



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

**DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE  
SALUD Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y  
SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO, EN LA ALDEA PIEDRA  
PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA  
PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.**

**Pablo Estuardo Suárez Díaz**

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, mayo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE SALUD  
Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y SISTEMA  
DE DRENAJE SANITARIO, EN LA ALDEA PIEDRA PARADA  
CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA,  
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**PABLO ESTUARDO SUÁREZ DÍAZ**  
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## 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:

**DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE SALUD  
Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y SISTEMA  
DE DRENAJE SANITARIO, EN LA ALDEA PIEDRA PARADA  
CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA,  
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 31 de julio de 2007.

  
Pablo Estuardo Suárez Díaz



Guatemala 6 de mayo de 2009.  
Ref.EPS.DOC.704.05.09.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Pablo Estuardo Suárez Díaz** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200213101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE SALUD Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN LA ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**.

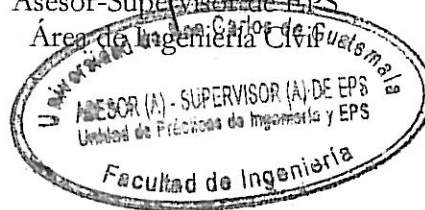
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

Ing. Oscar Arqueta Hernández  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
OAH/ra



Guatemala, 6 de mayo de 2009.  
Ref.EPS.D.280.05.09

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Samuels Milson.

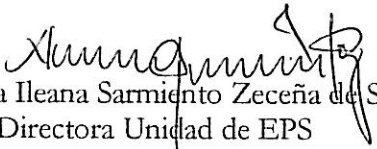
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE SALUD Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN LA ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Pablo Estuardo Suárez Díaz**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Oscar Argueta Hernández**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

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

NISZ/ra





Guatemala,  
14 de mayo de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE SALUD Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN LA ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Pablo Estuardo Suárez Díaz, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.



Guatemala,  
8 de mayo de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE SALUD Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN LA ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Pablo Estuardo Suárez Díaz, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA/  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

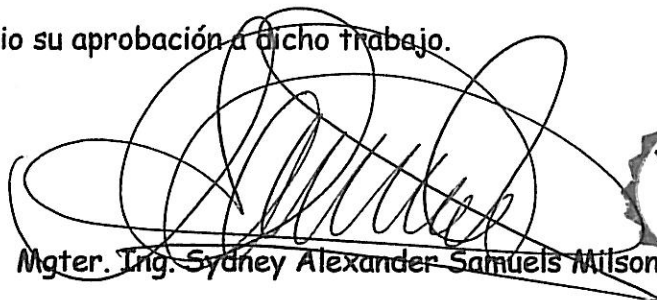
/bbdeb.





FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Pablo Estuardo Suárez Díaz, titulado DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE SALUD Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO, EN LA ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, mayo 2009.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SALÓN DE USOS MÚLTIPLES, CENTRO DE SALUD Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA EL PUEBLITO Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO, EN LA ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Pablo Estuardo Suárez Díaz, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, mayo de 2009

/cc

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- DIOS** Mi Señor y Salvador, por su misericordia, bondad y sabiduría para mi vida en todo momento.
- MIS PADRES** Por su amor y apoyo, por ser ejemplo para mi vida y guiarme desde pequeño en el camino de la verdad.
- MI FAMILIA** Con quienes comparto mi vida día a día, con amor y alegría me apoyan y animan a seguir adelante.
- MIS AMIGOS** Por su apoyo, cariño y porque cada uno ha sido parte de las bendiciones de Dios para mi vida.
- MI ASESOR** Por su dirección y apoyo en este trabajo de graduación.
- MSCP** En especial a mis amigos de la Oficina Municipal de Planificación de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.
- USAC** En especial a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- DIOS** Porque de Él, y por Él, y para Él son todas las cosas. A Él sea la gloria.
- MIS PADRES** Julio y Beatríz, quiero honrarles con el cumplimiento de esta meta. Gracias por apoyarme siempre.
- MIS HERMANOS** Ana Beatriz y Ana Rebeca, por su amor y por el apoyo que me dan en todo momento.
- MIS AMIGOS** A cada uno por nombre, todos han influido en mi vida en diferentes maneras.
- MI PAIS** Guatemala. Porque quiero ser un agente de cambio para transformar mi nación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	XI
<b>GLOSARIO</b>	XVII
<b>RESUMEN</b>	XXI
<b>OBJETIVOS</b>	XXIII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXV
<b>1. FASE DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.1. Localización geográfica	1
1.1.1.2. Límites y colindancias	1
1.1.1.3. Vías de acceso	2
1.1.1.4. Condiciones climáticas	2
1.1.1.5. Aspectos topográficos	3
1.1.1.6. Actividades económicas	3
1.1.1.7. Población	4
1.1.2. Principales necesidades del municipio	6
1.1.2.1. Descripción de necesidades	6
1.1.2.2. Priorización de necesidades	6
<b>2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Diseño del Salón de Usos Múltiples, alcaldía auxiliar y centro de salud en la aldea el Pueblito</b>	<b>7</b>
2.1.1. Preliminares	7

2.1.1.1.	Descripción del proyecto	7
2.1.1.2.	Ubicación	7
2.1.1.3.	Tamaño	8
2.1.1.4.	Entorno	8
2.1.1.5.	Infraestructura física	8
2.1.1.6.	Acceso	9
2.1.1.7.	Ventilación	9
2.1.1.8.	Capacidad	9
2.1.1.9.	Evaluación de la calidad del suelo	9
2.1.1.9.1.	Determinación del valor soporte del suelo: ensayo de compresión triaxial	10
2.1.2.	Levantamiento topográfico	12
2.1.2.1.	Planimetría	12
2.1.2.2.	Altimetría	12
2.1.3.	Diseño arquitectónico	12
2.1.3.1.	Salón de usos múltiples	13
2.1.3.2.	Alcaldía auxiliar	13
2.1.3.3.	Centro de salud	13
2.1.4.	Análisis estructural	14
2.1.4.1.	Predimensionamiento estructural	14
2.1.4.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles unidos con marcos rígidos	17
2.1.5.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles en unión con nudos rígidos	20
2.1.5.1.	Cargas verticales en marcos	20
2.1.5.2.	Cargas horizontales en marcos	23
2.1.5.3.	Cálculo del corte basal	23
2.1.5.3.1.	Fuerzas por nivel	25
2.1.5.3.2.	Fuerzas por marcos dúctiles	26
2.1.5.3.3.	Fuerzas del marco por torsión	28
2.1.6.	Análisis estructural de marcos dúctiles utilizando ETABS	29

2.1.6.1. Resultados del análisis estructural del marco típico, eje X	31
2.1.6.2. Resultados del análisis estructural del marco típico, eje Y	34
2.1.6.3. Envolvente de momentos	35
2.1.7. Diseño estructural	38
2.1.7.1. Diseño de losas	38
2.1.7.2. Diseño de vigas	46
2.1.7.3. Diseño de columnas	50
2.1.7.4. Diseño de zapatas	60
2.1.8. Instalaciones	65
2.1.8.1. Agua potable	65
2.1.8.2. Drenaje	65
2.1.8.3. Electricidad	67
2.1.9. Presupuesto del proyecto	68
2.1.9.1. Precios unitarios	68
2.1.9.2. Costo del proyecto	68
2.1.9.3. Cronograma de ejecución	69
<b>2.2. Diseño del sistema de drenaje sanitario en la aldea Piedra Parada Cristo Rey</b>	<b>71</b>
2.2.1. Descripción del proyecto	71
2.2.2. Levantamiento topográfico	71
2.2.2.1. Altimetría	71
2.2.2.2. Planimetría	72
2.2.3. Tipo de sistema a utilizar	73
2.2.4. Período de diseño	73
2.2.5. Estimación de población de diseño	74
2.2.6. Determinación del caudal de diseño	74
2.2.6.1. Dotación	74

2.2.6.2.	Factor de retorno	75
2.2.6.3.	Factor de flujo instantáneo	75
2.2.6.4.	Caudal domiciliar	76
2.2.6.5.	Caudal de infiltración	76
2.2.6.6.	Caudal de conexiones ilícitas	77
2.2.6.7.	Factor de caudal medio	79
2.2.6.8.	Caudal de diseño	79
2.2.7.	Determinación de pendientes	81
2.2.8.	Selección del tipo de tubería	81
2.2.9.	Velocidades máximas y mínimas	82
2.2.10.	Cotas invert	82
2.2.11.	Diámetro de tubería	83
2.2.12.	Pozos de visita	83
2.2.13.	Conexiones domiciliarias	84
2.2.14.	Profundidad de la tubería	85
2.2.15.	Principios hidráulicos	86
2.2.16.	Diseño del sistema de drenaje sanitario	87
2.2.17.	Desfogue de aguas negras	94
2.2.17.1.	Ubicación	94
2.2.17.2.	Tipo de desfogue	94
2.2.18.	Evaluación de impacto ambiental del proyecto	95
2.2.19.	Evaluación socio – económica	99
2.2.19.1.	Valor presente neto	99
2.2.19.2.	Tasa interna de retorno	101
2.2.20.	Presupuesto del proyecto	102
2.2.20.1.	Criterios adoptados para la integración del presupuesto	103
2.2.20.2.	Presupuesto de materiales	103
2.2.20.3.	Presupuesto de mano de obra	105
2.2.20.4.	Resumen general del presupuesto	106
2.2.21.	Cronograma de ejecución	106



2.2.22.	Planos constructivos	107
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>109</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>111</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>113</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>115</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Localización y límites del municipio de Santa Catarina Pinula	2
2	Población de Santa Catarina Pinula clasificada por sexo	5
3	Población de Santa Catarina Pinula clasificada por rango de edad	5
4	Hogares urbanos y rurales	5
5	Ubicación del proyecto	8
6	Criterios para dibujar modelos matemáticos en marcos dúctiles	17
7	Tipología estructural del edificio	18
8	Planta típica edificio, nivel 1	18
9	Planta típica edificio, nivel 2	19
10	Elevación marco típico, sentido X	19
11	Elevación marco típico, sentido Y	20
12	Cargas verticales. Marco dúctil típico, sentido X	22
13	Cargas verticales. Marco dúctil típico, sentido Y	23
14	Diagrama de momentos – carga muerta, marco A	31
15	Diagrama de corte – carga muerta, marco A	31
16	Diagrama de momentos – carga viva, marco A	32
17	Diagrama de cortes – carga viva, marco A	32
18	Diagrama de momentos – carga sismo, marco A	33
19	Diagrama de corte – carga sismo, marco A	33
20	Diagrama de momentos y corte – carga muerta, marco 2	34
21	Diagrama de momentos y corte – carga viva, marco 2	34
22	Diagrama de momento y corte – carga sismo, marco 2	35
23	Diagrama de momentos últimos – vigas y columnas. Marco A, eje X	36
24	Diagrama de cortes últimos – vigas y columnas. Marco A, eje X	36
25	Diagrama de momentos últimos – vigas y columnas. Marco 2, eje Y	37
26	Diagrama de cortes últimos – vigas y columnas. Marco 2, eje Y	37
27	Planta de distribución de losas, nivel 1	39

28	Planta de distribución de momentos en losas, nivel 1	41
29	Planta de momentos balanceados en losas típicas, nivel 1	43
30	Diagrama de Momentos y cortes últimos, viga tipo V-1	46
31	Detalle de refuerzo longitudinal, viga tipo V-1	48
32	Diagrama de corte en viga	49
33	Espaciamiento de estribos, viga V-1	50
34	Detalle en armado de columna tipo C-2	60

