 0.090 \times 7.56 / \sqrt{(6.30)}$$

$$T = 0.27 \quad \sqrt{T} = 0.52$$

$$C = 1 / (15 \times 0.52) = (1/7.81) = 0.128$$

Por lo tanto C = 0.12

$CS = (0.12 \times 1.50) = 0.18$ , por lo tanto  $CS = 0.14$

$V = ZICSKW$

**$V_y = (1 \times 1.30 \times 0.14 \times 0.67) \times (322.31) = 39.30 \text{ ton}$**

El corte basal es el mismo en ambas direcciones.

### 2.1.3.3 Fuerzas por nivel

La fuerza lateral  $V$ , puede ser distribuida en toda la altura de la estructura, de acuerdo con la siguiente expresión, dada en la sección I(E) del código SEAOC:

$$V = F_t + \sum F_i$$

Donde

$V$  = Corte basal

$F_t$  = Fuerza en el punto más alto de la estructura

$F_i$  = Fuerza por nivel

La fuerza concentrada en el punto más alto se determina de la siguiente forma, de acuerdo con las siguientes condiciones dadas en la sección I(E) del código SEAOC:

Si  $T < 0.25$  segundos ;  $F_t = 0$

Si  $T > 0.25$  segundos;  $F_t = 0.07 TV$

Siendo  $T$  el período fundamental de la estructura, el corte basal  $V$ , puede ser distribuido en los niveles de la estructura, según la siguiente expresión:

$$F_i = (V - F_t) W_i H_i / \sum W_i H_i$$

Donde :

$W_i$  = Peso de cada nivel  $i$

Hi= Altura de cada nivel i

Respecto de las columnas, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

a. La altura de las columnas del primer nivel debe tomarse desde el rostro de la cimentación hasta la mitad de las columnas del segundo nivel.

b. La altura de las columnas intermedias debe tomarse desde la mitad de la columna del nivel inferior hasta la mitad de la columna del nivel superior.

En el sentido X

$T < 25$  seg por lo tanto  $F_t = 0$

En el sentido Y

$T > 25$  seg por lo tanto  $F_t =$

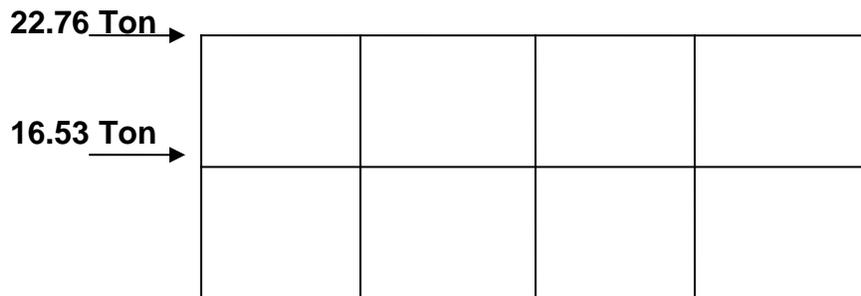
Nivel	Wi (Ton)	Hi	WiHi
1	196.00	4.08	799.68
2	145.70	7.56	1,101.50
	<hr/>		<hr/>
	341.70 Ton		1,901.20 Tonx m

Fuerza por nivel

$$F_1 = \frac{(39.30 - 0) \times (799.68)}{(1,901.20) \text{ Tonxm}} = 16.53 \text{ Ton}$$

$$F_2 = \frac{(39.30 - 0) \times (1,101.50)}{(1,901.20) \text{ Tonxm}} = 22.76 \text{ Ton}$$

**Figura 13. Fuerzas por nivel (Marco X-X, Módulo A)**



### **2.1.3.2 Fuerzas por marco**

Se calculará dividiendo la fuerza de piso, entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, siempre y cuando los marcos se encuentren espaciados simétricamente. Si los marcos espaciados son asimétricos, se tendrá que dividir la fuerza de piso  $F_i$  proporcional a la rigidez de los marcos.

#### **a. Sentido Y**

La fuerza actuante será igual a la división de la fuerza de piso entre el número de muros y marcos en el sentido Y.

Segundo nivel

$$F_t = 0.7427$$

$$F_m = 22.76 + 0.74 = (23.50 \text{ Ton}) / (7) = 3.35 \text{ ton}$$

Primer nivel

$$F_m = 16.53 / 7 = 2.36 \text{ ton}$$

## b. Sentido X

En este sentido no existe simetría debido a que el centro de masa no coincide con el centro de rigidez, por lo que existe torsión; el efecto de torsión, causa traslación y rotación en cada nivel, tomando en cuenta la rigidez de cada nivel.

Según el tipo de estructura que se esté analizando, así será el tipo de apoyo, al igual que la ecuación de rigidez a usar.

Voladizo: se incluye a edificios de un nivel, o a los últimos niveles de edificios multiniveles. La ecuación de rigidez a utilizar será :

$$K = \frac{1}{\frac{Ph^3}{3EI} + \frac{1.20 Ph}{AG}}$$

Doblemente empotrado : se refiere a primeros niveles, o niveles intermedios de edificios multiniveles. La rigidez se calcula de la siguiente forma:

$$K = \frac{1}{\frac{Ph^3}{12EI} + \frac{1.20 Ph}{AG}}$$

Donde:

P= carga asumida, generalmente 10,000 kg

H= Altura del muro, o columna analizada (cms)

E= módulo de elasticidad del concreto (  $15,100 \sqrt{f'c}$  ) (kg/ cm 2)

I= Inercia del elemento (cm 4 )

A= Sección transversal del muro o columna analizada (cm 2)

G= Módulo de rigidez (0.40 E)

Se produce excentricidad en la estructura cuando el centro de rigidez CR no coincide con el centro de masa CM, esto se debe a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.

La diferencia entre el CM-CR se denomina excentricidad.

### 2.1.3.3 Fuerzas del marco por torsión

La fuerza que llega a cada marco se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza por torsión  $F_i''$  (fuerza rotacional) y la fuerza proporcional a la rigidez de los marcos  $F_i'$  (fuerza traslacional).

$$F_m = F_i' + F_i''$$

Calculándolo de la siguiente forma:

$$F_i' = (K_m \times F_n) / \sum K_i$$

$$F_i'' = (e \times F_n) / E_i$$

$$E_i = ( \sum (K_m d_i)^2 ) / ( K_m d_i )$$

Donde:

$K_m$  = rigidez del marco = (K x # de columnas)

$\sum K_i$  = Rigidez total del nivel.

$d_i$  = Distancia de CR al marco considerado

$F_n$  = Fuerza por nivel

$E_i$  = Relación entre rigideces

$e$  = excentricidad

Para el segundo nivel

Para la rigidez de columna X, se utilizará la expresión de voladizo, por tanto:

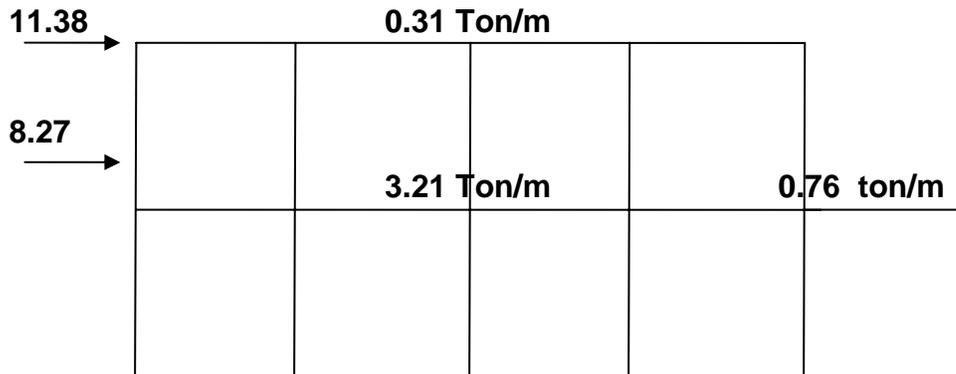
$K = 0.104$	Marco A	Marco B
Fm	15.11 Ton	11.38 Ton

Para el primer nivel

Para la rigidez de columna X, se utilizará la expresión de niveles intermedios, por tanto:

$K = 0.255$	Marco A	Marco B
Fm	9.37 Ton	8.27 Ton

**Figura 14. Diagrama de cargas (Marco X-X, Marco B)**



### 2.1.3.4 Integración de cargas

#### a. Viga sentido X (MARCO B)

Para el primer nivel

Losa prefabricada =  $300 \text{ kg/m}^2$  (Carga muerta)

Carga de piso =  $60 \text{ kg/m}^2$

Sobrecarga =  $90 \text{ kg/m}^2$

---

Carga muerta =  $450 \text{ kg/m}^2$

Área tributaria para viga =  $(4.50 \times 3.00) = 13.50 \text{ m}^2$  (Losa prefabricada)

Carga muerta =  $(450 \times 13.50) = 6,075 \text{ kg}$

Carga de muros (15 cms) :  $(210 \text{ kg/m}^2 \times 4.50 \times 3.00) = 2,835 \text{ kg}$

(Marquesina)

Carga de losa x unidad de área =  $(0.15 \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/m}^2$

Área tributaria =  $2.81 \text{ m}^2$   $((4.50+3)/2) \times (0.75)$

Carga muerta =  $1,011.60 \text{ kg}$

Carga muerta =  $6,075+2,835+1,012 = 9,921 \text{ kg}$

**Carga muerta =  $(9,921 \text{ kg} / 4.65 \text{ m}) = 2.13 \text{ Ton/m}$  (Primer nivel)**

Carga viva aulas =  $300 \text{ kg/m}^2 \times 13.50 \text{ m}^2 = 4,050 \text{ kg}$

Carga viva (pasillo) =  $500 \text{ kg/m}^2 \times 2.81 \text{ m}^2 = 1,405 \text{ kg}$

**Carga viva =  $(5,455 \text{ kg} / 4.65 \text{ m}) = 1.17 \text{ Ton/m}$  (Primer nivel)**

Carga distribuida en voladizo

Carga de losa x unidad de área =  $(0.15 \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/m}^2$

Área tributaria =  $((1.50 \times 0.75) / 2) \times 2 = 1.13 \text{ m}^2$

Carga viva x unidad de área = 500 kg/ m<sup>2</sup>  
Carga muerta = (360 kg/ m<sup>2</sup> x 1.13 ) = 407 kg  
Carga viva = (500 kg/ m<sup>2</sup> x 1.13 ) = 565 kg

**Carga muerta = 407 kg/ 1.50 = 0.27 Ton/m**

**Carga viva = 565 kg/ 1.50 = 0.38 Ton/m**

**b. Viga sentido Y**

Para el primer nivel

Losa prefabricada = 300 kg/ m<sup>2</sup> (Carga muerta)

Carga de piso= 60 kg/m<sup>2</sup>

Sobrecarga = 90 kg/m<sup>2</sup>

---

Carga muerta = 450 kg/ m<sup>2</sup>

Área tributaria para viga = (6.00 x 4.50 ) = 27 m<sup>2</sup>

Carga muerta = ( 450 x 27.00 ) = 12,150 kg

Carga de muros (20 cms) : (300 kg/ m<sup>2</sup> x 6 x 3 ) = 5,400 kg

Carga muerta = 12,150+5400= 17,550

**Carga muerta = (17.55 Ton ) / ( 6.30) = 2.79 Ton / m**

**Carga viva = (300 kg/m<sup>2</sup> x 27.00 m<sup>2</sup>) / (6.30) = 1.29 Ton/m**

Carga distribuida en voladizo (Idem viga sentido X)

**Carga muerta = 407 kg/ 1.50 = 0.27 Ton/m**

**Carga viva = 565 kg/ 1.50 = 0.38 Ton/m**

**c. Viga sentido X**

Para el segundo nivel

Cubierta de techo: 8 kg/m<sup>2</sup>

Area tributaria = (4.50 m x 3.75 m ) = 16.90 m<sup>2</sup>

Carga muerta = ( 8 kg/m<sup>2</sup> x 16.90 m<sup>2</sup>) =135.20 kg

Carga viva = ( 25 kg/m<sup>2</sup> x 16.90 m<sup>2</sup>) = 422.50 kg

Carga muerta distribuida = ( 135.20 kg/ 4.80 m) = 28.16 kg/m

Carga viva distribuida = ( 422.50 kg/ 4.80 m) = 88.02 kg/ m

Peso propio de viga = (0.20 x 0.40x 2400 kg/m<sup>3</sup> ) = 192 kg/ m

**Carga muerta = 220.16 kg/m**

**Carga viva = 88. 02 kg/m**

**d. Viga sentido Y**

Para el segundo nivel

Carga muerta techo = ( 135.20 kg/ 6.30 m) = 21.46 kg/m

Carga muerta muro = ( 903 kg/ 6.30 m) = 143.33 kg/m

Carga muerta mojinete = 144 kg/m

Carga viva distribuida = ( 422.50 kg/ 6.30 m) = 67.06 kg/ m

Peso propio de viga = (0.20 x 0.40x 2400 kg/m<sup>3</sup> ) = 192 kg/ m

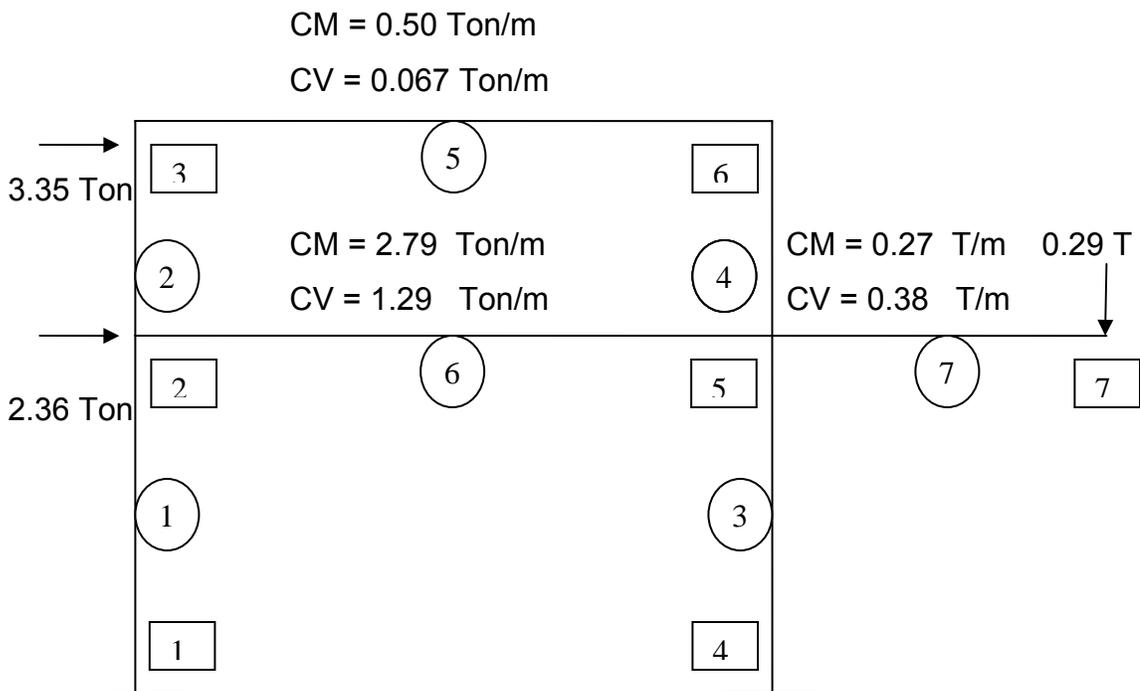
**Carga muerta = 500.79 kg/m**

**Carga viva = 67. 06 kg/m**

### 2.1.4 Análisis de marcos rígidos

Se analizará el marco típico en sentido Y, utilizando el programa PAEM \*, fundamentado en el método de Kani, el cual es un método de análisis exacto e iterativo, aplicable a vigas y marcos rígidos, simétricos o asimétricos con cualquier tipo de cargas.