## TABLAS

I	Peso por nivel y total de la estructura	24
II	Fuerzas por nivel sentido X e Y	26
III	Fuerzas por marco	28
IV	Consideraciones en diseño de losas	38
V	Balance de momentos	42
VI	Áreas de acero requeridas en losas, nivel 1	45
VII	Diámetros de artefactos sanitarios	66
VIII	Diámetros de artefactos de drenaje pluvial	66
IX	Presupuesto general del proyecto	70
X	Profundidad mínima de excavación en centímetros, según el diámetro de tubería	85
XI	Ancho mínimo de zanja, según el diámetro y profundidad de tubería	86
XII	Datos para realizar el diseño hidráulico	87
XIII	Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario	103
XIV	Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita promedio	103
XV	Cantidad y costo de materiales para la construcción de una conexión domiciliar	103
XVI	Presupuesto total de materiales	104
XVII	Presupuesto de mano de obra para un pozo de visita promedio	104
XVIII	Presupuesto de mano de obra para la instalación de un metro lineal de tubería	104
XIX	Presupuesto de mano de obra para una conexión domiciliar	105
XX	Presupuesto total de mano de obra	105
XXI	Presupuesto total del proyecto	105



## LISTA DE SÍMBOLOS

Ag	Área gruesa, área total de la sección
Ap	Área de punzonamiento
As	Área de acero de refuerzo
AS <sub>MAX</sub>	Área de acero máximo permitido
AS <sub>MIN</sub>	Área de acero mínimo permitido
Av	Área de varilla
Az	Área de zapata
C	Coefficiente para el cálculo de momentos en losas, tomado del ACI
CG	Centro de gravedad
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
Cm	Centro de masa
CR	Centro de Rigidez
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
DH	Distancia horizontal
Di	Distancia del CR al eje del marco rígido considerado
E	Esbeltez de la columna
E <sub>M</sub>	Módulo de elasticidad del material
E <sub>S</sub>	Módulo de elasticidad del acero
E <sub>c</sub>	Módulo de elasticidad del concreto
E	Excentricidad
Ex	Excentricidad en el sentido X
Ey	Excentricidad en el sentido Y
F'c	Resistencia a la compresión del concreto
Fy	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo

Fcu	Factor de carga última
Fni	Fuerza por nivel, en el nivel i
H	Peralte total de elemento en sección
I o Ig	Inercia de la sección total del concreto respecto al eje centroidal, sin tomar en cuenta el acero de refuerzo
Lc	Lado corto
Ln	Longitud no soportada del estribo
Lo	Longitud de confinamiento de estribos
Lu	Longitud libre de pandeo de la columna
Mx	Momento último actuando en el sentido X
My	Momento último actuando en el sentido Y
Md	Momento de diseño (magnificado)
Mdx	Momento de diseño (magnificado) que actúa en el sentido X
Mdy	Momento de diseño (magnificado) que actúa en el sentido Y
M'x	Momento de trabajo que actúa en el sentido X
M'y	Momento de trabajo que actúa en el sentido Y
P	Carga aplicada a la columna
PU	Carga última
P'	Carga de trabajo que actúa en la columna
P <sub>COL</sub>	Peso de la columna
P <sub>SUELO</sub>	Peso del suelo sobre zapata
P <sub>CIM</sub>	Peso del cimiento
P <sub>VIGAS</sub>	Peso de vigas
P <sub>CR</sub>	Carga crítica de pandeo de Euler
P'u	Carga de resistencia de la columna
P'ux	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ex
P'uy	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey
P'o	Carga axial de resistencia de la columna
Qu	Presión última sobre el suelo
q <sub>MAX</sub>	Presión máxima sobre el suelo
q <sub>MIN</sub>	Presión mínima sobre el suelo



$Q_{\text{PROMEDIO}}$	Presión última promedio sobre el suelo
R	Rigidez de un elemento
$R_i$	Rigidez total del marco rígido i
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
$S_{\text{MIN}}$	Espaciamiento mínimo del acero de refuerzo por cortante
$S_i$	Espaciamiento del acero de refuerzo en la longitud confinada
$S_x$	Módulo de sección en el sentido X
$S_y$	Módulo de sección en el sentido Y
$V_A$	Fuerza cortante actuante, en el elemento
$V_C$	Fuerza cortante actuando en columnas
$V_{\text{MAX}}$	Corte máximo actuante
$V_R$	Resistencia al esfuerzo cortante proporcionado por el concreto
$V_s$	Valor soporte del suelo
$V_v$	Fuerza cortante actuante en vigas
W	Peso distribuido
$W_{\text{CV}}$	Carga viva distribuida
$W_{\text{CM}}$	Carga muerta distribuida
$W_C$	Peso volumétrico del concreto
$W_s$	Peso volumétrico del suelo
$W_i$	Peso distribuido por nivel
Lts/hab/día	Litros por habitante por día
%	Por ciento
q	Caudal real a sección parcialmente llena
Q	Caudal a sección llena
v	Velocidad de flujo dentro de la alcantarilla
V	Velocidad del flujo a sección llena
d	Altura del tirante de agua
D	Diámetro de la tubería
v/V	Relación de velocidades
d/D	Relación de diámetros
a/A	Relación de áreas

q/Q	Relación de caudales
m/seg.	Metros por segundo
I	Intensidad de lluvia
C	Coeficiente de escorrentía
A	Área
mm./hora	Milímetros por hora
FH	Factor de Harmond
P	Población
n	Coeficiente de rugosidad
m	Metro
S	Pendiente
PV	Pozo de visita
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
q <sub>inf</sub>	Caudal de infiltración
Ha	Hectáreas
Mm/hr	Milímetro por hora
PVC	Cloruro de polivinilo
“	Segundos
‘	Minutos
°	Grados
Km.	Kilómetros
°C	Grados Celsius
E <sub>a</sub>	Error angular
E <sub>1</sub>	Error lineal
E <sub>n</sub>	Error de nivelación
Lts./seg.	Litros por segundo
q <sub>dis Actual</sub>	Caudal de diseño actual
q <sub>dis Futuro</sub>	Caudal de diseño futuro
q <sub>dom.</sub>	Caudal domiciliar
q <sub>c.i.</sub>	Caudal de conexiones ilícitas

$q_{\text{com.}}$	Caudal comercial
$q_{\text{ind.}}$	Caudal industrial
p.p.m.	Partes por millón
MSNM.	Metros sobre el nivel del mar



## GLOSARIO

<b>ACI</b>	Siglas de <i>American Concrete Institute</i>
<b>Alcantarillado</b>	Sistema que se utiliza para conducir aguas residuales o pluviales
<b>Altimetría</b>	Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de un terreno o construcción
<b>Área tributaria</b>	Área de carga que afecta a un elemento estructural
<b>Axial</b>	Relativo al eje, que forma un eje
<b>Biaxial</b>	Que posee dos ejes
<b>Caudal</b>	Cantidad de flujo que pasa por determinado elemento en una unidad de tiempo
<b>Centroidal</b>	Es la intersección de todos los planos que dividen a un objeto en dos partes de igual volumen con respecto al plano
<b>Colindancia</b>	Contiguo, el más próximo
<b>Concéntrico</b>	Figuras geométricas que tiene el mismo centro
<b>Corte basal</b>	En cálculo estructural, es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación, para simular sobre un modelo

	matemático, los efectos del sismo en la estructura.
<b>Cota invert</b>	Parte más baja de un colector en donde una o varias tuberías y solo una de ellas es de seguimiento
<b>Demografía</b>	Es la ciencia que tiene como objeto el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución y características generales, considerados desde un punto de vista cuantitativo.
<b>Desfogue</b>	Lugar de disposición de las aguas residuales o pluviales
<b>Estribo</b>	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte en un elemento estructural
<b>Infiltración</b>	Es la penetración del agua en el suelo
<b>Iteración</b>	Es repetir una serie de funciones hasta obtener un dato certero
<b>Losa</b>	Entrepiso o terraza
<b>Mampostería</b>	Sistema tradicional que consiste en la construcción de muros, mediante la colocación manual de elementos como ladrillos, bloques de cemento prefabricado, piedras, etc.
<b>Rigidez</b>	Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos
<b>Sedimentación</b>	Es el proceso por el cual el material sólido, transportado

por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin.

**Simetría**

De iguales características o rasgos geométricos

**Viga**

Elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión

**Voladizo**

Elemento apoyado en sólo uno de sus extremos mediante un empotramiento





## RESUMEN

A lo largo del tiempo, el hombre ha propuesto soluciones a las situaciones que le aquejan personalmente, y por consiguiente a su entorno. Estas propuestas se realizan en un corto, mediano o largo plazo, de acuerdo a la complejidad del problema. Dentro de las mismas, constantemente se han ideado sistemas que mejoren el bienestar físico, familiar y social de cada persona, creando o mejorando las condiciones que cumplan o lleven a cumplir ese objetivo; a saber: condiciones de salubridad, comodidad, comunicación, desarrollo, etc.

Existen instituciones dentro de las cuales estos objetivos se buscan, generando proyectos de infraestructura que ayuden al desarrollo, tanto personal como de la comunidad.

El presente trabajo de graduación surge en base a la experiencia vivida a través del programa del Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizado en la comuna del municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala; y es un resumen de la identificación de necesidades de infraestructura del lugar, y la consiguiente solución a mediano plazo por medio del diseño de proyectos que beneficiarán en gran manera a los habitantes del lugar.

La investigación se divide en tres capítulos: el primero de ellos, refleja una pequeña, pero reveladora investigación monográfica del municipio y de las aldeas y caseríos con necesidades prioritarias de proyectos en materia de infraestructura. En los siguientes dos capítulos se desarrolla el diseño de los proyectos que llevará a beneficiar a las necesidades identificadas. El primero de ellos abarca la construcción de un moderno edificio donde tendrán resguardo diferentes sedes sociales, ya que las existentes no llenan las demandas actuales de capacidad,

comodidad y seguridad. El segundo proyecto colaborará con el saneamiento ambiental de la aldea a beneficiar, ya que por mucho tiempo, las aguas servidas provenientes del que hacer doméstico han sido uno de los problemas que presentan mas preocupación al hombre, ya que conducen a enfermedades y condiciones de vida completamente insalubres. Actualmente, la comunidad en estudio descarga sus aguas servidas a zanjones, callejones e incluso a calles principales, con tal de deshacerse de ellas. Con este proyecto, se pretende diseñar y construir un sistema de alcantarillado sanitario, que conduzca esta agua a un lugar seguro y definitivo para su tratamiento.

## OBJETIVOS

- **General:**

Diseñar una edificación de 2 niveles, que albergue a diferentes sedes sociales en la aldea El Pueblito y diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Piedra Parada Cristo Rey, en el municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

- **Específicos:**

1. Desarrollar una investigación tipo monográfica y diagnóstica, acerca de las necesidades prioritarias de servicios básicos y de infraestructura de las aldeas El Pueblito y Piedra Parada Cristo Rey.
2. Aportar por medio del diseño de ambos proyectos, soluciones técnicas profesionales a los problemas y necesidades de las comunidades en estudio, presentándolas a la municipalidad para que puedan tomarlo en cuenta para su posterior ejecución.
3. Aplicar los conocimientos, criterios y habilidades adquiridos, por medio de la resolución de problemas reales.



## INTRODUCCIÓN

Toda obra de infraestructura que busque el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad de cualquier población es importante, y conlleva dentro de su puesta en marcha, procesos de diferente índole, que sin ellos, no se podría cumplir a cabalidad con el objetivo propuesto.

Como parte de los alcances propuestos por el programa de EPS, a continuación se desarrolla un proyecto completamente técnico profesional, que busca contribuir por medio de conocimientos y recursos de la ingeniería civil, a la mejora de las condiciones de vida de los pobladores del municipio de Santa Catarina Pinula, por medio del diseño de dos proyectos de infraestructura.

En el capítulo 1, se presenta una descripción de las características monográficas del municipio de Santa Catarina Pinula, a saber: ubicación geográfica, límites, situación socio-económica, clima, educación, comunicación, salud, agua potable, condiciones de habitabilidad, etc., haciendo énfasis en las dos comunidades en estudio: la aldea El Pueblito, y la aldea Piedra Parada Cristo Rey.

En el capítulo 2, se encuentra la fase de servicio técnico profesional, en donde se describen los dos proyectos a realizar: diseño del salón de usos múltiples, centro de salud y alcaldía auxiliar, y el diseño del sistema de drenaje sanitario. Dentro de muchos otros aspectos, en esta sección se el tipo de levantamiento topográfico utilizado, los diferentes sistemas y parámetros que existen para el diseño de los proyectos, y el desarrollo de los elegidos para ese fin.



## **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.**

#### **1.1.1 Generalidades**

##### **1.1.1.1 Localización geográfica**

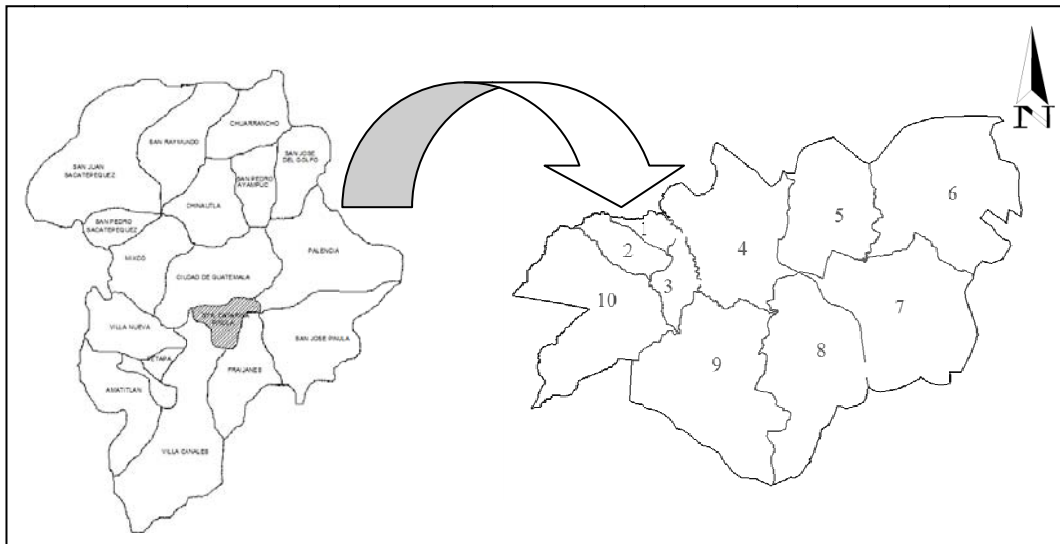
Santa Catarina Pinula es uno de los 17 municipios pertenecientes al departamento de Guatemala. Su cabecera se encuentra localizada a una latitud de 14°34'13" y longitud de 90°29'45", y descansa dentro de la sierra Canales. Su altura sobre el nivel del mar es de 1550 metros.

##### **1.1.1.2 Límites y colindancias**

El municipio de Santa Catarina Pinula tiene un área de 51 kilómetros cuadrados, según la estimación del Instituto Geográfico Nacional IGN, teniendo los siguientes límites y colindancias:

- Al norte con el municipio de Guatemala,
- Al este con los municipios de San José Pinula y Fraijanes,
- Al sur con los municipios de Fraijanes y Villa Canales y
- Al Oeste con los municipios de Villa Canales y Guatemala.

**Figura 1. Localización y límites del municipio de Santa Catarina Pinula.**



### **1.1.1.3 Vías de acceso**

Debido a que el municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra en la ruta que conduce a El Salvador, posee una red de carreteras que se encuentra en un importante proceso de expansión, contando ya con infraestructura vial bastante desarrollada, en la cual incluye puentes y pasos a desnivel; teniendo un rápido acceso al Aeropuerto Internacional La Aurora, dado la corta distancia que existe del municipio a la ciudad capital. También se puede acceder por poblaciones como San Miguel Petapa, Boca del Monte, y Villa Nueva por medio de una carretera recién asfaltada.

### **1.1.1.4 Condiciones climáticas**

El municipio de Santa Catarina Pinula pertenece a la zona de vida del Bosque Húmedo Montano bajo sub-tropical, según el sistema *Holdridge*, el cual clasifica las zonas de vida que posee Guatemala. La temperatura varía entre 12°C a 28°C en condiciones atmosféricas normales, presentándose la menor temperatura en horas de la noche y la madrugada. La precipitación media anual varía entre 1057 y 1558 mm., y la dirección del viento generalmente es de NE a



SO con una velocidad considerable debido a la altura a la que se encuentra el municipio, según datos obtenidos en el INSIVUMEH.

#### **1.1.1.5 Aspectos topográficos**

El relieve del suelo de Santa Catarina Pinula se ubica desde 900 metros hasta 2100 metros sobre el nivel del mar. Un 75% de la extensión territorial del municipio muestra una topografía accidentada, contando con pendientes que van desde un 5% hasta un 30%. Cuenta con regiones montañosas en las que prevalecen los bosques cuya variedad son las coníferas como el pinto, pinabete y ciprés. También se pueden encontrar bosques de encino.

#### **1.1.1.6 Actividades económicas**

El marco económico se divide en 3 grandes grupos, y estos a su vez en sub-grupos.

- Sector Primario:
  - Producción agrícola
  - Producción pecuaria.

En el sector primario, Santa Catarina Pinula cuenta con una agricultura en la que los principales cultivos son el maíz, frijol, café y hortalizas, aunque en pequeña escala, pues su producción agrícola ha disminuido en la medida que avanza la construcción de viviendas en su territorio, el cual ha presentado la tendencia de área residencial aledaña a la metrópoli.

En cuanto a la ganadería, se encuentran solo pequeñas crianzas de bovinos y equinos, en tanto que los porcinos tienen una actividad muy productiva pues abastece algunos mercados de la capital, cuyos productos (carne, chicharrones y embutidos) gozan merecida fama.

La avicultura ha experimentado últimamente sensible desarrollo y se conserva aun en este tiempo en crianzas de aves para consumo familiar.

- Sector secundario:
  - Industrias
  - Artesanías
  - Comercio

La industria puede considerarse como uno de los principales factores económicos del municipio, pues funcionan importantes empresas industriales de diversos géneros (productos alimenticios, textiles, vidrio, etc.), que constituye la fuente de trabajo para un grueso sector de la población y genera otros beneficios a favor del municipio.

El comercio se ha ido incrementando a través de tiendas, librerías, centros comerciales, supermercados, restaurantes, cafeterías e incluso sucursales y agencias de bancos importantes.

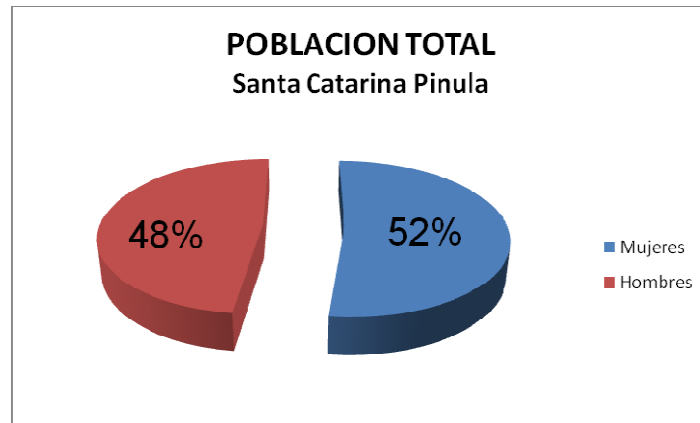
- Sector terciario:
  - Comunicaciones
  - Salud
  - Seguridad
  - Educación

#### **1.1.1.7 Población**

Según el censo del año 2002, el municipio cuenta con 15,781 viviendas, con una población de 63,767 habitantes. El cien por ciento de la misma habla el idioma español.

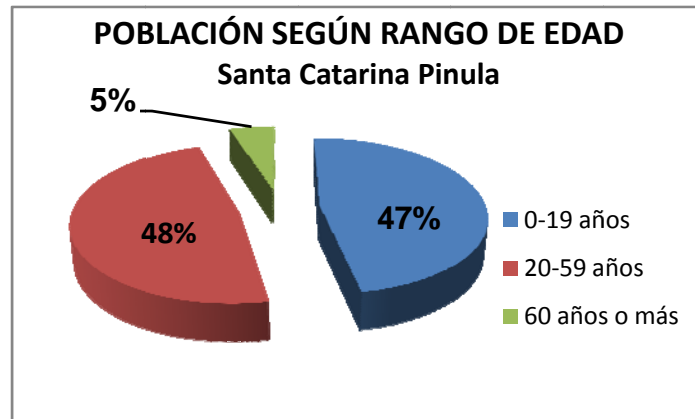
La figura 2 muestra la distribución de población según su sexo. La figura 3 muestra la población según el rango de edad y la figura 4 muestra los hogares clasificados en urbanos y rurales.

**Figura 2. Población de Santa Catarina Pinula clasificada por sexo.**



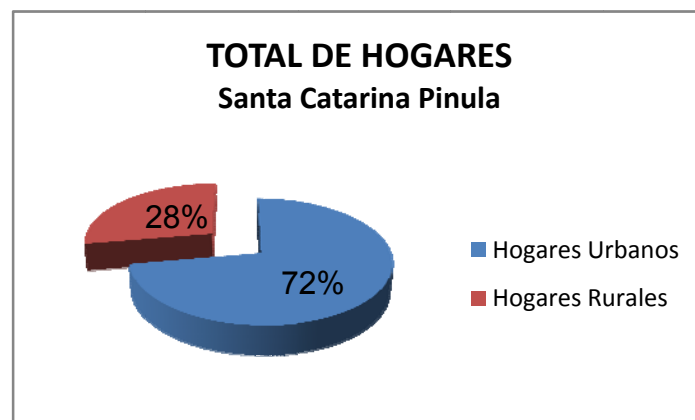
Fuente: Censos Nacionales XI de población y VI de habitación.

**Figura 3. Población de Santa Catarina Pinula clasificada por rango de edad.**



Fuente: Censos Nacionales XI de población y VI de habitación.

**Figura 4. Hogares urbanos y rurales.**



Fuente: Censos Nacionales XI de población y VI de habitación.

## **1.1.2 Principales necesidades del municipio**

### **1.1.2.1 Descripción de necesidades**

En lo que respecta al tema de infraestructura, se puede observar el alto desarrollo que el municipio ha tenido en los últimos años en la mayoría de regiones, aunque existen otras pocas en las cuales las necesidades todavía son evidentes. Dentro de ellas se pueden mencionar las siguientes:

- Construcción o remodelación de salones para usos múltiples
- Mejoramiento, planificación y construcción de sistemas de drenajes
- Mejoramiento del sistema vial (calles principales, secundarias y caminos peatonales)
- Construcción de mercados

### **1.1.2.2 Priorización de necesidades**

Analizadas las necesidades y visto sus justificaciones, se debe tomar una decisión acerca de cuál de los proyectos debe tomarse como prioridad, es decir, que se les dará un grado de importancia para su planificación y posterior construcción. La priorización de estos proyectos fue relativamente fácil de analizar, ya que la demanda de los servicios escogidos se presenta como una necesidad urgente de cubrir.

En el municipio de Santa Catarina Pinula, se priorizaron las necesidades de la siguiente manera:

- Planificación y construcción del sistema de drenaje sanitario en la aldea Piedra Parada Cristo Rey
- Salón de usos múltiples, alcaldía auxiliar y centro de salud en la aldea el Pueblito.

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

### **2.1. Diseño del Salón de Usos Múltiples, alcaldía auxiliar y Centro de Salud en la aldea el Pueblito.**

#### **2.1.1. Preliminares**

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

El proyecto consiste en el diseño de una edificio para ubicar un Salón de Usos Múltiples, una alcaldía auxiliar y un centro de salud en la aldea El Pueblito, municipio de Santa Catarina Pinula.