**Figura 15. Diagrama de cargas Marco Y**



Se hará un análisis, por separado de carga muerta, viva y de sismo

□ 1 Indica # de nodos      ○ 1 Indica # de miembro

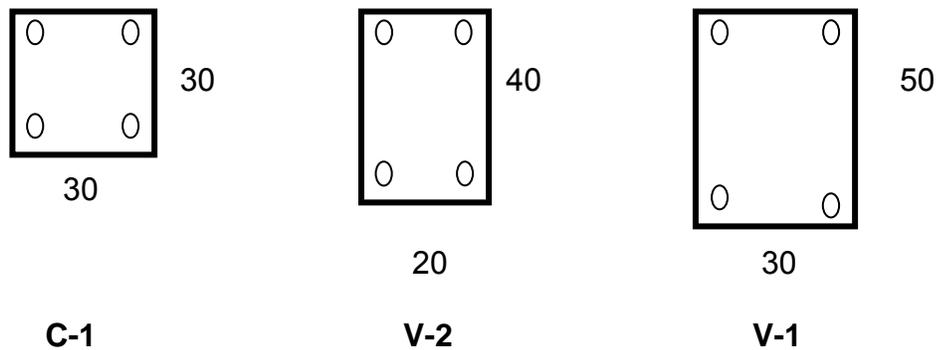
\* PAEM : Programa de Análisis de Estructuras. Jack Mc Cormac & Elling

### 2.1.4.1 Propiedades geométricas de los elementos estructurales

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	Inercia (m <sup>4</sup> )	Elasticidad (Ton/m <sup>2</sup> )	Tipo
1 al 4	0.09	0.000675	2,173,700	C-1
5	0.08	0.001066	2,173,700	V-2
6 y 7	0.15	0.003125	2,173,700	V-1
Inercia = (1/12) ( b x h <sup>3</sup> )			f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	

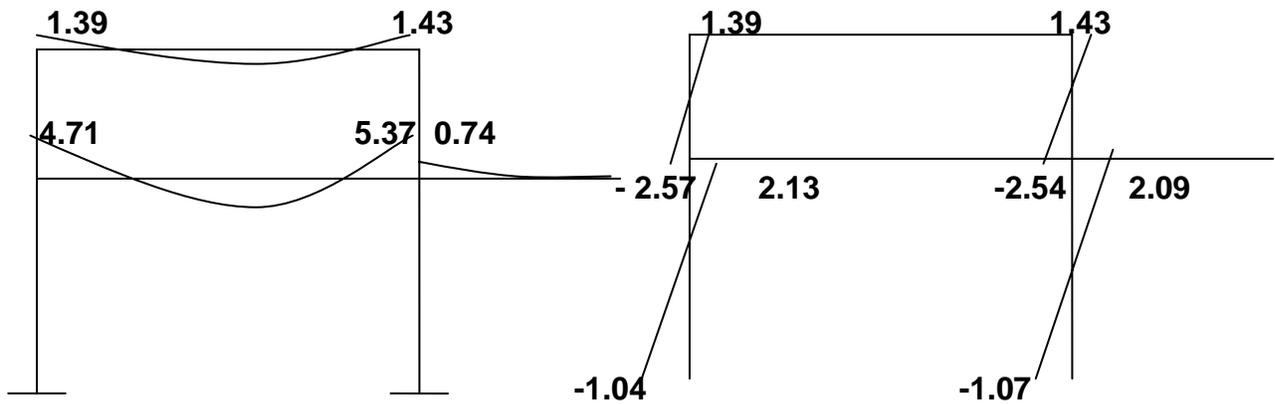
Elasticidad = 15,000  $\sqrt{f'c}$

**Figura 16 Sección típica de vigas y columnas \***

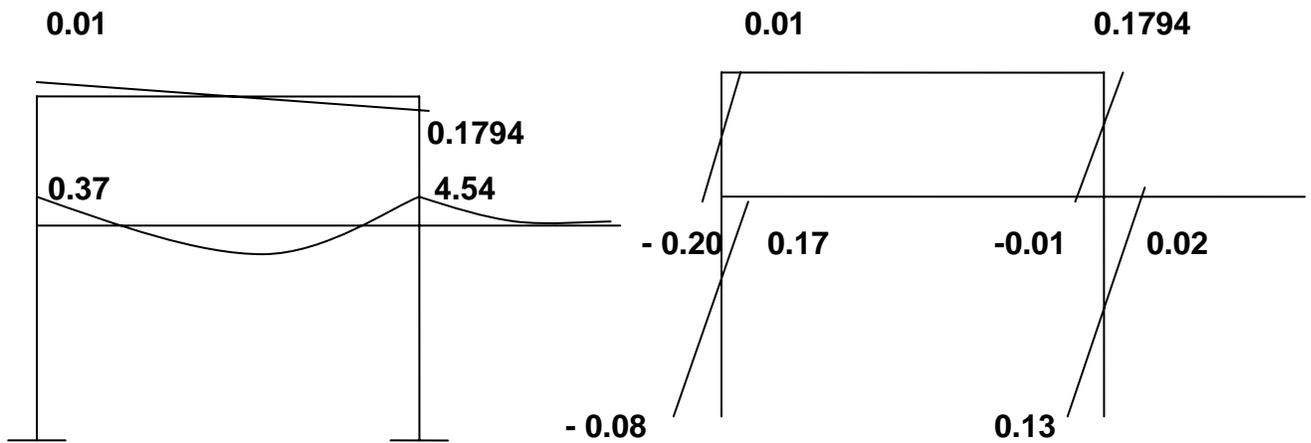


\* Medidas dadas en centímetros

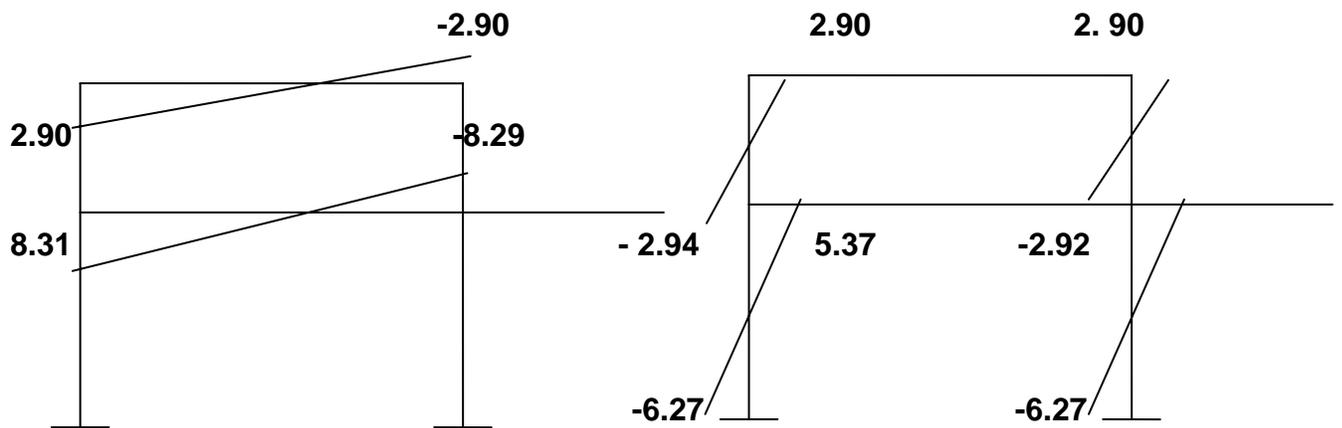
**Figura 17. Momentos producidos por carga muerta  
Sentido Y (Ton x m)**



**Figura 18. Momentos producidos por carga viva  
Sentido Y (Ton x m)**



**Figura 19. Momentos producidos por carga de sismo  
Sentido Y (Ton x m)**



#### 2.1.4.2 Envolvente de momentos

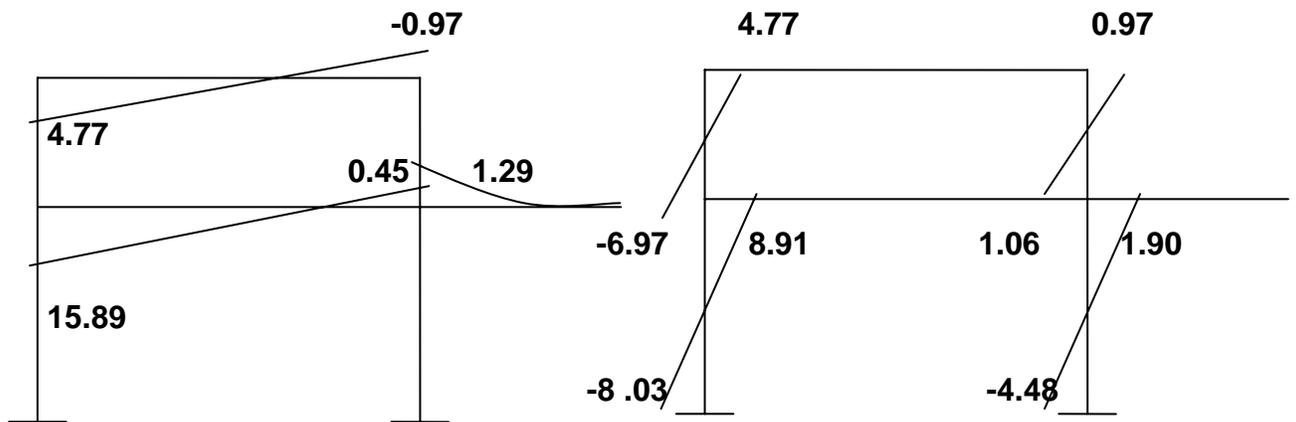
Consiste en la representación de los esfuerzos máximos que se producen en la estructura debido a la acción de distintas cargas (muerta, viva y de sismo).

El código ACI, propone las siguientes combinaciones:

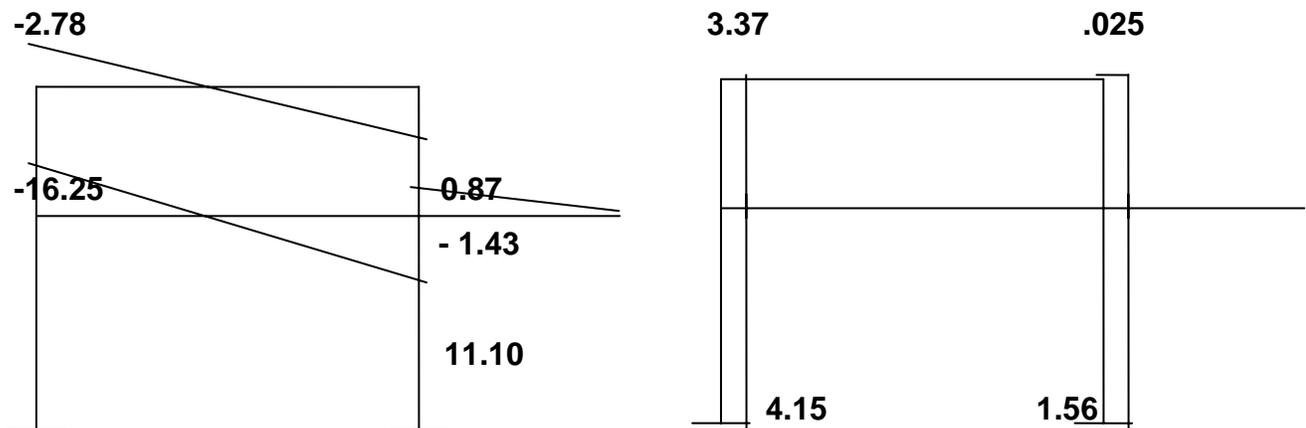
1.  $1.4 CM + 1.7 CV$
2.  $0.75 ( 1.4 CM + 1.7 CV + 1.87 S )$
3.  $0.9 CM + - 1.43 S$

Para el diseño estructural, las fuerzas de corte y momento flexionante, se consideran a rostro de los elementos, mientras que para el modelo matemático, se toman a centroides.

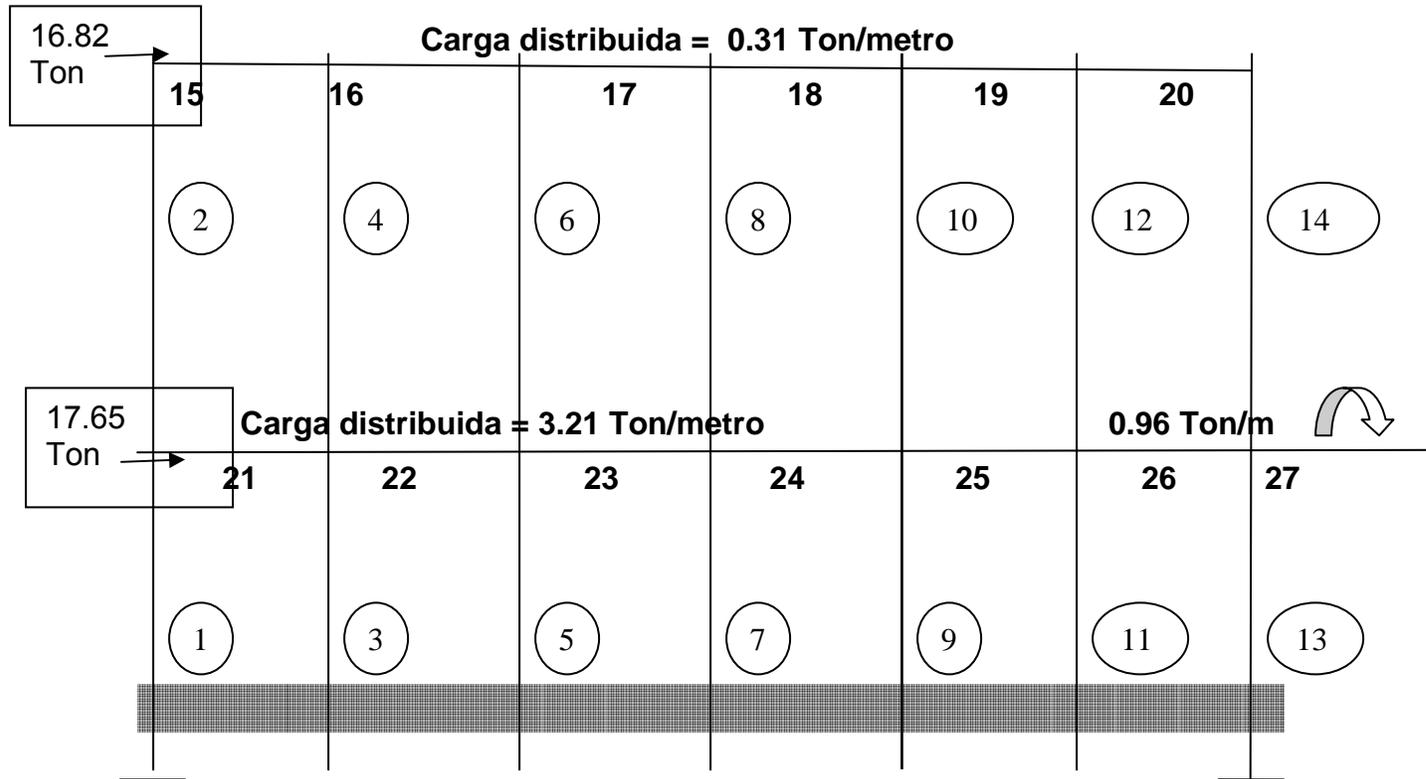
**Figura 20. Envolvente de momentos Sentido Y (Ton x m)**



**Figura 21. Diagrama de cortes Sentido Y (Ton)**



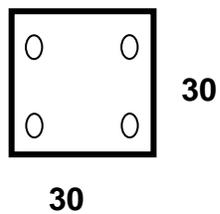
**Figura 22. Marco Típico Sentido X**



**Sección típica de vigas y columnas**

**Columnas**

Elementos del 1 al 14



**Vigas**

Elemento del 15 al 27

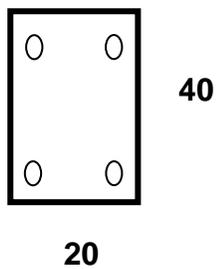


Figura 23. Diagrama de momentos sentido X (Ton x m )

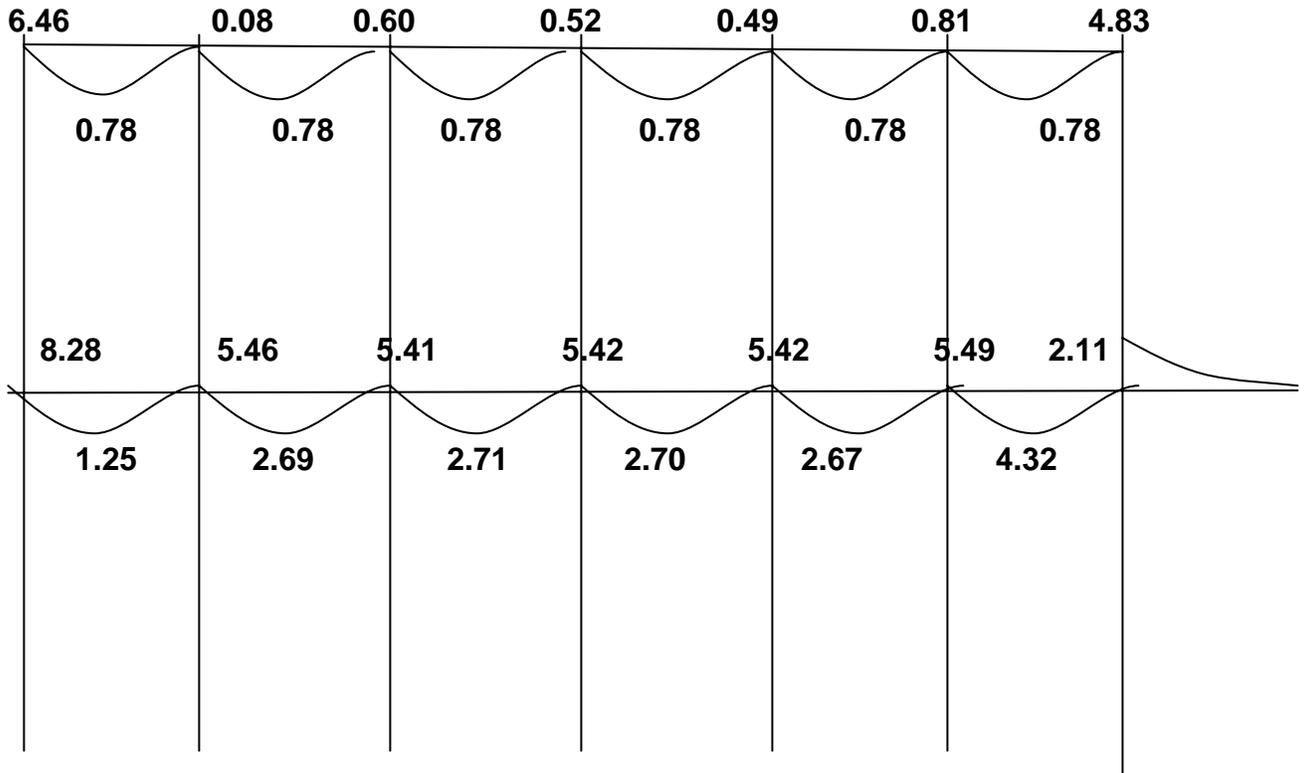
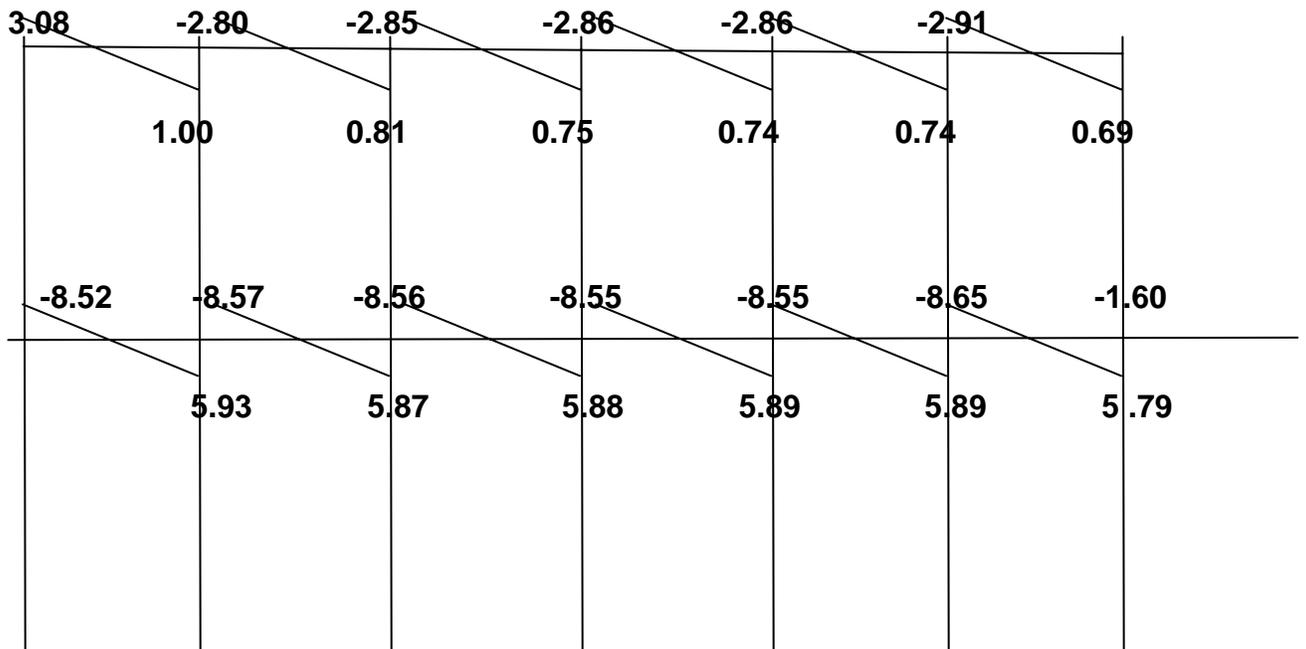


Figura 24. Diagrama de cortes sentido X (Ton )

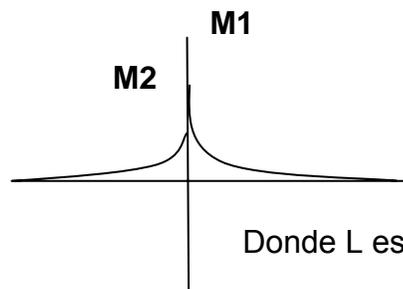


### 2.1.4.3 Balance de momentos

Antes de diseñar el refuerzo debe realizarse el balance de momentos, que consiste en multiplicar el momento mayor (M1) x 0.80, si el resultado es menor o igual al momento menor (M2) del otro extremo, entonces se hace un promedio de momentos, si el resultado es mayor, deberá balancearse de acuerdo con su rigidez

#### Balance de momentos por rigidez

Se consideran factores de rigidez K y factores de Distribución D, donde  $K = 1/L$ ,  $D = K_i / (\text{suma } (K_i))$



Donde L es la longitud de la viga.

D1	D2
M1	M2
$(M1-M2) \times D1$	$(M1-M2) \times D2$
<b>Mb</b>	<b>Mb</b>

**Mb**=Momento balanceado

Cálculo de momentos positivos =  $=(wl^2/8) - ((M1 + M2)/2)$

Donde M1 y M2 son momentos de los extremos de cada viga.

### 2.1.3.4.4 Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales de sección uniforme, regularmente en posición horizontal. Las vigas deben ser diseñadas de tal forma que resistan corte y flexión producidas por las cargas a las que se somete dicho elemento.

**a. Vigas en sentido X (segundo nivel)**

<b>Momento (Ton x m)</b>	<b>Sección (b x d) ( cms x cms )</b>	<b>As req ( cm2)</b>	<b>Varillas propuestas</b>
6.46 ( - )	20 x 40	6.53	2 No.4 + 2 No.5
0.78 ( + )	20 x 40	2.01*	2 No. 4
4.83 ( - )	20 x 40	4.69	2 No.4 + 1 No.5

**Datos**

**F´c= 210 kg/ cm2**

**Fy= 4200 kg/cm2**

**Recubrimiento = 2.5 cms**

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{\left( (bd)^2 - \frac{Mu*b}{0.003825 f'c} \right)} \right] * 0.85 * \frac{f'c}{F_y}$$

$$A_s \text{ min} = ( 14.1 / f_y )x (b x d )$$

\*Utilizar área de acero mínima = 2.35 cm 2

**b. Vigas en sentido X (primer nivel)**

<b>Momento</b>	<b>Sección (b x d)</b>	<b>As req</b>	<b>Varillas Propuestas</b>
<b>(Ton x m)</b>	<b>( cms x cms )</b>	<b>( cm<sup>2</sup>)</b>	
8.28 (-)	20 x 40	7.10	3 No.5 + 1 No.4
5.46 (-)	20 x 40	4.46	1 No.5 + 2 No.4
2.11	20 x 40	1.64*	2 No.4
2.71 (+)	20 x 40	2.35*	2 No.4

**Datos**

**F'c= 210 kg/ cm<sup>2</sup>**

**Fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup>**

**Recubrimiento = 2.5 cms**

$$As = \left[ bd - \sqrt{\left( (bd)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 f'c} \right)} \right] * 0.85 * \frac{f'c}{Fy}$$

$$As \text{ min} = (14.1/4200) \times (20 \times 35) = 2.35 \text{ cm}^2$$

\* Utilizar área de acero mínima

**Acero corrido**

$$\text{Arriba} = 0.33 As (-) = 0.33 \times 7.10 = 2.35 \text{ cm}^2 \text{ Colocar 2 No. 4}$$

$$\text{Abajo} = 0.33 As (-) = 0.33 \times 7.10 = 2.35 \text{ cm}^2 \text{ Colocar 2 No. 4}$$

$$0.50 As (+) = 0.50 \times 2.71 = 1.35 \text{ cm}^2 \text{ ( tomar el mayor )}$$

Para el acero corrido, deben colocarse como mínimo 2 varillas.

**c. Diseño de vigas a corte (marco X , segundo Nivel)**

El efecto de corte se produce en los apoyos de vigas y el concreto por sí solo no es capaz de resistir el corte actuante, razón por la cual se utilizan estribos que contrarrestan dicho efecto. Cuando una viga falla por corte, se observan fisuras o grietas a 45 grados a lo largo de la misma.

<b>Sección de viga</b>	<b>Corte actuante</b>
------------------------	-----------------------

20x 40	3.08 ton
--------	----------

Calculando el corte que resiste el concreto :  $0.85 \times 0.53 \times (f'c)^{1/2} (b \times d)$

$$V_{cu} = (0.85 \times 0.53 \times \sqrt{(210) \times 20 \times 35}) = 4.57 \text{ ton}$$

**Corte resistente (  $V_{cu}$  ) = 4.57 ton**

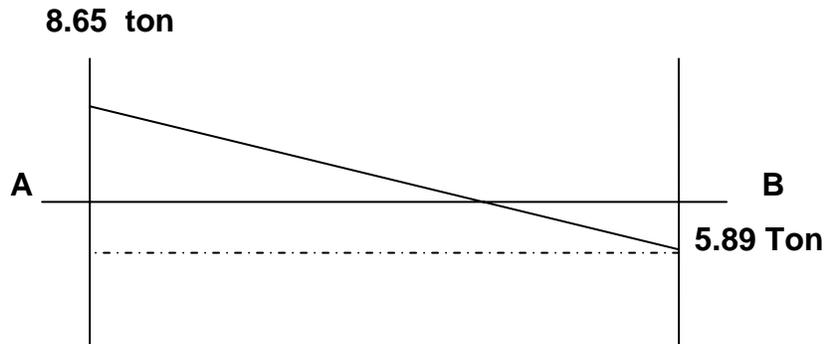
Corte actuante = 3.08 Ton

$V_{cu} > V_{act}$  por lo tanto , colocar estribos a  $d/2$ , es decir a  $35/2 = 17.5$  cms

Primeros estribos @ 8 cms en apoyos.