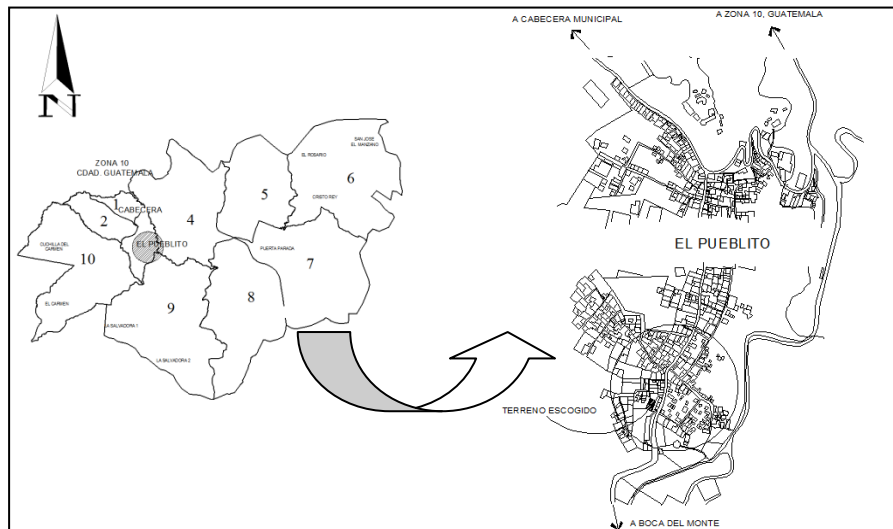
La edificación constará de dos niveles completos, donde se ubicará el salón de usos múltiples, la alcaldía auxiliar y el centro de salud. La losa final será utilizada como parque recreativo, ya que según el diseño arquitectónico, la misma se ubica al nivel de la calle de ingreso.

Actualmente en el lugar se encuentra una edificación antigua, un salón de usos múltiples construido hace más de 20 años, de mampostería reforzada y techo de lámina. Actualmente dicho salón no satisface la demanda en el servicio, debido a que su capacidad es muy reducida, además de encontrarse en malas condiciones.

##### **2.1.1.2. Ubicación**

El terreno destinado para la construcción del salón de usos múltiples, alcaldía auxiliar y centro de salud, se ubica en el área urbana del municipio, al oeste de la aldea El Pueblito, sobre la carretera principal que conduce a las aldeas El Carmen, La Salvadora 1 y 2, Cuchilla del Carmen, entre otras.

**Figura 5. Ubicación del proyecto.**



### **2.1.1.3. Tamaño**

La edificación constará de 3 niveles, de 3.30 metros de piso a cielo los primeros 2, sumando 1006.50 metros cuadrados de construcción aproximadamente, cimentado sobre un terreno de 549.80 m<sup>2</sup>.

### **2.1.1.4. Entorno**

El entorno del proyecto es de carácter urbano, es decir, se encuentra ubicado dentro de la población de la aldea El Pueblito, colindando por el lado oeste con un área de campo abierto.

En las cercanías del terreno donde se edificará el edificio con las sedes sociales no existe peligro debido a fallas geológicas, por lo que no causaría problemas con la estructura.

### **2.1.1.5. Infraestructura física**

La estructura tendrá una tipología estructural a base de marcos dúctiles, según el reglamento ACI-318, construido con elementos estructurales de concreto armado y muros de mampostería de block de pómez.

#### **2.1.1.6. Acceso**

Debido a la ubicación del proyecto (figura 5), se podrá acceder al mismo por medio de la calle principal que atraviesa la aldea, por medio de una cómoda rampa de concreto armado existente en el lugar, y directamente al parque ubicado en la losa final del segundo nivel, a la altura de la calle.

#### **2.1.1.7. Ventilación**

La ventilación deberá ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. La cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de las actividades.

#### **2.1.1.8. Capacidad**

Tomando en cuenta las divisiones por sedes sociales, el centro de salud tendrá capacidad para atender a 10 pacientes simultáneamente y 24 en sala de espera. La alcaldía auxiliar tendrá capacidad para atender a 6 personas como máximo y tener a 4 más en espera. El Salón de Usos Múltiples podrá albergar a 255 personas cómodamente sentadas, aparte de las que puedan estar utilizando el escenario.

#### **2.1.1.9. Evaluación de la calidad de suelo**

La capacidad de soporte del suelo o valor soporte, es la capacidad de un suelo de soportar una carga, sin que se produzcan fallas dentro de su masa. El valor soporte se mide en fuerza por unidad de área.

Los distintos tipos de suelo difieren en su valor soporte, pero también ocurre que, para un mismo suelo, dicho valor varía con la forma, tipo, tamaño y profundidad del elemento de cimentación que aplica la presión.

#### **2.1.1.9.1. Determinación del valor soporte del suelo: ensayo de compresión triaxial**

Se obtuvo una muestra de suelo inalterada de 1 pie<sup>3</sup>, a una profundidad de 1.80 m. Los resultados del ensayo son los siguientes:

- Descripción del suelo: limo arenoso color café
- Ángulo de fricción interna:  $\Phi=29.8^\circ$
- Cohesión:  $C_u=3.10 \text{ ton/m}^2$
- Densidad seca:  $1.51 \text{ ton/m}^3$
- Densidad húmeda:  $1.85 \text{ ton/m}^3$
- Desplante: 1.80

El método que se aplicó para el cálculo del valor soporte, fue el del Dr. Karl Terzaghi, por ser uno de los más aproximados para todos los tipos de suelo.

Para este cálculo se utilizan los datos obtenidos en el estudio de suelos descritos con anterioridad (ver anexos).

Para zapatas cuadradas y corte en general:

$$q_d = 1.3 \times c \times N_c + \gamma \times Z \times N_q + 0.4 \gamma \times B \times N_w$$

Siendo  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_w$  coeficientes sin dimensión, que dependen únicamente del ángulo de fricción interna del suelo, se llaman factores de capacidad de carga debidos a la cohesión, sobre carga y peso del suelo respectivamente.  $B$  representa el lado propuesto de la cimentación



Cambiar  $\Phi$  a radianes

$$\Phi_{\text{rad}} = \frac{\theta \times \Pi}{180} = \Phi_{\text{rad}} = \frac{29.8 \times \Pi}{180}$$

$$\Phi_{\text{rad}} = 0.5201$$

Factor de flujo de carga =  $Nq$

$$Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2} \times \Pi - \theta_{\text{rad}}\right) \tan \theta}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\theta}{2}\right)}$$

$$Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2} \times \Pi - 0.5201\right) \tan (29.8^\circ)}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{29.8^\circ}{2}\right)}$$

$$Nq = 21.93 \text{ ton} / \text{m}^2$$

Factor de flujo de carga última =  $Nc$

$$Nc = \cot \theta * (Nq - 1) \quad Nc = \cot(29.8^\circ) * (21.93 - 1)$$

$$Nc = 36.54 \text{ ton} / \text{m}^2$$

Factor de flujo de  $\gamma$

$$N\gamma = 2 * (Nq + 1) * \tan \theta \quad N\gamma = 2 * (21.93 + 1) * \tan (29.8^\circ)$$

$$N\gamma = 26.26$$

Entonces:

$$q_d = 1.3 \times 3.10 \times 36.54 + 1.85 \times 1.8 \times 21.93 + 0.4(1.85) \times 1.75 \times 26.26$$

$$q_d = 266.24 \text{ ton/m}^2$$

El valor soporte del suelo queda determinado por medio de la expresión matemática formulada por Terzaghi, y utilizando un factor de seguridad ( $F_s$ ) de 3:

$$V_s = \frac{q_d}{F_s} = \frac{266.24}{3} = 88.74 \text{ ton/m}^2$$

El valor soporte del suelo es de 88.74 ton / m<sup>2</sup>, el cual será utilizado para el diseño de la cimentación del edificio.

## **2.1.2. Levantamiento topográfico**

### **2.1.2.1. Planimetría**

Se realizó el levantamiento topográfico, conjuntamente con un topógrafo que trabajaba para la municipalidad. Se trazó el polígono utilizando el método de conservación del Azimut, ya que éste es el mejor sistema. Se emplea mucho en los levantamientos en los cuales se deberá de indicar un gran número de detalles; por observaciones lineales y angulares, su versatilidad hace que sea más ventajoso que cualquier otro método. Cualquier error de cierre se deduce inmediatamente de la diferencia entre las observaciones inicial y final tomadas a lo largo de la primera alineación. El azimut de alineación inicial o de primer lado de la poligonal, puede referirse al meridiano verdadero o a una dirección convencional cualquiera.

### **2.1.2.2. Altimetría**

La altimetría permite conocer la sección vertical del terreno, y la pendiente del terreno natural, para diseñar el tipo de obra que se desea construir, en este caso, el edificio de las sedes sociales.

Por ser la topografía del lugar completamente plana, y tomando en cuenta que en el lugar se encuentra la edificación a demoler, no hubo necesidad de determinar niveles del terreno.

### **2.1.3. Diseño arquitectónico**

El diseño arquitectónico consiste en darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para su uso. Para lograrlo, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

Para la distribución de ambientes se tomó en cuenta la relación entre una oficina y otra, para una mayor funcionalidad y una mejor eficiencia de trabajo.

#### **2.1.3.1. Salón de Usos Múltiples**

Ubicado en el segundo nivel del edificio, con capacidad para 255 personas cómodamente sentadas. Cuenta con un área de cocina/bar, una batería de servicios sanitarios (hombres y mujeres) y un escenario con acceso a vestidores en el primer nivel por medio de unas escaleras circulares.

#### **2.1.3.2. Alcaldía auxiliar**

Ubicada en el extremo sur-este del primer nivel del edificio, cuenta con una sala de atención general al público, una oficina para el alcalde auxiliar, con servicio sanitario.

#### **2.1.3.3. Centro de salud**

Ocupa el 85% del área del primer nivel, y cuenta con los siguientes ambientes:

- Vestíbulo de ingreso
- Sala de espera

- Oficina administrativa
- Secretaría
- Farmacia
- Clínica odontológica
- Clínica pediátrica
- Laboratorio y toma de muestras
- Cuarto de rayos “x”
- Clínica general
- Clínica ginecológica

#### **2.1.4. Análisis Estructural**

Se refiere a la determinación de las fuerzas y deformaciones que se producen en una estructura debido a la aplicación de cargas o acciones exteriores que puedan afectarla. El análisis completo de una estructura suele requerir de un conocimiento de los tamaños de todos sus miembros estructurales, que están determinados por decisiones de diseño, sometidos a fuerzas derivadas de un análisis inicial o preliminar. Habiendo determinado un conjunto inicial de predimensionamiento de miembros estructurales, puede realizarse un análisis más detallado para determinar las fuerzas y desplazamientos ocurridos, conduciendo a un prediseño y análisis subsiguiente.

##### **2.1.4.1. Predimensionamiento estructural**

El predimensionamiento de una estructura consiste en darle valores métricos preliminares a los elementos que la componen (losas, vigas, columnas y cimientos), con el fin de analizarlos bajo efectos de las cargas y así disponer luego si las medidas cumplen con los requisitos de soporte de cargas o si deben modificarse.

**a. Columnas:** el método que se utiliza para predimensionar las columnas determina la sección y se basa en la carga aplicada a ésta. En este caso en particular se desea guardar simetría en las dimensiones de las columnas interiores, y que las exteriores sean de mayores dimensiones, debido a la magnitud de la viga que soportarán en la losa del segundo nivel.

**Área tributaria de las columnas interiores:**  $4\text{m.} \times 4\text{m.} = 16\text{m}^2$

$P=(16 \times 2400) = 38,400$ ; donde 2,400 es el peso específico del concreto.

$$P = 0.8(0.225f'c \times Ag + fy \times As)$$

donde  $As$  oscile entre  $1\%Ag \leq As \leq 6\%Ag$

Entonces:

$$38,400=0.8((0.225 \times 210 \times Ag)+(2810 \times 0.01 \times Ag))$$

$$Ag=637.02 \text{ cm}^2$$

Podría considerarse una columna interior de  $30 \times 30 \text{ cm.}$ , pero por el fin que tendrá la estructura en su segundo nivel, se propone una columna de  $40 \times 40 \text{ cm.} = 1,600 \text{ cm}^2$

**Área tributaria de las columnas exteriores:** Nivel 1:  $4\text{m.} \times 2\text{m.} = 8\text{m}^2$

Nivel 2:  $4\text{m.} \times 6\text{m.} = 24\text{m}^2$

Total:  $32\text{m}^2$ .

$$P=(32 \times 2400) = 76,800;$$

Entonces:

$$76.800=0.8((0.225 \times 210 \times Ag)+(2810 \times 0.01 \times Ag))$$

$$Ag=1,274 \text{ cm}^2$$

Podría considerarse una columna exterior de  $45 \times 45 \text{ cm.}$ , pero se propone una columna de  $60 \times 60 \text{ cm.}$ , debido a la dimensión del lado menor de la viga en el

segundo nivel, para disminuir el momento producida por la misma y por respeto al diseño arquitectónico.