Resto de estribos @ 17 cms , estribos de 1/4 “

d. Diseño de vigas a corte (marco X , primer nivel)

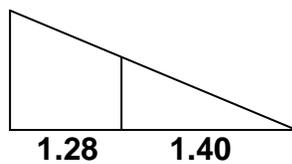
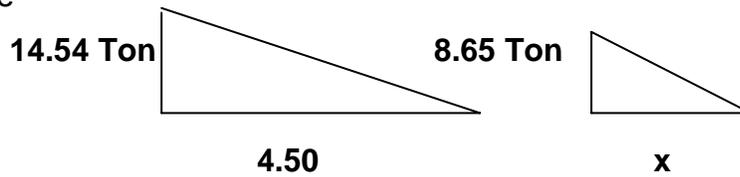


Calculando el corte que resiste el concreto :

$$V_r = (0.85) \times (0.53) \times \sqrt{(210) \times 20 \times 35} = 4,570 \text{ kg} = 4.57 \text{ ton}$$

$V_r < V_{act}$  Diseñar por corte

Por triángulos semejantes,



$$x/4.57 = 4.50/14.54$$

$$x = 1.40 \text{ m}$$

Distancia a la que el concreto resiste el corte.

$$V_a = (8.65 \times 1000) / (20 \times 35) = 12.35 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Actuante)}$$

$$V_c = (4.57 \times 1000) / (20 \times 35) = 6.52 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Resistente)}$$

Proponiendo estribos de 1/4" área de varilla =  $0.28 \text{ cm}^2$

$$S = ( 2 A_v \times f_y ) / (( V_a - V_c ) \times b)$$

$$S = \frac{(0.28 \times 2810 \times 2)}{(12.35 - 6.52)(20)} \text{ (separación de estribos)}$$

$$S = (1573.60 / 116.60) = 13.49 \text{ cms}$$

entonces separación = 12 cms

$$S_{\max} = ( d / 2 ) = 30 / 2 = 15 \text{ cms}$$

Primeros dos estribos = 6 cms

A una distancia de 1.28 metros del extremo A , se colocarán estribos a cada 12 cms.

Analizando el extremo B, se tiene un corte actuante = 5.89 ton

$$V_r = 6.52 \text{ kg/cm}^2 \text{ (resistente)}$$

$$V_a = ( 5.89 \times 1000 ) / ( 20 \times 35 ) = 8.41 \text{ kg/cm}^2 \text{ (actuante)}$$

Calculando la separación de estribos, se tiene:

$$S = ( 2 \times 0.28 \times 2810 ) / (( 8.41 - 6.52 ) ( 20 ))$$

$$S = ( 1,573.60 ) / ( 1.89 \times 20 ) = 41.62 \text{ cms}$$

$$S_{\max} = ( d / 2 ) = 30 / 2 = 15 \text{ cms}$$

Ver detalle de armado en planos.

### 2.1.4.5 Diseño de voladizo

$$\text{Carga muerta} = (0.15 \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/ m}^2$$

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

$$C_u = (1.40 \times 360 \text{ kg/m}^2) + (1.7 \times 500 \text{ kg/m}^2) = 1,354 \text{ kg/ m}^2$$

$$C_u = 1,354 \text{ kg/ m}^2 \text{ ( Carga Ultima)}$$

$$M = (1,354 \text{ kg/ m}^2 \times 1.50^2) / (2) = 1,523.25 \text{ Kg x m}$$

$$\mathbf{M = 1.52 \text{ Ton x m}}$$

$$A_s \text{ min} = ((0.4 \times 14.10) / (4200 \text{ kg/cm}^2)) \times (100 \times 10) = 1.35 \text{ cm}^2.$$

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{\left( (bd)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 f'c} \right)} \right] * 0.85 * \frac{f'c}{F_y}$$

$$\text{Para } M = 1.52 \text{ Ton x m} \quad A_s \text{ req} = 4.23 \text{ cm}^2$$

$$4.23 \text{ cm}^2 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \text{ m} \quad \text{Proponiendo varillas No.4}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad x \quad A_s = 1.27 \text{ cm}^2.$$

$$X = 30 \text{ cms} \quad \text{Utilizar varillas No. 4 @ 30 cms.} \quad \longrightarrow$$

$$A_s \text{ x temperatura} = 0.002 (100 \times 15) = 3 \text{ cm}^2$$

$$3 \text{ cm}^2 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \text{ m}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad x \quad x = 23 \text{ cms}$$

$$\text{Utilizar varillas No. 3 @ 20 cms}$$



#### 2.1.4.6 Diseño de columnas

Las columnas son elementos verticales capaces de soportar cargas de compresión, sirven de apoyo a las vigas, y transmiten cargas de niveles superiores hasta el suelo, mediante la cimentación. El diseño de columnas requiere un especial cuidado, ya que la falla de estos elementos se convierte en el colapso de la estructura, razón por la cual los factores de reducción de resistencia son menores. Normalmente, las columnas se diseñan para soportar cargas axiales y momentos en ambas direcciones, asimismo se estima cierta excentricidad accidental, ya que en la realidad, los elementos no quedan alineados totalmente.

##### Para el diseño de acero longitudinal

Se utilizará el método de Bressler, que consiste en una aproximación del perfil de la superficie de falla; la idea fundamental es aproximar el valor  $1/P_u'$  (de la superficie de falla), dicho valor se aproxima basado en los tres valores siguientes: i) Carga axial pura ( $P_o$ ), ii) Carga de falla para una excentricidad ( $P'x$ ), iii) Carga de falla para una excentricidad ( $P'y$ ), cada punto en la superficie de falla es aproximado en un plano distinto. La aproximación puede formularse de la siguiente forma :

$$\frac{1}{P_u} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y} - \frac{1}{P_o}$$

El presente método es utilizado con bastante frecuencia debido a los resultados satisfactorios que se obtienen y lo práctico que resulta.

## Diseño de columnas (segundo nivel)

Se tomarán las cargas y momentos críticos que afectan al marco X.

Datos :

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

$$f_y = 4200 \text{ kg/ cm}^2$$

$$r = 3 \text{ cms}$$

$$P = 5.76 \text{ ton}$$

Sección de columna = 30 x 30 cms

Elemento No.2 Marco X

Magnificador de momento = 1.045

Las columnas son esbeltas en ambos sentidos, dado que la relación de esbeltez es  $> 22$  ( Cálculo realizado en Hoja electrónica de Excel)

$$M_x = 6.46 \text{ Ton x m}$$

$$M_y = 4.59 \text{ Ton x m}$$

$$A_{s \text{ min}} = 1\% A_g$$

$$A_g = 9.00 \text{ cm}^2$$

$$e_x = M_x / P_u$$

$$e_x = 1.17 \text{ metros} \quad e_y = 0.833$$

$$(e_x/h) = 3.9067$$

$$(e_y/h) = 2.7758$$

$$h = b = 30 \text{ cms}$$

$$Y = (h - 2r') / h = (30 - 6) / (30) = 0.833$$

$$\Phi = 0.80$$

$$\text{Carga de falla} = 5.76 / 0.80 = 7.20 \text{ ton}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.01 \times 900 \text{ cm}^2 = 9 \text{ cm}^2$$

$$P_{ua} = 8.23 \text{ Ton}$$

$$K_x = 0.09$$

$$K_y = 0.11$$

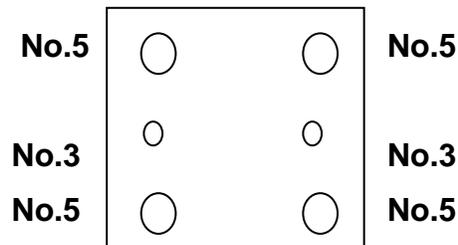
Presistente = 14.72 Ton ( Fuente : Cálculo elaborado en Microsoft Excel \* )

Presistente  $>$  P<sub>ua</sub>

---

\* Microsoft Excel pertenece a la Corporación Microsoft

As a utilizar = 9 cm<sup>2</sup>, se propone 4 No. 5 + 2 No. 3 ( 4x 2 + 2 x 0.71) = 9.40 cm<sup>2</sup>



El armado propuesto resiste las fuerzas y momentos aplicados.

#### **2.1.4.6.1 Ductilidad en columnas (segundo nivel)**

El diseño de columnas requiere que se estime la acción de cualquier sismo que pueda afectar a la estructura, razón por la cual la columna debe ser lo suficientemente dúctil para absorber parte de la energía de sismo, por lo tanto, se diseñará el confinamiento necesario. El confinamiento consiste en colocar estribos espaciados a cierta distancia, la cual depende de las condiciones propias del elemento analizado. El código ACI 318-83 en el apéndice A, recomienda una longitud de confinamiento  $L_o$ , la que está sujeta a las siguientes condiciones:

- a) Una sexta parte de la altura libre de la columna
- b) Lado mayor de la sección de la columna
- c) 18 pulgadas (45 cms.)

### Datos

Hcolumna= 3.08 mts                       $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$   
 $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$                        $L/6 = 51 \text{ cms}$   
 $A_v = 0.71 \text{ cm}^2$                        $r = 3 \text{ cms}$   
 $B = 30 \text{ cms}$   
 $S = 2 A_v / ((B-2r) \times \rho)$                        $\rho = 0.01891$

$$S = (2 \times 0.71) / (((30 - 6) \times 0.01891))$$

$$S = 3.13 \text{ cms}$$

Se colocaran estribos de 3/8 @ 3 cms,- en unión de viga columna (arriba y abajo) hasta una longitud de 55 cms – resto de estribos a 13 cms.

### 2.1.4.7      Diseño de cimentación

#### Datos

$M_{ux} = 10.54 \text{ ton x m}$                        $P_u = 45 \text{ ton}$   
 $M_{uy} = 6.65 \text{ ton x m}$                        $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$   
 $V_s = 24 \text{ ton /m}^2$                        $\zeta_s = 1.79 \text{ ton/ m}^3$

Calculando cargas y momentos de servicio

$$P' = 45/1.50 = 30 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = 10.54/1.50 = 7.02 \text{ ton x m}$$

$$M_{ty} = 6.65 / 1.50 = 4.43 \text{ ton x m}$$

Chequeo x presión :

$$A_z = (1.50 \times 22.67) / (24 \text{ ton/ m}^2) = 1.42 \text{ m}^2$$

Proponiendo una zapata cuadrada = 1.25 x 1.25 m<sup>2</sup> (Primera aproximación )

Segunda aproximación = 1.75 x 1.75 m<sup>2</sup>

$$Az = 1.75 \times 1.75 \text{ m}^2 = 3.06 \text{ m}^2$$

(sección )

$$S = (1/6) (1.75^3) = 0.89 \text{ (Módulo de sección)}$$

$$Sx=Sy = 0.89 \text{ m}^4$$

Chequeo de presión sobre el suelo :

$$P' = 30 \text{ ton}$$

$$Ps = (1.75 \times 1.75) \times (1.79 \text{ ton/m}^3) \times (0.80 \text{ m}) = 4.39 \text{ ton}$$

$$Pcol = 0.83 \text{ ton}$$

$$Pcim = (0.30 \times 1.75^2 \times 2.40 \text{ ton/m}^3) = 2.20 \text{ ton}$$

---


$$P = 39.43 \text{ ton}$$

### Presión debajo del suelo

$$Q = P / Az \pm Mx / Sx \pm My / Sy$$

$$0 < Q < Vs$$

$$Q = 39.43 / 3.06 + (7.02 / 0.89) + (4.43 / 0.89) = 25.73 \text{ ton/ m}^2$$

$$39.43 / 3.06 - (7.02 / 0.89) - (4.43 / 0.89) = 0.03 \text{ ton/ m}^2$$

$$\text{Tercera aproximación} = 2.00 \times 2.00 \text{ m}^2$$

$$P' = 30 \text{ Ton}$$

$$Psuelo = (2 \times 2 \text{ m}^2) (0.80 \times 1.79 \text{ ton/m}^3) = 5.73 \text{ Ton}$$

$$Pcol = 0.83 \text{ Ton}$$

$$Pcim = (0.30 \times 2 \times 2 \times 2.40 \text{ ton/m}^3) = 2.88 \text{ ton}$$

---


$$P = 39.44 \text{ ton}$$

$$S = (1/6) (2^3) = 1.33 \text{ m}^4$$

$$Q = \frac{39.44\text{Ton}}{4\text{m}^2} + \frac{7.02\text{Tonxm}}{1.33} + \frac{4.43\text{Tonxm}}{1.33}$$

$$Q = 9.86 + 5.28 + 3.33 = 18.47 \text{ Ton/m}^2$$

$$Q = 9.86 - 5.28 - 3.33 = 1.25 \text{ Ton/m}^2$$

**0 < Q < Vs** El resultado cumple con que la presión sea menor al valor soporte del suelo y a la vez mayor que cero.

### **Chequeo por corte punzonante**

$$\text{Presión última de diseño} = 1.50 \times 18.97 = 27.71 \text{ ton/m}^2$$

Es necesario que el cimiento soporte el corte causado por las columnas.

Chequeo por corte simple

Espesor asumido = 30 cms

$$d = t - \text{rec} \quad d = 30 \text{ cms} - 7 \text{ cms} = 23 \text{ cms}$$

$$V_{act} = (2 \times 0.62 \times 28.45) = 35.28 \text{ Ton}$$

Corte que resiste el concreto

$$V_r = 0.85 \times 0.53 (\sqrt{f'_c}) \times b \times d / 1000$$

$$V_r = 0.85 \times 0.53 (14.49 \times 200 \times 23)$$

$$V_r = 30.02 \text{ Ton}$$

**Vr < Vact**

*El cimiento no soporta corte simple, es necesario incrementar el peralte del cimiento.*

Asumiendo un peralte de 35 cms, se tiene

$$d = 35 - 7 = 28 \text{ cms}$$

$$V_{act} = 0.85 \times 0.53 \times (\sqrt{210}) \times 200 \times 28 / 1000 = 35.28 \text{ ton}$$

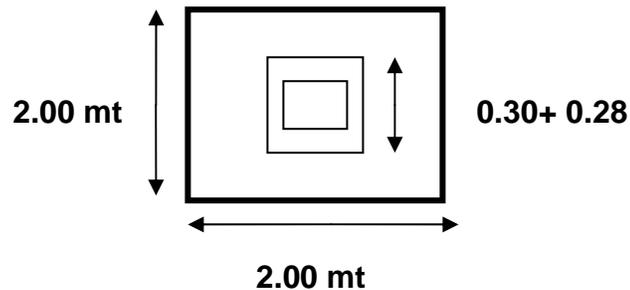
$$V_r = 36.55 \text{ ton}$$

$$V_r = 36.55 \text{ Ton} > V_{act}$$

*El peralte de 35 cms permite que el cimiento soporte el corte actuante.*

### **Chequeo x corte puzonante**

*Sección de columna = 0.30x 0.30 mts*



$$q \text{ diseño} = 1.50 \times 18.97 \text{ ton/m}^2 = 28.45 \text{ ton/m}^2$$

$$V_{act} = ((2 \times 2) - (0.58^2)) \times 28.45$$

$$V_{act} = 104.34 \text{ Ton}$$

Corte punzonante

$$\text{Perimetro} = 4 \times (28 + 30) = 232 \text{ cm}$$

$$V_r = 0.85 \times 1.06 \times (\sqrt{210}) \times \text{Perimetro} \times 35 / 1000$$

$$V_r = 0.85 \times 1.06 \times 14.49 \times 232 \times 28 / 1000 = 84.84 \text{ Ton}$$

$V_r < V_{act}$  (corte resistente es menor que corte actuante)

Se incrementará el peralte del cimiento

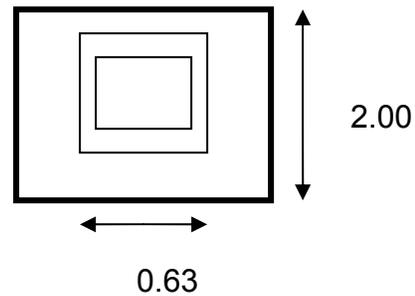
$t = 40 \text{ cms}$  (peralte asumido)

$d = 33 \text{ cms}$  (T-r)

$V_{act} = ((2 \times 2) - (0.63^2)) \times (28.45) = 102.51 \text{ Ton}$

Perímetro  $63 \times 4$

$d = 40 - 7$

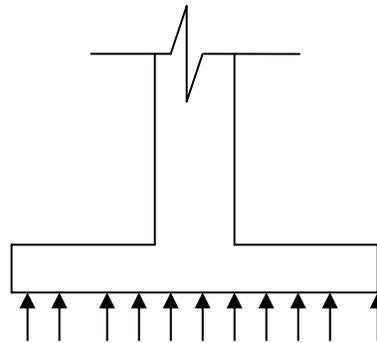


$V_r = 0.85 \times 1.06 \times (\sqrt{210}) \times 252 \times 33/1000 = 108.57 \text{ Ton}$

$V_r > V_{act}$  El espesor de 40 cms, soporta el corte simple y punzonante.

### Diseño del refuerzo x flexión

$q_{diseño} = 28.45 \text{ Ton/m}^2 \times 1 \text{ m} = 28.45 \text{ ton/m}$



$M_u = (28.45 \times 0.90^2/2) = 11.52 \text{ ton} \times \text{m} / \text{m}$

$$M_u = 11.22 \text{ ton x m}$$

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

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 33 \text{ cm}$$

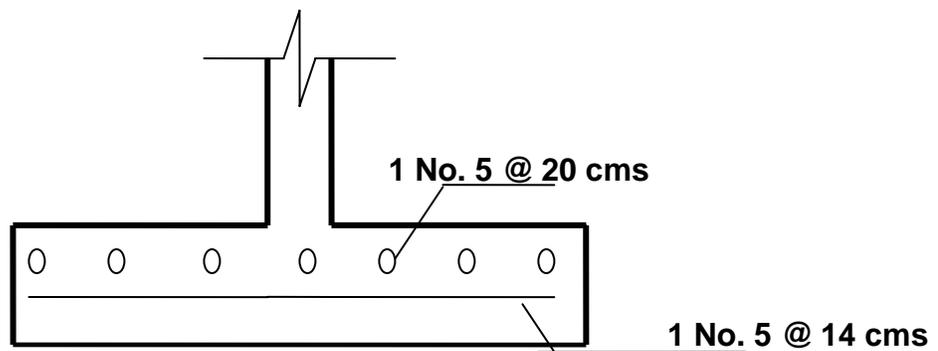
$$A_s \text{ req} = 13.90 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0.002 \times 100 \times 40 = 8 \text{ cm}^2$$

4

$$\text{Proponiendo varillas No.5} = A_s \text{ varilla No. 5} = 2 \text{ cm}^2$$

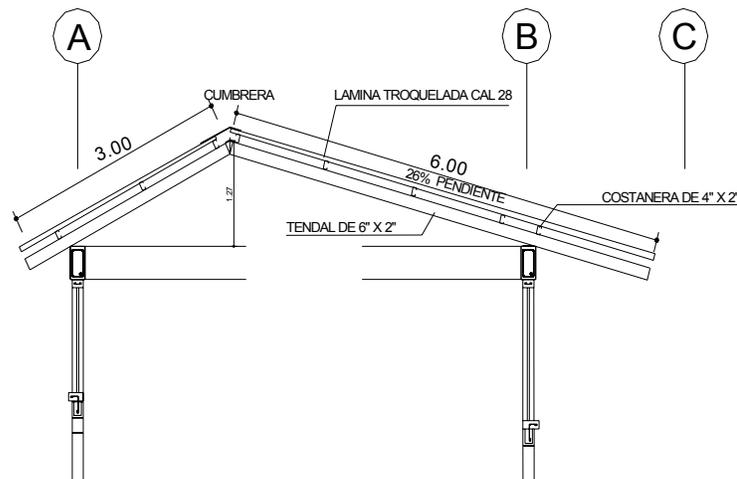
$$7 \text{ varillas No.5} = 14 \text{ cm}^2$$



**Figura 25. Armado de zapata (Módulo A)**

### 2.1.4.8 Diseño de cubierta de techo

El techo consistirá en una cubierta de láminas troqueladas a dos aguas, sostenido por estructura metálica



**Figura 26. Diseño de cubierta de techo**

Características de la lámina

Lámina troquelada de 10 pies de largo y ancho útil de 75 cms.

$$W \text{ lámina} = 2.25 \text{ kg/ m}^2$$

$$W \text{ costanera} = 3 \text{ kg /m (costanera de 4\"} \times 2\" \times 1/16 \text{ \" )}$$

$$W \text{ lámina} = (3 \times 29.70) \times (2.25 \text{ kg/m}^2) = 200.50 \text{ kg} \quad 401 \text{ kg}$$

$$W \text{ lámina} = 1.4 \times 200.50 = 280.70 \text{ kg}$$

$$W \text{ viva} = 50 \text{ kg/m}^2 \times 1.70 = 85 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Area} = 89.10 \text{ m}^2 \text{ (lado izquierdo)}$$

$$W \text{ viva} = (85 \times 89.10) = 7573.50 \text{ kg}$$

$$W_t = (7573.50 + 280.70) = 7,854.20 \text{ kg}$$

$$\text{Longitud} = 3.00 \text{ m}$$

$$\text{Número de tendales} = 18 \text{ (Transversal)}$$

$$W = (7854.20 \text{ kg} / 3) = 2618.50 \text{ kg} / 18 = 145.4 \text{ kg/m} \quad 144$$

$$W_t = 145.4 \text{ kg/m} \approx 0.097 \text{ kips/pie}$$

Se considera como viga simplemente apoyada

$$M = \frac{(0.097 \times 9.84^2)}{8} = 1.17 \text{ kip} \times \text{pie} \quad 4.70$$

Esfuerzo máximo al que se puede someter el acero =  $F_a$

$$F_a = 0.60 \times 36,000 \text{ lb} / \text{plg}^2 = 21,600 \text{ lb} / \text{plg}^2$$

$S$  = Módulo de sección requerido

$$M = 1.17 \text{ kip} \times \text{ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}} = 14.04 \text{ kips} \times \text{in}$$

$$F_a = 21.60 \text{ kips} / \text{plg}^2 \quad S = 14.04 / 21.60 = 0.65$$

$$S = 0.65 \quad 0.65 < 1.04$$

Se utilizará perfil de 6" x 2" para los tendales

## Diseño por corte

Si existe carga distribuida  $R = WL / 2$

En acero A36 cortante promedio  $< 14.5 \text{ kips/plg}^2$

$$R = \frac{WL}{2} = \frac{(0.097 \times 3 \text{ m} \times 3.28 \text{ ft/m})}{2} = 0.48 \text{ kips}$$

$$F_v = \frac{0.48}{(6 \text{ " } \times 1/16 \text{ "})} = 1.28 \text{ kips/plg}^2 < 14.50 \text{ kips/plg}^2$$

## Diseño por deflexión

$$\text{Deflexión real} = \left( \frac{5}{384} \right) \times \left( \frac{WL^3}{EI} \right)$$

Donde:

W : Carga distribuida

L = Longitud del tendal

EI = Módulo de elasticidad x Inercia

$$I_x = 3.80 \text{ plg}^4$$

$$\text{Deflexión permisible} = L/360$$

$$L = 3 \text{ m} \times 3.28 \frac{\text{ft}}{\text{M}} \times 12 \frac{\text{plg}}{\text{ft}} = 118.08 \text{ plg}$$

$$\text{Deflexión real} = \frac{(0.097 \text{ kips/plg}) (118.08 \text{ plg}^3)}{(29,000,000 \times 3.80)} = \left( \frac{5}{384} \right)$$

$$\text{Deflexión real} = 0.0000188 \text{ plg}$$

$$\text{Deflexión permisible} = (118.08 / 360) = 0.328 \text{ plg}$$

Deflexión real < deflexión permisible.

### 2.1.5.1 Diseño de muros sentido Y

Características del muro

Block a utilizar : 19 x 19 x 39 cms

Resistencia a compresión = 50 kg/cm<sup>2</sup>

Calculando carga distribuida de muro

Losa = 300 kg/m<sup>2</sup>

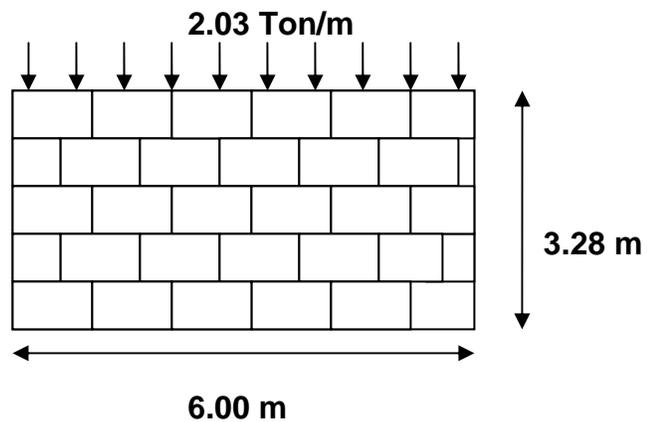


Figura 27. Diseño de muros sentido Y

Losa = 300 kg/m<sup>2</sup>      Área tributaria losa = 28.20 m<sup>2</sup>

Viga = 192 kg/m

Sobrecarga = 90 kg/m<sup>2</sup>

Losa = ( 8,460 kg / 6.00 m ) = 1410 kg/m

Sobrecarga = (28.20 x 90 ) / 6.00= 423.00 kg/m

Wm= 1833+192 = 2,025 kg/m = (Peso muerto )

**Wm = 2.03 ton/m**

### Chequeo x compresión

Ae= 0.51 área nominal ( área de Block)

$$F_{comp} = \frac{(W \text{ kg/m}) \times (L)}{(A_e \times L \text{ cms} \times \text{Ancho cms})}$$

$$F_{comp} = \frac{(2,025 \text{ kg/m} \times 6.00 \text{ m})}{(0.51 \times 600 \times 20)} = 1.99 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo admisible en compresión

$$F_a = 0.20 f'_m (1 - (h'/42t)^3) \quad F_a = 0.20 \times 0.50 \times (1 - (1.99/(42 \times 0.20))^3)$$

**Donde**  $f'_m$  = Resistencia a compresión de unidades de block

$H'$  = Altura, dependiendo de las condiciones

$T$  = Espesor del block

$$F_a = 9.87 \text{ kg/cm}^2$$

**$F_a = 0.50 \times 9.87 = 4.94 \text{ kg/cm}^2$  ( Disminuye un 50% po falta de supervisión adecuada )**

**$F_a > F_{comp}$  Chequea**

$$A_{smin} = 0.0007 \times L \times t = 0.0007 \times 600 \times 20 = 8.40 \text{ cm}^2$$

$$\text{Proponiendo varillas de } 1/2 \text{ " , serían 7 varillas de } 1/2 = 7 \times 1.27 = 8.89 \text{ cm}^2$$

Distribución de varillas : En 6 metros/ 7 varillas = 0.85 mts

**Colocar varillas No. 4 @ 80 cms**

### Chequeo x corte

$$V = (22.76 \text{ ton} \times \text{m} / 4) = 5.69 \text{ ton}$$

Grosor de muro = 20 cms

Empotrado arriba y abajo

$$F_v = (1.50 \times 5690 \text{ kg}) / (20 \times 600) = 0.711 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = (1/2) (5690 \text{ kg} \times 3.28 \text{ m}) = 9331660 \text{ kg} \times \text{cm}$$

$$M / Vd = (9331660) / (5690 \times 600) = 0.2733$$

$$F_v = 0.0886 (4 - 0.2733) \times \sqrt{(50)} = F_v = 2.33 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = (1.42 \times 0.4 \times 2810) / (0.83 \times 1.50 \times 20)$$

$$S = 64 \text{ cms}$$

Y si se coloca a cada 100 cms

$$100 = (A_v \times 0.4 \times 2810) / (1.245 \times 20) = 2490 / 1124$$

$$A_v = 2.21$$

Proponiendo varillas No.4 @ 100 cms

Varillas No.4 @ 100 cms (Horizontal)

### 2.1.5.2 Diseño de muros en sentido X

En el sentido X los marcos rígidos son los que trabajarán y soportarán las fuerzas gravitacionales y de sismo, los muros en este sentido, únicamente llevarán refuerzo mínimo, por tanto , se hará uso de normas mínimas tales como las NR-9 de AGIES.

$$\text{Acero vertical} = 0.0012 \times \text{ancho} \times \text{altura}$$

$$\text{Acero Horizontal} = 0.0007 \times \text{largo} \times \text{ancho}$$

Para muros de primer nivel, se tiene

$$\text{Altura} = 4.40 \text{ metros}$$

$$\text{Ancho} = 20 \text{ cms}$$

$$\text{Acero vertical} = 0.0012 \times 20 \times 4.40 = 10.56 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero horizontal} = 0.007 \times 4.40 \times 20 = 6.16 \text{ cm}^2$$

$$\text{Proponiendo varillas No.4} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{r} 4.40 \text{ metros} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 9 \text{ varillas} \\ \times \quad \quad \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \text{ varilla} \end{array}$$

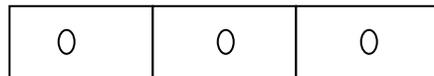
$$= \text{ A cada } 40 \text{ cms}$$

Se colocarán varillas No.4 @ 40 cms

Para el acero horizontal, se proponen varillas No.4, por lo tanto;

$$\begin{array}{r}
 6.16 \text{ cm}^2 \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 1.00 \text{ m} \\
 \times \quad \text{cm}^2 \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 0.40 \text{ m}
 \end{array}$$

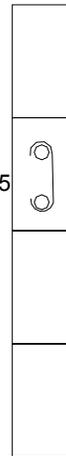
El resultado indica  $2.46 \text{ cm}^2$ , lo que se compensa con 2 varillas No.4 @ 2 hiladas, es decir a cada 40 cms



1 Varilla No.4 @ 40 cms

**Refuerzo vertical**

2 Varillas No.4  
+Est No.2 @ 15



Detalle de Acero Horizontal

**Figura 28. Detalle de refuerzo vertical y horizontal**

## **2.2 Diseño del sistema de alcantarillado sanitario**

### **2.2.1 Consideraciones generales**

Para llevar a cabo las distintas etapas de un proyecto de alcantarillado sanitario, a nivel general puede procederse de la siguiente manera:

Hacer un recorrido por la comunidad para indentificar aspectos físicos y poder determinar –posteriormente- el área de influencia, puntos probables de desfogue, etc. Es recomendable que dicho recorrido se haga con líderes comunitarios para obtener información que pueda requerir el/los proyectista (s) y viceversa.