**b. Vigas:** Se aplicó el criterio de dividir la luz libre entre columnas dentro de 12, por tratarse de una estructura conformada de marcos. La base de la viga se consideró más pequeña que el lado menor de la columna, para no tener problemas con los nudos en una unión viga-columna.

**Nivel 1:**

$$\frac{\text{luz libre entre columnas}}{12} = \frac{3.60}{12} = 0.30 \approx 0.30 \text{ m.}$$

Base: 0.20m.

**Nivel 2:**

$$\frac{\text{luz libre entre columnas}}{12} = \frac{11.40}{12} = 0.95 \approx 0.95 \text{ m.}$$

Base: 0.45 m.

**Viga secundaria para nivel 2:** Se propone establecer una viga secundaria en la estructura del segundo nivel, con el objeto de reducir el área tributaria de la losa la cual traslada cargas a vigas y columnas del nivel, y hacer que trabaje en dos sentidos. Las dimensiones de la viga secundaria son las siguientes: 0.60 m. de peralte x 0.25 m. de base.

**c. Losas:** Utilizando las recomendaciones del reglamento ACI 318-02, sección 9.5, donde las variables son las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos se procede a predimensionar el espesor de la losa (t).

$$t_{losa\ 1} = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

$$t = \frac{4.00 \times 4}{180} = 0.08 \cong 0.12 \text{ m.}$$

$$t_{losa 2} = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

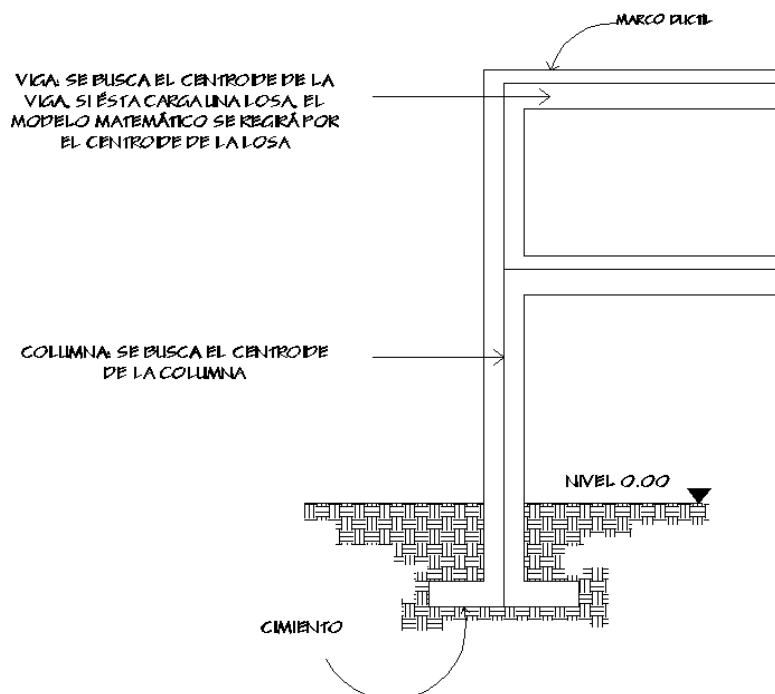
$$t = \frac{6 + 6 + 4 + 4}{180} = 0.11 \cong 0.12 \text{ m.}$$

**d. Cimientos:** Las zapatas a diseñar son aisladas y de colindancia. Las dimensiones se determinan aplicando el procedimiento que se presenta en la sección 2.1.7.4.

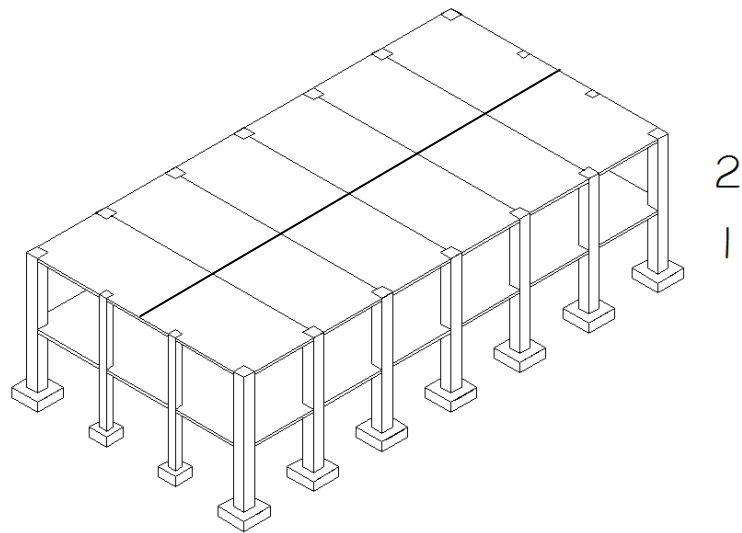
#### 2.1.4.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles unidos con marcos rígidos

Los modelos matemáticos son representaciones gráficas que muestran la geometría de la estructura, así como las cargas que actúan en los marcos. Sirven para realizar el análisis estructural.

Figura 6. Criterios para dibujar modelos matemáticos en marcos dúctiles.



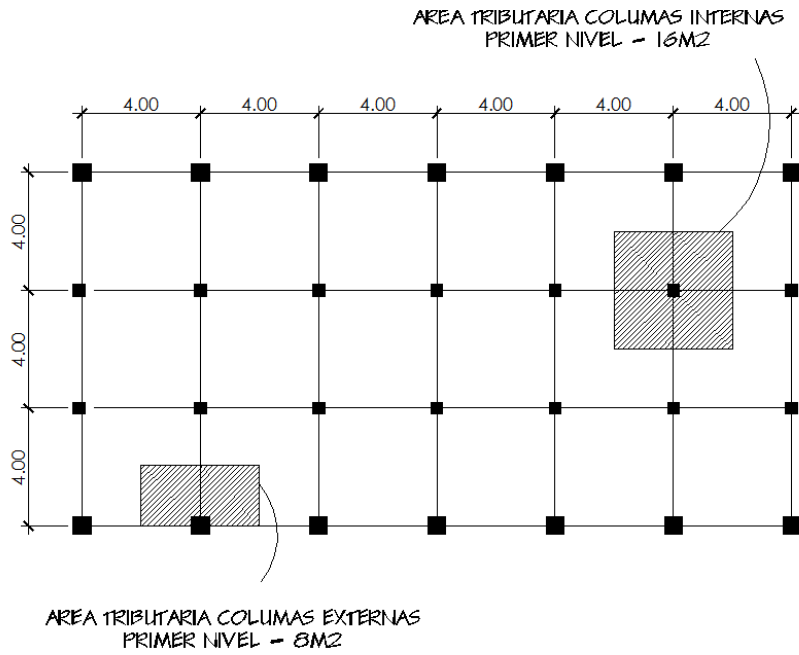
**Figura 7. Tipología estructural del edificio.**



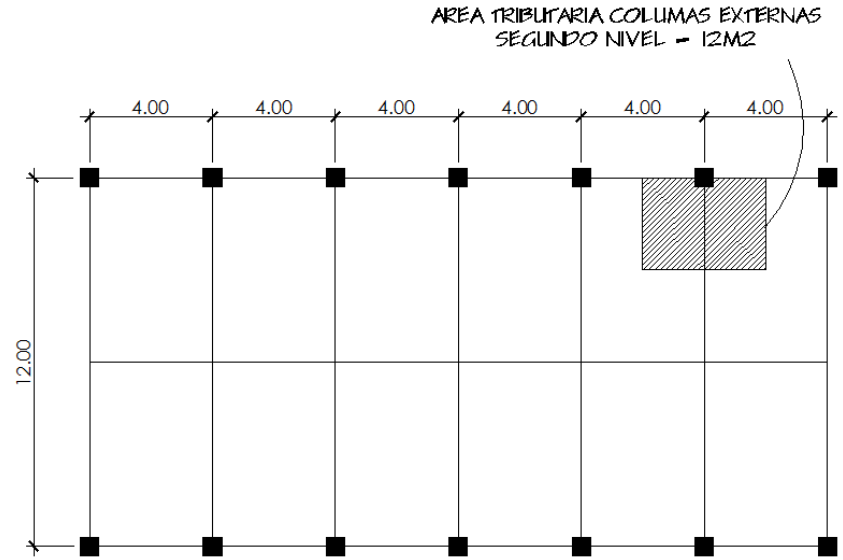
Las figuras 8, 9, 10 y 11 muestran las plantas típicas y los modelos matemáticos de los marcos dúctiles en sentido X e Y.

**Figura 8. Planta típica edificio, nivel 1.**





**Figura 9. Planta típica edificio, nivel 2.**



**Figura 10. Elevación marco típico, sentido X.**

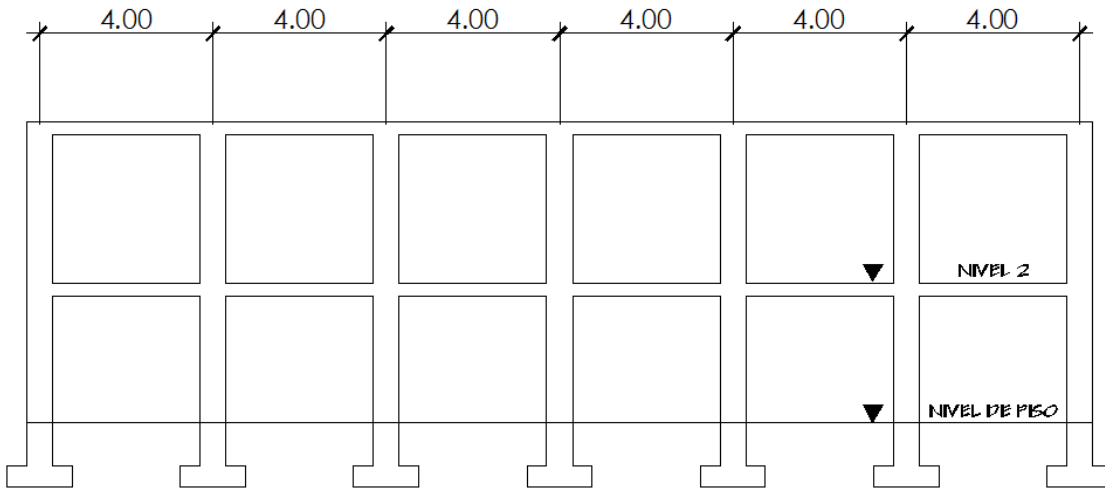
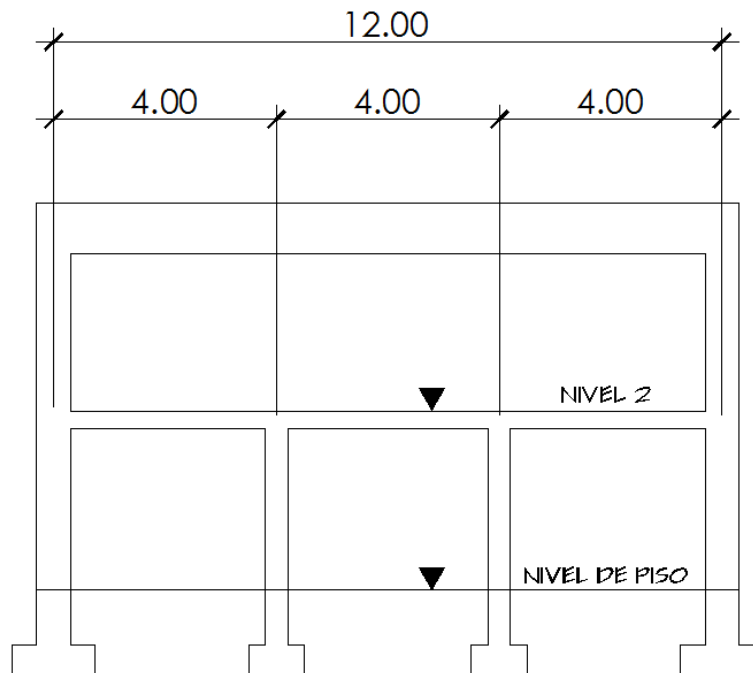


Figura 11. Elevación marco típico, sentido Y.