Realizar una encuesta en la comunidad para establecer la voluntad de participación de la población en el proyecto a implementar e identificar las condiciones socioeconómicas existentes. Evaluar el sistema de agua existente para establecer su capacidad actual y futura. Establecer la dotación de agua para el diseño de la red de drenaje.

Realización del levantamiento topográfico de primer orden para el diseño de la red de drenaje y sistema de tratamiento para su posterior revisión y confrontación con aspectos tomados en campo.

Los parámetros de diseño estarán en función de aspectos técnicos y socioeconómicos que se toman en cuenta para realizar el diseño hidráulico, su costo e implementación.

## **2.2.2 Clasificación de sistemas de alcantarillado sanitario**

### **a) Sistema de alcantarillado sanitario**

Consiste en proyectar el diseño e instalación de una tubería y obras accesorias para la recolección y conducción de las aguas negras provenientes de casas comercios e industrias, quedando de esa forma excluida los caudales de tormenta o lluvia intensa.

### **b) Sistema de alcantarillado pluvial**

Es el conjunto de tuberías y obras accesorias necesarias para evacuar en forma funcional y económica, las aguas provenientes de la lluvia; en este tipo de sistema deben considerarse varios factores, tales como la intensidad de lluvia, área a drenar, entre otros, es de vital importancia para evacuar el agua de lluvia en calles y avenidas y conducirlos hacia un punto de descarga previsto.

### **c) Sistema de alcantarillado combinado**

Consiste en el diseño e instalación de tubería y obras accesorias necesarias para la conducción de aguas negras y agua de lluvia; es necesario tomar en cuenta que en época de verano solamente correrán aguas negras, por lo que hay que verificar velocidades mínimas, asimismo es necesario ubicar derivadores de caudal, con el objeto de aliviar a los colectores de los enormes gastos que resultan de precipitaciones pluviales; los puntos más convenientes, son aquellos donde los flujos adquieren grandes proporciones y los cursos de desagües naturales se encuentran cerca del sitio de alivio.

### **2.2.3 Topografía del sector**

En el diseño de cualquier sistema de alcantarillado es necesario recopilar información acerca de área a drenar, densidad de vivienda cambios de nivel para cada tramo; lo anterior se logra a través de un estudio topográfico consistente en planimetría y altimetría.

#### **a) Planimetría:**

Área de la topografía que consiste en la utilización de distintos métodos para calcular la superficie de terreno en estudio – considerando la superficie terrestre de forma plana – asimismo permite la ubicación de puntos de referencia que faciliten la localización del área en estudio.

Para obtener una representación del área en estudio, se utilizó el método de conservación de azimut, siendo necesario hacer un recorrido previo; asimismo se utilizó un teodolito para obtener ángulos horizontales y distancias, tanto en las esquinas como en las calles y avenidas, también se fue anotando en la libreta de campo datos necesarios para el dibujo y densidad de vivienda.

#### **b) Altimetría**

Área de la topografía que considera los cambios de nivel del área en estudio, previo a esto, es necesario hacer un recorrido del área, y establecer uno o varios puntos de referencia – o banco de marca – a partir del cual se referirá la nivelación.

Para el presente caso se utilizó un teodolito, estadal, plomada y cinta métrica, así como personal auxiliar, tales como cadeneros; se tomaron diferencias de nivel a cada veinte metros, y en los puntos donde se ubicarían pozos de visita, con esto se obtuvo el perfil de calles y avenidas, para su representación y análisis correspondiente.

#### **2.2.4 Parámetros de diseño**

Período de diseño	20 años
Densidad de población	6 habitantes / vivienda
Tasa de crecimiento	2.5 % anual
Población actual	1470 habitantes
Viviendas actuales	245 viviendas
Población futura (20 años)	2409 habitantes
Forma de evacuación	gravedad
Dotación de agua potable.	150 lts/hab/día
Factor de caudal máximo	2
Factor de caudal mínimo	0.65
Factor de retorno	80%
Factor de flujo instantáneo	Harmond
Tubería a utilizar	PVC, norma ASTM 3034
Coefficiente de rugosidad	0.010 (Manning)
Velocidad mínima	0.40 mts/seg. Al final del diseño
Velocidad máxima	3.00 mts/seg. Al final del diseño

##### **2.2.4.1 Población futura**

Se realizó una proyección de la población para un período de 20 años, adoptando una tasa de crecimiento del **2.5%** anual que corresponde al departamento de Guatemala según el INE. En el año 2021 habrá 2409 los cuales estarán demandando el servicio de drenaje sanitario.

Al utilizar la fórmula de proyección:

$$P_n = P_i (1 + i)^n$$

De donde

- **P<sub>n</sub>** = Población en el año n,
- **P<sub>i</sub>** = Población inicial,
- **i** = Tasa de crecimiento,
- **n** = Numero de años.

$$P_n = P_i (1 + i)^n$$

### **2.2.5 Selección de ruta**

El trayecto que ha de seguir el flujo de aguas servidas está en función de la ruta que se seleccione para el colector principal, teniendo en consideración los siguientes aspectos:

- a) Delimitar el área a drenar, considerando límites y derechos de paso para el colector principal e identificar posibles puntos de descarga.
- b) Dirigir el flujo de agua servida desde puntos altos hacia puntos más bajos.
- c) En la medida de lo posible, se debe seguir la pendiente del terreno, esto evitará una excavación profunda y disminuirá costos.
- d) Evitar que el flujo de aguas servidas vaya en contra de la pendiente del terreno.

<b>Profundidad mínima de tuberías para evitar rupturas (mt)</b>						
<b>Diámetro</b>	<b>8"</b>	<b>10"</b>	<b>12"</b>	<b>16"</b>	<b>18"</b>	<b>24"</b>
Tráfico normal	1.22	1.28	1.33	1.41	1.5	1.66
Tráfico pesado	1.42	1.48	1.53	1.51	1.7	1.86

**Fuente:**

**Diseño del sistema de Alcantarillado Sanitario para las Colonias Linda Vista y Nueva Vida en el municipio de Guastatoya, Departamento de El Progreso**  
**Ing. Adolfo Daniel Ortíz López p.p 24.**

### **2.2.6 Pozos de visita**

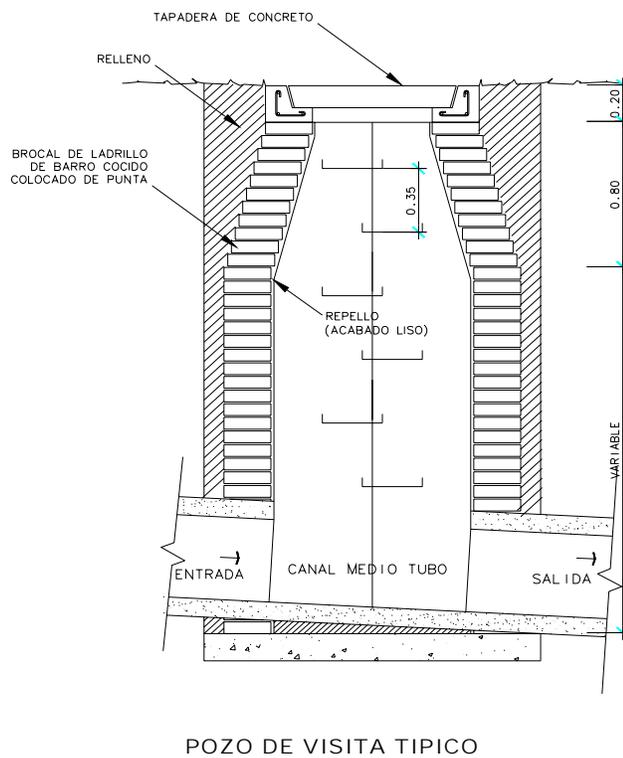
Constituyen parte del sistema de alcantarillado y permiten el acceso a éste ya sea para realizar trabajos de inspección o limpieza; pueden construirse con tubos reforzados de concreto, o con ladrillo de barro cocido.

Existen instituciones gubernamentales que rigen la forma de construirlos, dada la experiencia y funcionalidad que han conseguido, por lo tanto, a continuación se mencionan las partes de un pozo de visita típico:

El ingreso es circular, el diámetro oscila entre 0.60 a 0.84 m, la tapadera se apoya sobre un brocal, ambos se construyen de concreto reforzado, el pozo de visita tiene una parte cónica y una cilíndrica ; la primera tiene una profundidad de 1.20 m, la profundidad de la segunda parte dependerá

de la profundidad que se requiera, las paredes del pozo deben impermeabilizarse con repello más cernido, debe colocarse una base de concreto, dándole la pendiente necesaria para que el agua se dirija hacia la dirección deseada; asimismo para el ingreso a los pozos de visita deben colocarse escalones de hierro de 3/8" empotrados en la pared del pozo.

**Figura 29. Pozo de visita típico**



### **2.2.6.1 Ubicación de pozos de visita**

La ubicación de los pozos de visita es necesaria en los siguientes casos:

- Al inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Donde exista cambio de pendiente del terreno
- En donde exista cambio de dirección horizontal
- En distancias no mayores de 75 metros
- En las curvas horizontales de terreno

### **2.2.7 Conexiones domiciliarias**

Su función principal es descargar las aguas, provenientes de las casas o edificios y conducir las al colector central, consta de las siguientes partes:

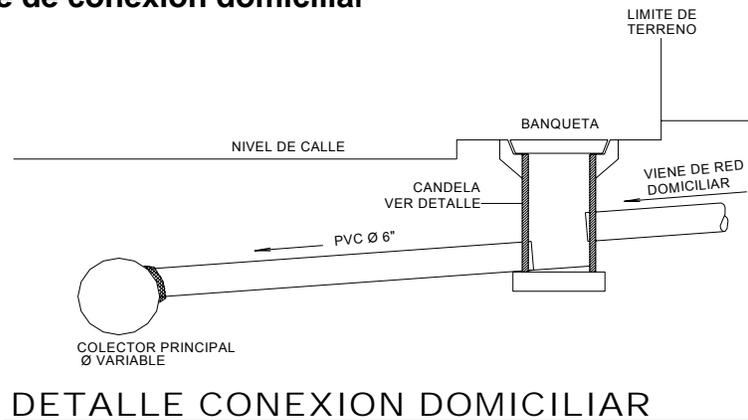
- Candela domiciliar
- Tubería secundaria

Candela domiciliar:

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o bien con tubos de concreto colocados verticalmente; si la caja es rectangular el lado menor debe ser de 45 cms, como mínimo; si fuese circular tendrá un diámetro mínimo de 12 pulgadas, asimismo deben impermeabilizarse y tener una tapadera para realizar inspecciones.

La base tiene que ser fundida de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan hacia la tubería secundaria y ésta pueda llevarla al alcantarillado central, la profundidad mínima de la candela será de un metro.

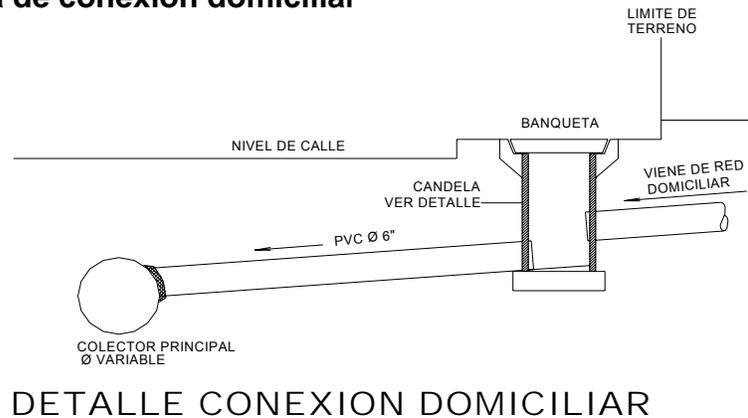
**Figura 30. Detalle de conexión domiciliar**



### Tubería secundaria

La conexión de la candela domiciliar hacia la tubería central, se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas, asimismo debe tener una pendiente mínima del 2% para evacuar adecuadamente el agua. La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 ° aguas abajo.

**Figura 31. Planta de conexión domiciliar**



### 2.2.8 Caudal de diseño

Consiste en estimar la cantidad de agua negra que transportará la alcantarilla en los distintos puntos donde fluya; es necesario integrar ciertos valores que componen el caudal de diseño, tales como:

$$Q \text{ diseño} = \text{No. De Hab} \times \text{FH} \times \text{Fqm}$$

Siendo :

No. De Hab = Número de habitantes futuros

FH= Factor de Hardmon

Fqm= Factor de caudal medio

Factor de caudal medio:

Para estimar este factor, es necesario hacer la sumatoria de distintos caudales, dependiendo su procedencia, tales como:

Caudal domiciliar

Caudal comercial

Caudal industrial

Caudal de infiltración

Caudal de conexiones ilícitas

El factor de caudal medio debe estar en el siguiente rango

$$0.002 \text{ lts/seg} < \text{Fqm} < 0.005 \text{ lts/seg}$$

Para facilitar la obtención de este factor de caudal medio, existen instituciones que se dedican al diseño de sistemas de alcantarillado, y por experiencia han estimado ciertos valores como los siguientes.

Fqm=	0.0046 lts/seg	INFOM
	0.0030 lts/seg	Distintas municipalidades

### **2.2.9 Criterios para el diseño hidráulico**

Los sistemas de alcantarillado sanitario se proyectan como canales abiertos, en los cuales el agua circula por acción de la gravedad y sin ninguna presión – a excepción de la que produzcan los gases eventualmente – de lo contrario las aguas negras brotarían a través de los inodoros, reposaderas, etc.

Las características hidráulicas que presenta la tubería P.V.C. para el análisis del flujo de aguas negras se presentan a continuación.

El valor del coeficiente de rugosidad se considera con un valor de 0.010, debido a que la tubería posee una superficie más lisa que el resto de materiales.

La altura del tirante debe encontrarse entre un máximo de 0.80D y un mínimo de 0.20 D.

La velocidad a sección parcialmente llena debe estar en los siguientes límites:

Velocidad mínima = 0.40 m/seg (para evitar sedimentación)

Velocidad máxima = 5.00 m/seg (para evitar erosión en la tubería)

Utilizar como diámetro mínimo para el colector central – inicio de ramales – tubería de 6 pulgadas.

### **2.2.10 Ventajas y desventajas de la tubería P.V.C.**

a) Ventajas :

- Condiciones hidráulicas favorables
- Alta resistencia al impacto
- Instalación rápida y sencilla
- Reduce costos de excavación
- Facilidad de transporte
- Avance en ejecución
- Juntas herméticas

b) Desventajas:

- Su costo es mayor respecto a la tubería de concreto.
- Para su instalación se necesita mano de obra calificada.

### 2.2.11 Cálculo hidráulico

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV4 y PV7, a continuación se listan los datos necesarios:

**Cotas de terreno:**

Cota inicial: 101.44

Cota final: 100.71

**Longitud entre pozos:**

38.5 metros

**Pendiente del terreno:**

1.88%

**Longitud acumulada:**

176 metros

**Número de casas**

6 casas

**Población de diseño:**

Población actual = 6 casas x 6 hab/casa = 36 Hab.

Población futura =  $36 (1+0.025)^{20} = 59$  habitantes

Distancia acumulada para el tramo= 176 metros

Factor de población=  $59/176 = 0.34$  hab/m

Población futura acumulada= Factor de población x Long. Acumulada

PFA=  $0.34 \times 176 = 59$  habitantes

**Se adoptará el factor de caudal medio**

$$F_{qm} = 0.0046 \text{ lts/seg/Hab}$$

**Factor de Hadmon :**

$$FH = \left( 18 + \sqrt{(59/1000)} \right) / \left( 4 + \sqrt{(59/1000)} \right)$$

$$FH = 4.30$$

**Caudal de diseño:**  $59 \times 4.30 \times 0.0046 = 1.167 \text{ lts/seg}$

**Diseño hidráulico:** Diámetro del tubo = 6"

$$\text{Pendiente del terreno} = 1.89\%$$

**Velocidad a sección llena :** Ø del tubo = 6"

$$\text{Pendiente del terreno} = 1.89\%$$

$$V = \left( \frac{1}{0.010} \right) \times \left( \frac{0.1524}{4} \right)^{2/3} \times \left( 0.0189 \right)^{1/2}$$

$$V = 1.79 \text{ m/seg}$$

$$\text{Área del tubo} = \left( \pi \times \left( \frac{\text{Ø}}{2} \right)^2 \right) / 4 = \left( 3.1416 \times 0.1524^2 \right) / 4$$

$$\text{Área del tubo} = 0.02 \text{ m}^2$$

$$Q = (1.79 \text{ m/seg}) \times (0.02 \text{ m}^2) \times (1000 \text{ lts/ m}^3) = 70.37 \text{ lts/seg}$$

**Relaciones hidráulicas :** Ø del tubo = 6 "

$$\text{Pendiente del terreno} = 1.89\%$$

$$q/Q = (1.167 \text{ lts/seg} / 32.66 \text{ lts/seg}) = 0.03572$$

Buscando un valor aproximado en la tabla de relaciones hidráulicas, se tiene :  $v/V = 0.4707$   $d/D = 0.129$

$$v = (v/V) \times V = (0.4707 \times 1.79) = 0.8425 \text{ m/seg}$$

Lo cual cumple con velocidad mínima de 0.60 m/seg y menor que 5 m/seg

**Altura del tirante :**  $\emptyset$  del tubo = 6 “

$$d = (d/D) \times D$$

$$d = 0.129 \times (0.1524) = 0.01965 \text{ m}$$

Que se encuentra en los rangos establecidos

$$0.10 < d/D < 0.75$$

### **Profundidad del pozo de visita**

Para el pozo No. 1 se tiene

$$\begin{aligned} \text{Cota invert inicial} &= 99.38 \\ \text{Cota del terreno} &= 101.441 \end{aligned}$$

$$\text{Profundidad del pozo} = 2.06 \text{ metros}$$

Para el pozo No. 2 se tiene

$$\begin{aligned} \text{Cota invert inicial} &= 98.42 \\ \text{Cota del terreno} &= 100.71 \end{aligned}$$

$$\text{Profundidad del pozo} = 2.30 \text{ metros}$$

### **Volumen de excavación**

Entre pozo No. 4 y No. 7

$$V = \frac{(\text{Prof 1} + \text{Prof 2})}{2} \times Dh \times \text{ancho de zanja}$$

$$V = \frac{(2.30 + 2.06)}{2} \times 38.50 \times 0.60 = 50.36 \text{ m}^3$$

## CONCLUSIONES

1. Mediante el diseño y especialmente la construcción -acorde al presente diseño- de la Escuela de Nivel Primario, se contribuye a la seguridad y confort de los alumnos, brindando un aporte a la educación nacional.
2. Ante la demanda de alumnos que tiene la presente escuela, y la limitante de área del terreno, debe construirse un edificio escolar, como mínimo de dos niveles, para seguridad y confort de los alumnos.
3. Por facilidad constructiva y avance en ejecución, debe utilizarse tubería P.V.C. Norma 3034, dada su manejabilidad, características hidráulicas y facilidad de transporte, lo cual se traduce en disminución de costos.
4. El uso de sistemas prefabricados de losa, permite avance en diseño y ejecución, dando como resultado, adaptabilidad y economía al constructor.
5. Todo diseño estructural busca que la estructura sea lo más eficiente posible; en el presente diseño se implementa la losa pre-fabricada con lo que se logra que la estructura sea un 30% más liviana, lo que se convierte en columnas y cimientos más eficientes y económicos.
6. En cuanto al alcantarillado, puede asegurarse que el uso de tubería P.V.C. Norma 3034, permite una evacuación rápida de desechos líquidos, en forma económica y con pendientes mínimas.

## RECOMENDACIONES

1. Debido al tipo de suelo, es recomendable, que se establezca utilizando una proporción 1: 5 de suelo cemento ( material selecto), para evitar asentamientos diferenciales.
2. Es necesario que cada tramo de tubería, sea instalado por mano de obra calificada, guardando la pendiente de diseño, uniéndose las juntas en tubería y verificando la tubería con luz, para evitar cualquier taponamiento y daño alguno.
3. El relleno debajo de la tubería deberá ser de material selecto, apisonado manualmente en capas de 15 cms, arriba de la tubería deberá apisonarse manualmente hasta una capa de 60 cms, luego podrá agregarse material del mismo suelo excavado, compactándolo con maquinaria adecuada.
4. Respecto de la escuela es necesario que se tome en cuenta la colocación estratégica de extinguidores de fuego debido al riesgo que corre cualquier inmueble a determinado siniestro; se recomienda la colocación de éstos en los pasillos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA) **Monografía de Mixco**. 1985. 75pp.
2. Cabrera , Fernando. **Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2** Tesis Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1992
3. Cabrera , Jadenon . **Guía Teórica y Práctica del Curso de cimentaciones 1** .Tesis Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1996
4. Morales Brenda Patricia. **Criterios Normativos de diseño para edificios escolares parvularios**. Tesis Arq. Facultad de Arquitectura. Guatemala. Universidad de San Carlos. 1984.
5. Sic García, Angel . **Guía Teórica y Práctica del Curso de Concreto Armado 2**. Tesis Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1988.

## ANEXOS

### Figura 32

Proyecto: Escuela Primaria

Ubicación: Bendición de Dios II, Aldea la Comunidad

Fecha: dic-03

Elaboró: Mariano Soto  
Módulo "A"

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>Trabajos Preliminares</b>				
Limpieza	m 2	983.75	Q1.75	Q1,721.56
Trazo y Estaqueado	ml	90.44	Q3.30	Q298.45
Movimiento de Tierra o extracción de Ripio a mano	m 3	49.1875	Q25.00	Q1,229.69
Bodega de materiales	m2	30	Q10.00	Q300.00

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>Cimiento corrido</b>				
Excavación de 50 cms hasta 0.80 mts de profundidad.	ml	59.4	Q4.00	Q237.60
Excavación de 60 cms hasta 0.80 mts de profundidad.		25.2	Q4.25	Q107.10
Armado de cimiento sentido x	ml	59.4	Q2.25	Q133.65
Armado de cimiento sentido y	ml	25.2	Q2.25	Q56.70
Fundición de cimiento Corrido	ml	84.6	Q18.00	Q1,522.80
Varillas de hierro No.4	varillas	43	Q25.00	Q1,075.00
Varillas de hierro No.3	varillas	181	Q20.75	Q3,755.75
Cemento	saco	86	Q38.00	Q3,268.00
Arena de río	m 3	5.5	Q80.00	Q440.00
Piedrín de 3/4	m 3	5.5	Q150.00	Q825.00
Alambre de amarre	libras	31	Q5.00	Q153.57

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>C</b>	<b>Zapata Tipo 1</b>				
1	Excavación	m 3	11.2	Q15.00	Q168.00
2	Hierro No. 5	varillas	56	Q29.00	Q1,624.00
3	Alambre de amarre	lbs	56	Q5.00	Q280.00
4	Cemento	saco	110	Q38.00	Q4,180.00
5	Arena	m 3	6.5	Q80.00	Q520.00
6	Piedrín	m 3	6.5	Q150.00	Q975.00
7	Armado de zapata 2 x 2	Unidad	7	Q33.60	Q235.20
8	Fundición de zapata	m 3	11.2	Q80.00	Q896.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>D</b>	<b>Zapata Tipo 2</b>				
1	Excavación	m 3	10.108	Q15.00	Q151.62
2	Hierro No. 5	varillas	51.52	Q29.00	Q1,494.08
3	Alambre de amarre	lbs	51.52	Q5.00	Q257.60
4	Cemento	saco	101.2	Q38.00	Q3,845.60
5	Arena	m 3	5.98	Q80.00	Q478.40
6	Piedrín	m 3	5.98	Q150.00	Q897.00
7	Armado de zapata 2 x 2	Unidad	7	Q33.60	Q235.20
8	Fundición de zapata	m 3	10.108	Q80.00	Q808.64

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>E</b>	<b>Levantado de muros Nivel 1</b>				
1	Levantado de block pómez , cisado hasta primer nivel, sentido x	m 2	475.2	Q20.00	Q9,504.00
2	Levantado de block pomez , cisado hasta primer nivel, sentido y	m 2	96	Q20.00	Q1,920.00
3	Armado de columna Tipo C-1 con estribos	unidad	14	Q30.00	Q420.00
4	Hechura de andamios	ml	59.4	Q3.50	Q207.90
5	Fundición de columna Tipo C-1	unidad	14	Q220.00	Q3,080.00
6	Fundición de columna Tipo C-3	unidad	15	Q220.00	Q3,300.00
7	Block pómez 0.19 x 0.14 x 0.39	unidad	1510	Q2.20	Q3,322.00
8	Block estructural 0.19 x 0.19 x 0.39	unidad	936	Q2.40	Q2,246.40
9	Cemento	sacos	51	Q36.00	Q1,836.00
10	Arena	m 3	3	Q80.00	Q240.00
11	Piedrín	m 3	3	Q150.00	Q450.00

12	Hierro de 5/8"	varillas	48	Q29.00	Q1,392.00
13	Hierro de 1/2"	4 varillas	24	Q25.00	Q600.00
14	Hierro de 3/8 "	3 varillas	87	Q20.75	Q1,805.25

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>F</b>	<b>Solera intermedia</b>	<b>m lineal</b>			
	Block U 0.14 x 0.19 x				
1	.39	Unidad	2.5	Q2.50	Q6.25
2	Hierro No. 4	Varillas	0.6	Q22.00	Q13.20
3	Hierro No. 2	Varillas	0.33333	Q8.50	Q2.83
4	Cemento	Sacos	0.72	Q36.00	Q25.92
5	Arena de rio	m 3	0.056	Q80.00	Q4.48
6	Piedrín de 3/8"	m 3	0.056	Q145.00	Q8.12
7	Fundición de solera	m lineal	1	Q5.50	Q5.50

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>G</b>	<b>Fundición de losa</b>				
1	Armado de entrepiso- Sist Monolit Vigueta y bovedilla	m2	182.655	Q38.00	Q6,940.89
2	Fundición de Concreto 5 cms	m 2	182.655	Q15.00	Q2,739.83
3	Paraleado y colocación de tablas	m 2	182.65	Q12.00	Q2,191.80
4	Armado de rigidizantes	unidades	12	Q30.75	Q369.00
5	Vigueta VOP 20 Monolit 4.65 m l	unidades	54	Q255.00	Q13,770.00
6	Bovedilla de 15 cms	Unidades	1360	Q3.75	Q5,100.00
7	Electromalla 6x6 de 2.35 x 6.00	unidades	13.0	Q185.00	Q2,396.54

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>H</b>	<b>Levantado de muros Nivel 2</b>				
1	Levantado de block pómez , cisado para segundo nivel, sentido x	m 2	475.2	Q40.00	Q19,008.00
2	Levantado de block pómez , cisado para segundo nivel, sentido y	m 2	96	Q40.00	Q3,840.00
3	Armado de columna Tipo C-1 con estribos	unidad	14	Q35.00	Q490.00
4	Hechura de andamios	ml	59.4	Q5.00	Q297.00
5	Fundición de columna Tipo C-1	unidad	14	Q220.00	Q3,080.00
6	Fundición de columna Tipo C-3	unidad	15	Q220.00	Q3,300.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>J</b>	<b>Instalaciones</b>				
1	Hidráulicas	global	1	Q3,490.20	Q3,490.20
2	Drenaje	global	1	Q3,452.63	Q3,452.63
3	Eléctricas	global	1	20051.064	Q20,051.06