## 2.1.5. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles en unión con nudos rígidos

### 2.1.5.1. Cargas verticales en marcos

Cargas vivas: son las cargas de ocupación y equipos móviles. Pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar su ubicación. La magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.

Cargas muertas: son las cargas permanentes, debido al peso de los elementos estructurales y de los elementos que actúan en forma permanente sobre la estructura. La mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura. Se calculan con buena aproximación, de acuerdo a la conformación de los materiales de la misma.

A continuación se muestran las distintas cargas verticales a las cuales está sometida la edificación.

#### Carga Muerta (CM)

Peso del concreto = 2,400 kg/m<sup>3</sup>

Peso de muros = 210 kg/m<sup>2</sup>

Peso de acabados = 90 kg/m<sup>2</sup>

#### Carga Viva (CV)

Losa segundo nivel = 500 kg/m<sup>2</sup>

Losa entrepiso (SUM) = 450 kg/m<sup>2</sup>

Sobrecarga segundo nivel = 250 kg/m<sup>2</sup>

Sobrecarga entrepiso = 200 kg/m<sup>2</sup>

Integración de cargas:

#### Marco dúctil típico, sentido X e Y

NIVEL 1

CM = W<sub>losas</sub> + W<sub>vigas</sub> + W<sub>muros</sub> + W<sub>acabados</sub>

$$CM = \frac{8m^2 (2,400 \times 0.12)}{4} + (0.35 \times 0.20 \times 2400) + (4 \times 210) + \frac{8m^2 (90)}{4}$$

$$CM = 1,764 \text{ kg/m}$$

CV= Área tributaria x valor carga viva / L.

$$CV = \frac{(8m^2 \times (450 + 200))}{4}$$
$$CV = 1,300 \text{ kg/m}$$

### **Marco dúctil típico, sentido X**

NIVEL 2

CM= W losas + W vigas + W muros + W acabados

$$CM = \frac{16m^2 (2,400 \times 0.12)}{6} + (0.90 \times 0.45 \times 2400) + (6 \times 210) + \frac{16m^2 (90)}{6}$$
$$CM = 3,240 \text{ kg/m}$$

CV= Área tributaria x valor carga viva / L.

$$CV = \frac{(16m^2 \times (500 + 250))}{6}$$
$$CV = 2,000 \text{ kg/m}$$

### **Marco dúctil típico, sentido Y**

NIVEL 2

CM= W losas + W vigas + W muros + W acabados

$$CM = \frac{4m^2 (2,400 \times 0.12)}{4} + (0.20 \times 0.30 \times 2400) + (4 \times 210) + \frac{4m^2 (90)}{4}$$
$$CM = 1,362 \text{ kg/m}$$

CV= Área tributaria x valor carga viva / L.

$$CV = \frac{(4m^2 \times (500 + 250))}{4}$$
$$CV = 750 \text{ kg/m}$$

Figura 12. Cargas verticales. Marco dúctil típico sentido X.

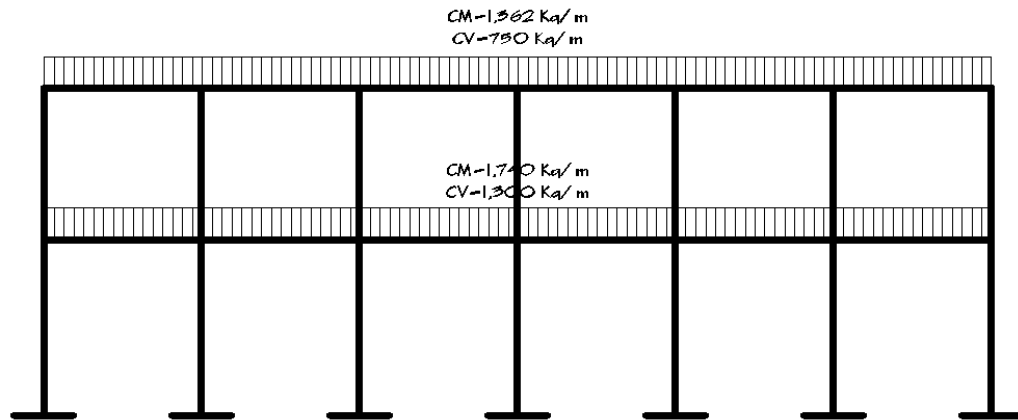
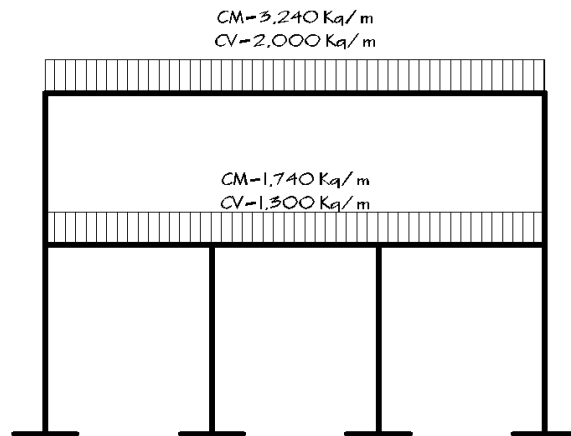


Figura 13. Cargas verticales. Marco dúctil típico sentido Y.



### 2.1.5.2. Cargas horizontales en marcos

Las fuerzas debidas al viento, sismos o empuje de tierras, son consideradas como fuerzas horizontales, paralelas a la superficie terrestre, y son a las que están expuestos los edificios. No se integran ambas al mismo tiempo, ya

que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan en forma simultánea.

En el caso de los sismos, éstos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en su sitio original. Esto hace que la estructura sufra desplazamientos que pueden traer resultados negativos; por lo tanto, el diseño sísmico depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura.

### 2.1.5.3. Cálculo del corte basal

El corte basal (V) es la fuerza sísmica que transmite el suelo a la base de la estructura. Se calcula en base a la siguiente fórmula:

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

Donde:

Z= Coeficiente que depende de la zona. Para la zona central Z=1.

I = Coeficiente de importancia de la obra. Para este caso por ser un edificio público se usará 1.40.

C= Coeficiente que depende del período natural de vibración, y está dado por:

$$C = \frac{1}{15\sqrt{t}}; t = \frac{\text{espesor de losa} \times H}{\sqrt{B}}$$

Donde H=altura del edificio y B= base del edificio.

S= Coeficiente que depende del tipo de suelo donde se cimenta la estructura. Si se desconoce utilizar 1.5. Chequear  $C \times S \leq 0.14$ ; si el producto de estos coeficientes exceden este valor, tomar  $C \times S = 0.14$ .

K= Factor que refleja la ductilidad de la estructura (K=0.67).

W= Peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas.

Como el sismo actúa en diferentes direcciones es necesario evaluar el corte basal en las direcciones X e Y (longitudinal y transversal respectivamente)

Tabla I. Peso por nivel y total de la estructura.

NIVEL 2		NIVEL 1	
ELEMENTO	PESO (Kg)	ELEMENTO	PESO (Kg)
Columnas C-1	41,126	Columnas C-1	41,126
Columnas C-2	5,222	Columnas C-2	17,204
Vigas V-1	81,648	Vigas V-3	25,920
Vigas V-2	8,640	Losa L-1	103,680
Losa L-1	103,680	Sobrecarga	35,880
25% CV	25,200	25% CV	36,000
	265,516.00		259,810.00

Peso total de la estructura, incluyendo el 25% de la carga viva: 525,326.00kg.

### Coefficiente C

$$t_x = \frac{0.12(7.00)}{\sqrt{24}} = 0.171$$

$$C_x = \frac{1}{15\sqrt{0.171}} = 0.16$$

$$t_y = \frac{0.12(7.00)}{\sqrt{12}} = 0.242$$

$$C_x = \frac{1}{15\sqrt{0.242}} = 0.135$$

Chequeo  $C \times S \leq 0.14$

$$C_x \times S = 0.160 \times 1.5 = 0.240$$

$$C_y \times S = 0.135 \times 1.5 = 0.202$$

Por no cumplir con el valor límite, se toma  $C \times S = 0.14$ .

Cálculo del corte basal aplicando los valores anteriores:

$$V = V_x = V_y = 1 \times 1.40 \times 0.14 \times 0.67 \times 525,326$$

$$V = 68,986 \text{ kg.}$$

### 2.1.5.3.1. Fuerzas por nivel

Se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$F_{ni} = \frac{(V - F_t) \times W H_i}{\sum W_i H_i}$$

Donde:

$F_{ni}$  = fuerza por nivel.

$V$  = corte basal.

$F_t$  = fuerza de techo, cuando  $t$  (período natural de vibración) es menor que 0.25,

$F_t = 0$ ; sino calcular  $F_t = 0.07 \times t \times V$ .

$W$  = peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas.

$W_i$  = peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas por nivel.

$H_i$  = altura medida desde la cimentación al nivel considerado.

Tabla II. Fuerzas por nivel sentido X e Y.

SENTIDO X e Y				
NIVEL	W	hi	Wxhi	V
1	259,810.00	3.6	935316	68986
2	265,516.00	7	1858612	68986
			2793928	

### Cálculo de $F_n$ respecto al eje X e Y

Como  $t_x = 0.171$  y  $t_y = 0.242 < 0.25$ ;  $F_t = 0.00$ .

Entonces:

$$F_{n1} = \frac{(68,986 - 0) \times 935,316}{(2,793,928)} = 23,094 \text{ Kg.}$$

$$F_{n2} = \frac{(68,986 - 0) \times 1,858,612}{(2,793,928)} = 45,892 \text{ Kg.}$$



### 2.1.5.3.2. Fuerzas por marcos dúctiles

La estructura se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, si los marcos espaciados están simétricamente colocados. Si los marcos espaciados son asimétricos, se tendrá que dividir la fuerza de piso proporcional a la rigidez de los marcos. Se calcula aplicando las siguientes fórmulas:

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

Donde:

$$FM' = \frac{K \times F_{ni}}{\sum Ki} \quad y \quad FM'' = \frac{e \times F_{ni}}{E_i}$$

Donde:

$$E_i = \frac{\sum Ki \times di^2}{Ki \times di} ; \quad e = \text{excentricidad} = Cm - CR$$

$$y \quad CR = \frac{\sum Ki \times di}{\sum Ki}$$

Donde:

FM = Fuerza proporcional a la rigidez

FM' = Fuerza de torsión

Ei = Módulo de rigidez

Ki = rigidez del marco. (K=1; los elementos son simétricos)

di = distancia de CR a marco considerado

e = excentricidad;  $e_{\min} = 0.05 \times$  (altura total del edificio)

Cm = centro de masa

CR = centro de rigidez.

### Fuerzas por marco:

Debido a la simetría de la estructura, la rigidez en los marcos es la misma, por simplificación en el cálculo, se utilizará  $K=1$  en todos los marcos.

$$CR = \frac{1x24 + 1x20 + 1x16 + 1x12 + 1x8 + 1x4 + 1x0}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1}$$

$$CR = 12.00$$

$$CM = \frac{24}{2} = 12.00$$

$$e = 12.00 - 12.00 = 0 \text{ m.} \quad e_{min} = 0.05 * 7 = 0.35$$

De acuerdo a los resultados de las excentricidades, se toma la mayor, la cual es  $e=0.35$ . Con estos valores, se calculan los datos siguientes:

$$FM' = \frac{1 \times 23,094}{4} = 5,773.5 \text{ kg} \quad FM'' = \frac{0.35 \times 23,094}{\frac{80}{6}} = 606.22 \text{ kg}$$

$$FM = FM' + FM'' = 5,773.5 + 606.22 = 6,379.72 \text{ kg}$$

De acuerdo a las operaciones anteriores, se procede a determinar la fuerzas por marco en cada nivel y en el sentido x e y. Los resultados se presentan en la tabla III.