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>K</b>	<b>Puertas y Ventanas</b>				
1	Puertas de metal	unidad	6	Q500.00	Q3,000.00
2	Ventanas Tipo 1	unidad	6	Q220.00	Q1,320.00
3	Ventanas Tipo 2	unidad	6	Q175.00	Q1,050.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>L</b>	<b>Vigas Tipo 1</b>	<b>m lineal</b>			
1	Fundición de Viga	m lineal	1	Q90.00	Q90.00
2	Cemento	m 3	0.72	Q36.00	Q25.92
3	Arena de río	m 3	0.056	Q80.00	Q4.48
4	Piedrín	m 3	0.056	Q150.00	Q8.40
5	Hierro No. 6	varillas	0.60317	Q30.00	Q18.10
6	Hierro No. 5	varillas	0.60317	Q27.00	Q16.29
7	Hierro No. 4	varillas	1.05	Q20.75	Q21.79
8	Hierro No. 2	varillas	1.1	Q8.50	Q9.35
9	Formaleteado de viga	m lineal	1	Q25.00	Q25.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>M</b>	<b>Vigas Tipo 3</b>	<b>m lineal</b>			
1	Fundición de Viga	m lineal	1	Q90.00	Q90.00
2	Cemento	m 3	0.72	Q36.00	Q25.92
3	Arena de río	m 3	0.056	Q80.00	Q4.48
4	Piedrín	m 3	0.056	Q150.00	Q8.40
6	Hierro No. 5	varillas	0.2	Q27.00	Q5.40
7	Hierro No. 4	varillas	1.5	Q20.75	Q31.13
8	Hierro No. 2	varillas	1.1	Q8.50	Q9.35
9	Formaleteado de viga	m lineal	1	Q25.00	Q25.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>I</b>	<b>Cubierta de Techo</b>				
1	Colocación de costaneras y tendales	m 2	230.5	Q25.00	Q5,761.80
2	Colocación de lámina	m 2	230.5	Q18.00	Q4,148.50
3	Láminas de 10 pies	Unidad	113	Q60.00	Q6,780.00
4	Costaneras de 6"x2"	Unidad	42	Q145.00	Q6,090.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario
<b>N</b>	<b>Columnas Tipo C-1</b>	<b>m lineal</b>		
1	Fundición de Columna	m lineal	1	Q90.00
2	Cemento	m 3	0.09	Q36.00
3	Arena de río	m 3	0.063	Q80.00
4	Piedrín	m 3	0.063	Q150.00
6	Hierro No. 5	varillas	1.33333	Q27.00
7	Hierro No. 4	varillas	0.33333	Q20.75
8	Hierro No. 2	varillas	1.16667	Q8.50
9	Formaleteado de columna	m lineal	1	Q40.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario
<b>O</b>	<b>Columnas Tipo C-2</b>	<b>m lineal</b>		
1	Fundición de Columna	m lineal	1	Q90.00
2	Cemento	m 3	0.09	Q36.00
3	Arena de río	m 3	0.063	Q80.00
4	Piedrín	m 3	0.063	Q150.00
6	Hierro No. 5	varillas	0.66667	Q27.00
7	Hierro No. 4	varillas	0.33333	Q20.75
8	Hierro No. 2	varillas	1.16667	Q8.50
9	Formaleteado de columna	m lineal	1	Q40.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario
<b>P</b>	<b>Gradas seccion inicial</b>			
1	Hierro No. 4	varilla	1	Q25.00
2	Hierro No. 3	varilla	26	Q20.75
3	Alambre de amarre	libra	10.4	Q5.00
4	Cemento	sacos	153	Q36.00
5	Arena de río	m 3	5.6	Q80.00
6	Piedrin 3/4"	m 3	5.6	Q150.00
7	Block de 0.14x0.19x0.39	Unidad	100	Q2.20
8	Levantado de muro	m 2	7.6	

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>Q</b>	<b>Gradas seccion final</b>				
1	Hierro No. 3	varilla	23	Q20.75	Q477.25
3	Alambre de amarre	libra	8	Q5.00	Q40.00
4	Cemento	sacos	150	Q36.00	Q5,400.00
5	Arena de río	m 3	5.2	Q80.00	Q416.00
6	Piedrin 3/4"	m 3	5.2	Q150.00	Q780.00
7	Block de 0.14x0.19x0.39	Unidad	55	Q2.20	Q121.00
8	Levantado de muro	m 2	4.4	Q40.00	Q176.00
9	Fundición de gradadas	ml	18	Q85.00	Q1,530.00
10	Formaleteado de gradadas	ml	18	Q40.00	Q720.00

**Módulo A**    *Doscientos cuarenta y siete mil cuatrocientos cincuenta y uno con 33/100*    **Q247,451.33**

**Módulo B**    *Doscientos nueve mil seiscientos cinco con 11/100*    **Q209,605.11**

Subtotal    Q457,056.43

Imprevistos    Q45,705.64

Gastos Administrativos    Q54,846.77

Total    ***Quinientos cincuenta y siete mil seiscientos ocho con 85/100***    **Q557,608.85**

**Figura 33**

Módulo B	
Trabajos preliminares	Q2,957.97
Cimiento corrido	Q9,645.59
Zapata tipo 1	Q7,398.20
Zapata tipo 2	Q6,806.56
Levantado de muro nivel 1	Q25,268.61
Solera Intermedia	Q7,922.93
Armado de losa	Q27,922.26
Levantado de muro nivel 2	Q25,011.50
Cubierta de techo	Q18,982.82
Instalaciones varias	Q22,494.00
Puertas y ventanas	Q4,474.82
Vigas tipo 1	Q4,249.12
Vigas tipo 3	Q9,883.52
Columnas tipo C-1	Q7,955.36
Columnas tipo C-2	Q8,689.67
Gradas sección inicial	Q10,186.50
Gradas sección final	Q9,660.25
<b>Sub Total</b>	<b>Q209,509.69</b>

Módulo A	
	Sub total
Trabajos Preliminares	Q3,549.70
Cimiento corrido	Q11,575.17
Zapata tipo 1	Q8,878.20
Zapata tipo 2	Q8,168.20
Levantado de muro nivel 1	Q30,323.55
Solera Intermedia	Q9,507.90
Armado de losa	Q33,508.05
Levantado de muro nivel 2	Q30,015.00
Cubierta de techo	Q22,780.30
Instalaciones varias	Q26,993.88
Puertas y Ventanas	Q5,370.00
Vigas tipo 1	Q5,099.15
Vigas tipo 3	Q11,860.70
Columnas Tipo C-1	Q9,546.81
Columnas Tipo C-2	Q10,428.02
Gradas sección inicial	Q10,186.50
Gradas sección final	Q9,660.25

### Figura 34

Proyecto: Alcantarillado Sanitario  
 Ubicación: Bendición de Dios II, Aldea la Comunidad  
 Fecha: dic-03  
 Elaboró: Mariano Soto  
 Colector  
 Central

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>A</b>	<b><i>Movimiento de Tierra</i></b>				
1	Planimetría	km	2.2935	Q1,600.00	Q3,669.60
2	Altimetría	km	2.2935	Q1,800.00	Q4,128.30
3	Excavación	m 3	2088.46	Q75.00	Q156,634.50
4	Relleno	m 3	2088.46	Q50.00	Q104,423.00
5	Compactación	m 3	2088	Q50.00	Q104,400.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>B</b>	<b><i>Colocación de tubería</i></b>				
	Tubería Norma 3034 6"				
1	diametro	Tubos	78	Q399.00	Q31,122.00
	Tubería Norma 3034 8"				
2	diametro	Tubos	107	Q612.00	Q65,484.00

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub- Total
<b>C</b>	<b><i>Obras accesorias</i></b>				
1	Pozos de Visita hasta 2.00 m de Profundidad	Unidad	10	Q2,470.00	Q24,700.00
2	Pozos de Visita de 2.01 m hasta 4.00 m de profundidad	Unidad	10	Q2,950.00	Q29,500.00
4	Pozos de Visita de 4.01 m hasta 7.00 m de profundidad	Unidad	5	Q3,485.00	Q17,425.00
5	Conexiones domiciliare	Unidad	267	Q425.00	Q113,475.00
6	Caja de visita	Unidad	267	Q326.00	Q87,042.00

**Total**

**Setecientos cuarenta y dos mil con 40/100**

**Q742,003.40**



**Proyecto:** Alcantarillado Sanitario  
**Ubicación:** Colonia La Bendición de Dios II  
**Tipo de Tubería:** P.V.C. Norma 3034

Tasa de crecimiento: 2.5 %  
 Período de diseño: 20 años

Habitantes: 1602  
 Actual: 1602  
 Futuro: 2625 Habitantes 1.64

De P.V. No.	A P.V. No.	COTAS DE TERRENO		AREA TRIBUTARIA				Cotas Invert		Alturas		Ø pulg	Ancho de zanja	Volumen de excavacion metros cúbicos			
		Inicial (m)	Final (m)	Longitud (metros)	Pendiente de terreno	Local (m)	Acum (m)	No. De Casas	q Diseño (lts/seg)	Pendiente de tubería	Inicial				Final	Inicio	Final
1	2	105.89	103.7	55	3.982	55	55	13	2.48	4	104.39	102.19	1.50	1.51	6	0.60	49.67
2	3	103.7	101.731	52.5	3.750	52.5	107.5	21	3.93	4	102.14	100.04	1.56	1.69	8	0.60	51.23
3	4	101.731	101.371	30	1.200	30	137.5	10	1.92	2	100.01	99.41	1.72	1.96	8	0.65	35.92
5	6	104.626	101.425	70	4.573	70	70	19	3.57	5	103.13	99.63	1.50	1.80	6	0.60	69.28
6	7	101.425	100.714	69	1.030	69	139	20	3.75	2	99.58	98.20	1.85	2.52	8	0.65	97.97
4	7	101.441	100.714	38.5	1.888	38.5	176	6	1.17	2.5	99.38	98.42	2.06	2.30	6	0.65	54.54
8	9	104.647	101	74	4.928	74	74	18	3.39	5	103.15	99.45	1.50	1.55	6	0.60	67.78
7	10	100.714	100.31	14	2.886	14	329	4	0.78	3	98.15	97.73	2.57	2.58	6	0.70	25.25
9	11	101	99.821	69	1.709	69	143	18	3.39	3	99.40	97.33	1.60	2.49	8	0.65	91.91
10	11	100.31	99.821	24	2.038	24	353	5	0.98	3	97.70	96.98	2.61	2.85	6	0.70	45.87
10A	17	100.31	100.433	37.67	-0.327	37.67	37.67	4	0.78	3	98.81	97.68	1.50	2.75	6	0.65	52.07
15	16	103.773	101.5	40	5.682	40	40	6	1.17	6	102.273	99.87	1.50	1.63	6	0.60	37.52
16	17	101.5	100.433	38.5	2.771	38.5	78.5	9	1.73	3	99.82	98.67	1.68	1.77	8	0.65	43.07
17	18	100.433	100.22	16	1.331	16	132.17	5	0.98	3	97.63	97.15	2.80	3.07	6	0.70	32.89
12	13	104.64	101.82	71.5	3.944	71.5	71.5	21	3.93	4	103.14	100.28	1.50	1.54	6	0.60	65.21
18	19	100.22	99.681	43	1.253	43	175.17	7	1.36	2	97.12	96.26	3.10	3.42	8	0.70	98.14
19	14	99.681	99.633	39.78	0.121	39.78	214.95	7	1.36	2	96.21	95.41	3.47	4.22	8	0.75	114.71
11	11A	99.821	99.65	28.34	0.603	28.34	524.34	8	1.55	3	96.95	96.10	2.88	3.55	8	0.70	63.79
11A	14	99.65	99.6	11.16	0.448	11.16	535.5	8	1.55	3	96.07	95.73	3.58	3.87	8	0.70	29.12
13	14	101.82	99.633	68.5	3.193	50	121.5	15	2.84	3	100.23	98.18	1.59	1.46	8	0.60	45.72
14	20	99.633	98.663	43.5	2.230	45	916.95	7	1.36	3	95.36	94.06	4.27	4.60	8	0.75	149.72
20	21	98.663	98.25	45	0.918	60	976.95	12	2.29	2	94.03	93.13	4.63	5.12	8	0.75	219.47
21	22	98.25	98.123	42	0.302	44	1020.95	12	2.29	2	93.10	92.26	5.15	5.86	8	0.80	193.85
22A	22	98.44	98.123	20	1.585	46	46	4	0.78	3	97.44	96.84	1.00	1.28	6	0.60	31.51
22	0	98.123	98.743	51	-1.216	60	1126.95	8	1.55	2	92.23	91.21	5.89	7.53	8	0.80	322.26
						1126.95		267									

							14	0	5	-0.03	-0.03	0.03	0.03	8
1034	1033.5	44	1.136	44	2163.4	8	0	0	5	92.23	90.03	941.77	943.47	12
1041.5	1039.5	35	5.714	35	35	15	0	0	6	1040	#####	1.50	1.60	6
1039.5	1035.75	54	6.944	54	89	17	0	0	7	1037.87	#####	1.63	1.66	8
1035.75	1032	52	7.212	52	141	15	0	0	7	1034.06	#####	1.69	1.58	8
1028	1028	35	0.000	35	35	10	0	0	5	1026.5	#####	1.50	3.25	6
1028	1032.5	60	-7.500	60	95	14	0	0	5	1024.72	#####	3.28	10.78	8
1033.5	1032.5	44	2.273	44	3334.35	8	0	0	5	90.00	87.80	943.50	944.70	12
1033	1032.5	30	1.667	30	30	8	0	0	5	1031.5	#####	1.50	2.50	6
1032.5	1029	50	7.000	50	80	17	0	0	5	1029.97	#####	2.53	1.53	8
1029	1026	60	5.000	60	140	14	0	0	5	1027.44	#####	1.56	1.56	8
1020	1021.5	30	-5.000	30	30	10	0	0	5	1018.5	#####	1.50	4.50	6
1020	1025.5	61	-9.016	61	91	14	0	0	3	1016.97	#####	3.03	10.36	8
1032.5	1025.5	44	15.909	44	3614.35	8	0	0	5	87.77	#####	944.73	10.46	12
1025.5	1021.5	67	5.970	67	67	12	0	0	6	1024	#####	1.50	1.52	8
1021.5	1017	60	7.500	60	127	7	0	0	10	1019.95	#####	1.55	3.05	8
1011.5	1013	44	-3.409	40	40	12	0	0	5	1010	#####	1.50	5.20	6
1013	1017	60	-6.667	60	100	14	0	0	3	1007.77	#####	5.23	11.03	8
1026	1017	44	20.455	44	3889.35	8	0	0	5	1015.01	#####	10.99	11.13	12
1017	1013.5	60	5.833	60	60	7	0	0	6	1015.5	#####	1.50	1.60	8
1013.5	1009.5	60	6.667	60	120	0	0	0	7	1011.87	#####	1.63	1.83	8
1006	1009.5	54	-6.481	54	54	6	0	0	5	1004.5	#####	1.50	7.70	8
1017	1009.5	44	17.045	44	4160.35	4	0	0	5	1005.84	#####	11.16	7.80	12
1009.5	1005	44	10.227	44	4378.35	6	0	0	5	1001.67	999.47	7.83	5.53	12
1012	1008.5	50	7.000	50	50	20	0	0	7	1010.5	#####	1.50	1.50	6
1008.5	1005	50	7.000	50	100	10	0	0	7	1006.97	#####	1.53	1.53	8
1000	1002	57	-3.509	57	57	10	0	0	5	998.5	995.65	1.50	6.35	8
1008.25	1002	70	8.929	70	70	16	0	0	9	1006.75	#####	1.50	1.55	8
997	1002	55	-9.091	55	55	10	0	0	3	995.5	993.85	1.50	8.15	8
1002	1005	44	-6.818	44	226	8	0	0	5	993.64	991.44	8.36	13.56	12
1005	1002	55.14	5.441	55.14	4759.49	21	0	0	5	991.34	988.58	13.66	13.42	15