**Tabla III. Fuerzas por marco.**

EJE	MARCO	r1	d1	r1d1	(r1d1)2	FM'	FM''	FM niv 1	FM'	FM''	FM niv 2
X	1	1	6	6	36	5773.5	606.22	6379.72	11473	1204.67	12677.67
	2	1	2	2	4	5773.5	202.07	5975.57	11473	401.55	11874.55
	3	1	-2	-2	4	5773.5	-202.07	5571.43	11473	-401.55	11071.45
	4	1	-6	-6	36	5773.5	-606.22	5167.28	11473	-1204.67	10268.33
		4									
Y	1	1	12	12	144	3299.14	216.5	3515.64	6556	430.23	6986.23
	2	1	8	8	64	3299.14	144.33	3443.47	6556	286.82	6842.82
	3	1	4	4	16	3299.14	72.16	3371.3	6556	143.41	6699.41
	4	1	0	0	0	3299.14	0	3299.14	6556	0	6556
	5	1	-4	-4	16	3299.14	-72.16	3226.98	6556	-143.41	6412.59
	6	1	-8	-8	64	3299.14	-144.33	3154.81	6556	-286.82	6269.18
	7	1	-12	-12	144	3299.14	-216.5	3082.64	6556	-430.23	6125.77
	7										

### 2.1.5.3.3. Fuerzas del marco por torsión

Debido a que en el análisis anterior de fuerzas por marcos dúctiles se observó que las excentricidades propias por cada sentido eran menores a las excentricidades mínimas obtenidas, debido a que la estructura es simétrica en ambos sentidos, se deduce que no es necesario realizar el análisis de fuerzas de marcos por torsión.

Definidas las cargas horizontales y verticales que se van a aplicar a la estructura, se procede al análisis de la misma.

El proceso de análisis tiene como fin satisfacer todos los requisitos de carga y desplazamientos de la estructura, utilizando para esto secciones mínimas en los elementos que la componen, teniendo también como resultado paralelo la minimización de costos.

En este caso se procederá a analizar la estructura y se chequeará si las secciones predimensionadas son aptas para resistir los efectos aplicados.

### 2.1.6. Análisis estructural de marcos dúctiles utilizando ETABS

ETABS trabaja dentro de un sistema de datos integrados. El concepto básico es que se crea un modelo consistente del sistema de piso y sistemas pórtico vertical y lateral para analizar y diseñar toda la edificación. Todo lo que se necesita es integrar el modelo dentro de un sistema versátil de análisis y diseño con una interfase. Los efectos sobre una parte de la estructura debido a cambios efectuados en otra parte son instantáneos y automáticos.

**Métodos numéricos:** Los métodos numéricos usados para analizar la edificación permiten modelar sistemas de piso de tableros de acero y losa de concreto que puedan automáticamente transmitir sus cargas a las vigas principales. El enmallado de elementos finitos elaborados automáticamente de un complejo sistema de piso con interpolación de desplazamientos en transiciones de diferentes características de mallas, asociado con el análisis de vectores Ritz para el análisis dinámico, permite la inclusión de los efectos de flexibilidad del diafragma en el análisis de manera práctica.

Las opciones de análisis dinámico vertical permiten incluir los efectos de las componentes del movimiento vertical del terreno en su análisis sísmico. Esto también permitirá una evaluación detallada de los problemas de vibración vertical de pisos, adicionalmente a los métodos empíricos tradicionales que también son incluidos dentro del software. Los problemas especiales asociados con la construcción de estructuras típicas han sido asociados con técnicas numéricas personalizadas que permiten incluir fácilmente sus efectos en el análisis. Los problemas especiales incluidos, entre otros, son: Cálculo del centro de rigidez, efectos locales y globales P-Delta, inclusión de paneles aislados en zonas deformables, efecto de nudos rígidos en los extremos y desplazamiento de extremos de elementos con relación a los puntos cardinales de una sección.

A continuación se muestran las distintas combinaciones que recomienda el ACI de momentos que se toman en consideración para analizar la estructura:

$$C_1 = 1.4CM + 1.7CV$$

$$C_2 = 0.75(1.4CM + 1.7CV + 1.87S)$$

$$C_3 = 0.75(1.4CM + 1.7CV - 1.87S)$$

$$C_4 = 0.90CM + 1.43S$$

$$C_5 = 0.90CM - 1.43S$$

Donde:

S = carga de sismo.

Es importante mencionar que los marcos se concentraron en diferentes grupos, debido a las similitudes en las características de los mismos: marcos A y D; marcos B y C; marcos 1 y 7 y marcos 2,3,4,5 y 6. Para efectos de diseño se presentan los resultados obtenidos en los marcos "A" (eje x) y "2" (eje y).

#### 2.1.6.1. Resultados del análisis estructural del marco típico, eje 'x'

Figura 14. Diagrama de momentos - carga muerta, marco A.

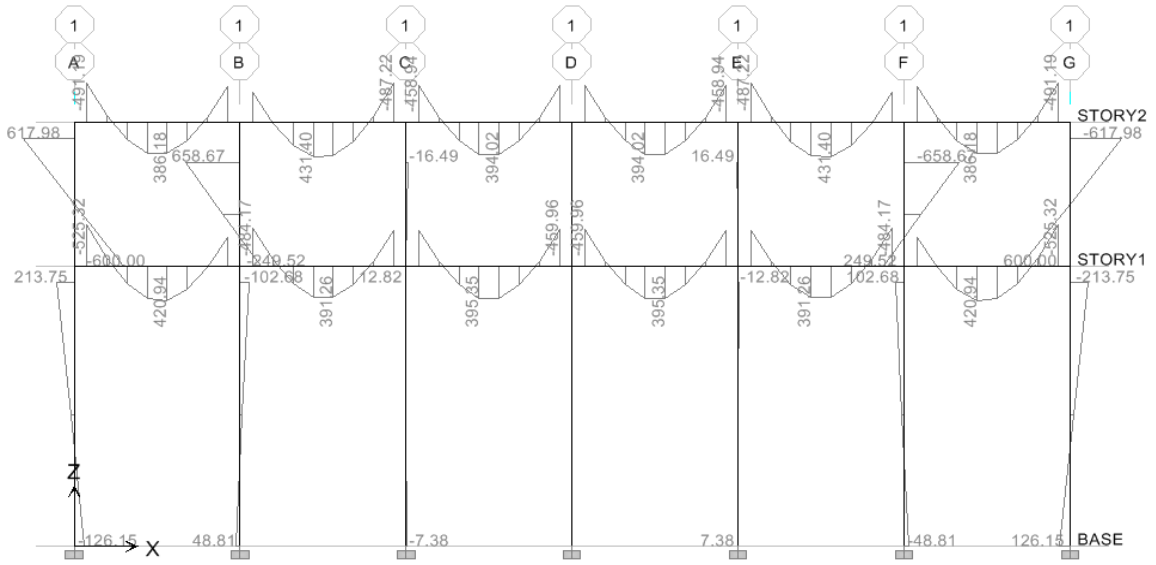


Figura 15. Diagrama de cortes - carga muerta, marco A.

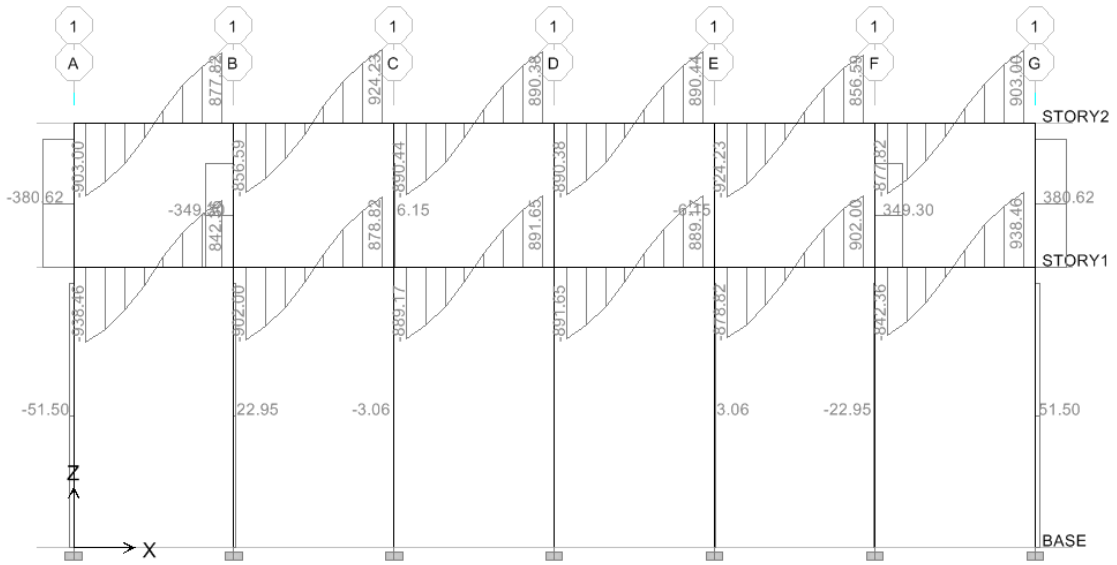


Figura 16. Diagrama de momentos - carga viva, marco A.

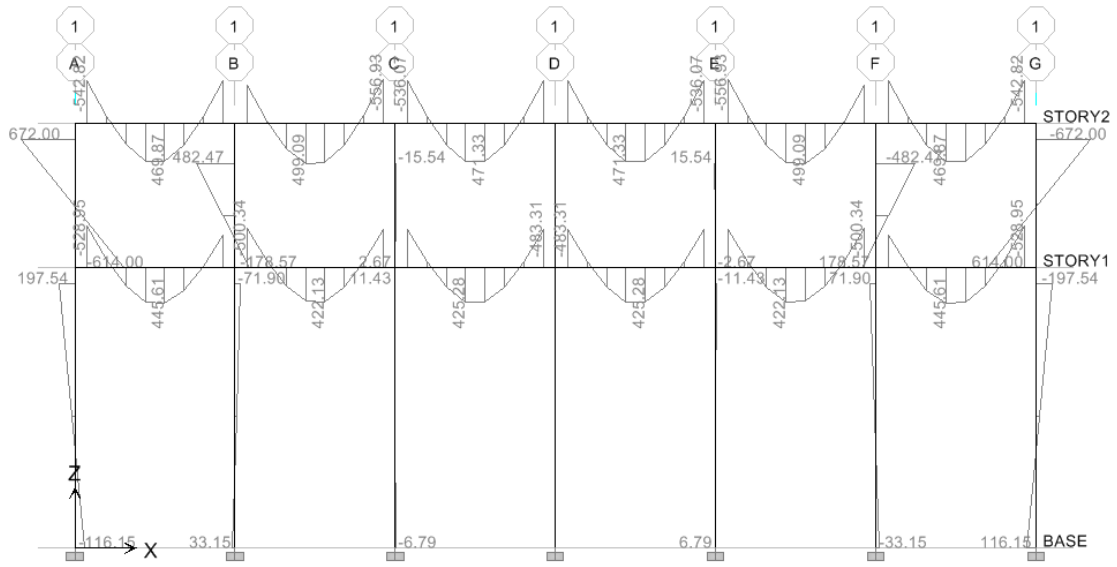


Figura 17. Diagrama de cortes - carga viva, marco A.

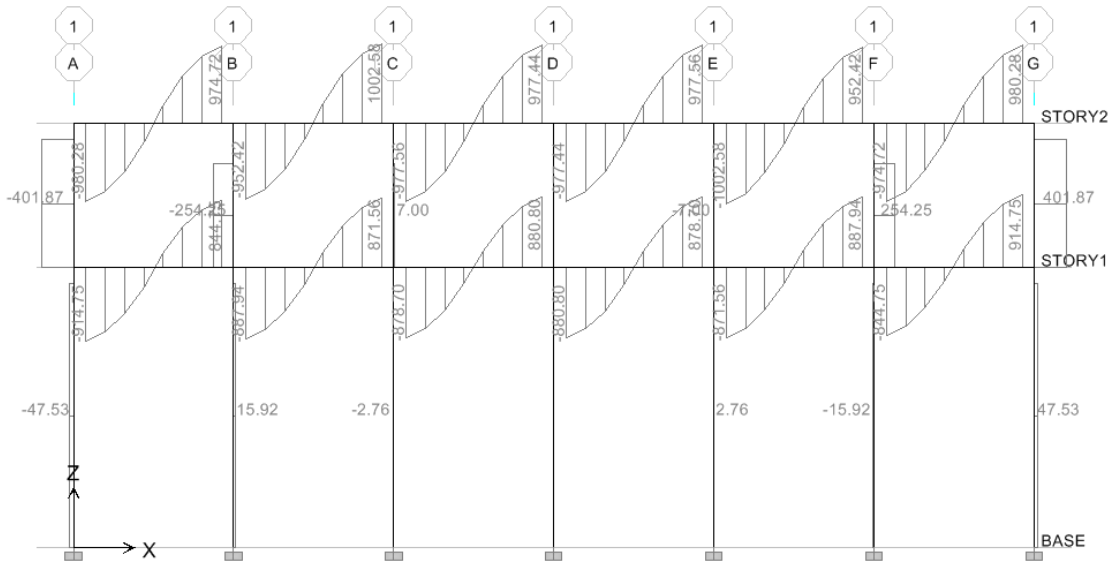
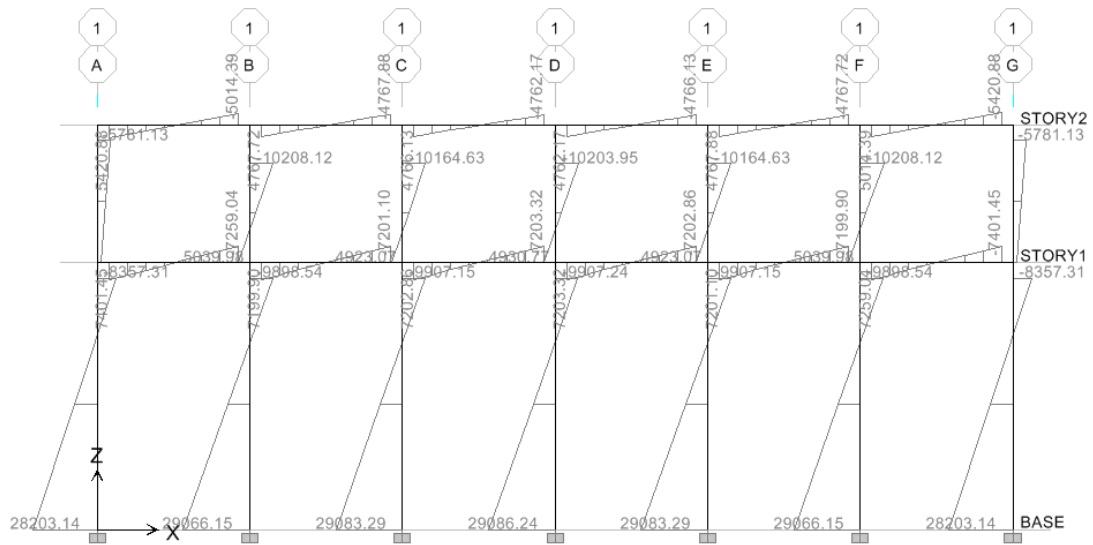
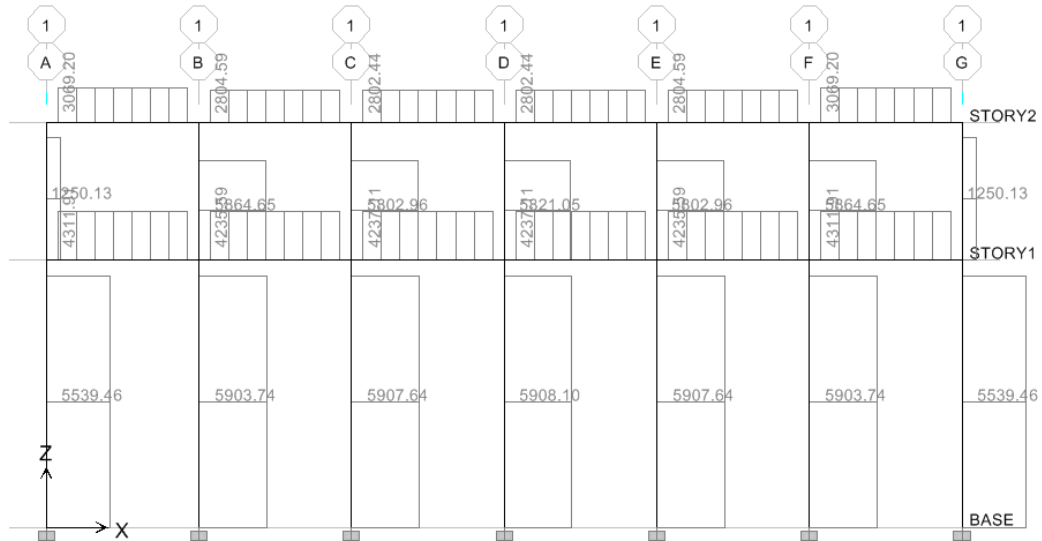


Figura 18. Diagrama de momentos - carga sismo, marco A.



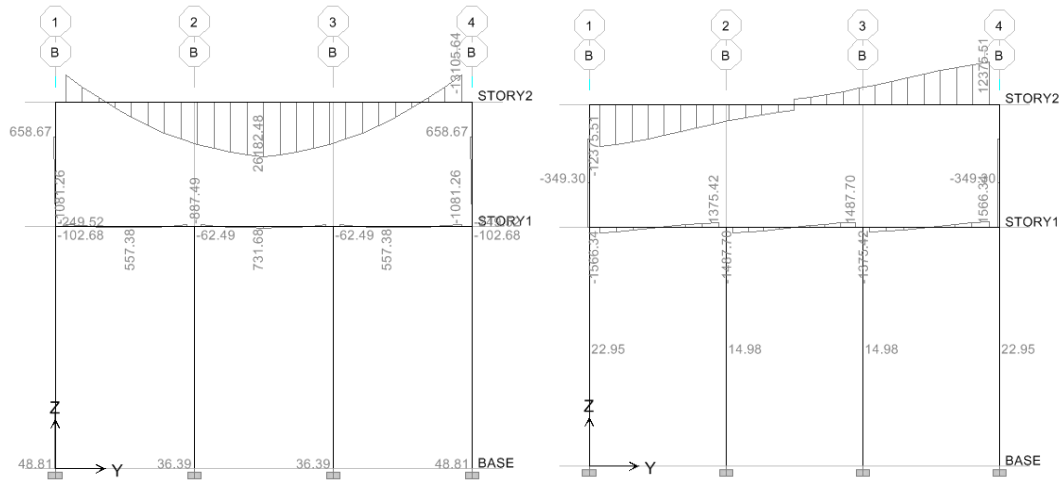
**Figura 19. Diagrama de corte - carga sismo, marco A.**



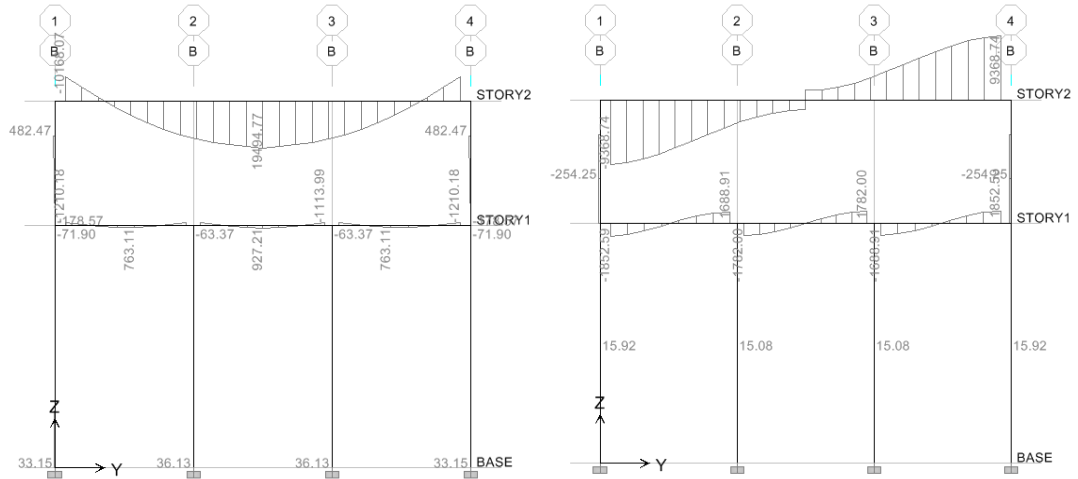
**2.1.6.2. Resultados del análisis estructural del marco típico, eje "y".**



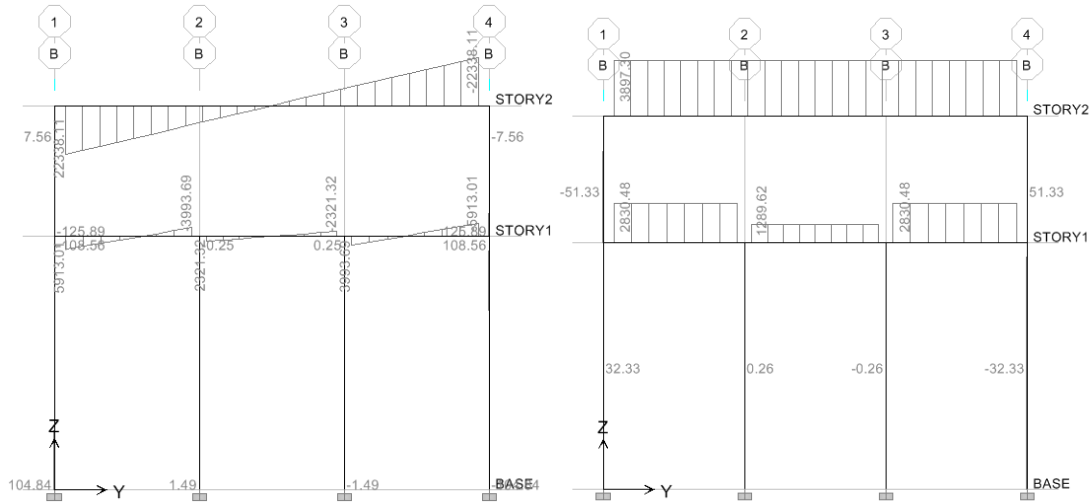
**Figura 20. Diagrama de momentos y corte - carga muerta, marco 2.**



**Figura 21. Diagrama de momentos y corte - carga viva, marco 2.**



**Figura 22. Diagrama de momentos y corte - carga sismo, marco 2.**



### 2.1.6.3. Envoltorio de momentos.

La envoltorio de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir al superponer los efectos de carga muerta, carga viva y carga sísmica.

Para proceder al análisis de la estructura del edificio, se tienen que tomar en consideración las distintas combinaciones de cargas, con el fin de determinar las condiciones más críticas del diseño y con éstas diseñar los elementos que componen la estructura (vigas, columnas y cimientos) para que estos puedan resistir las condiciones extremas.

Empleando las combinaciones descritas con anterioridad (recomendadas por el reglamento ACI), se calculan todas las envoltorios de momentos para los marcos rígidos en sentido X e Y.

**Figura 23. Diagrama de momentos últimos – Vigas y columnas. Marco A, eje X.**

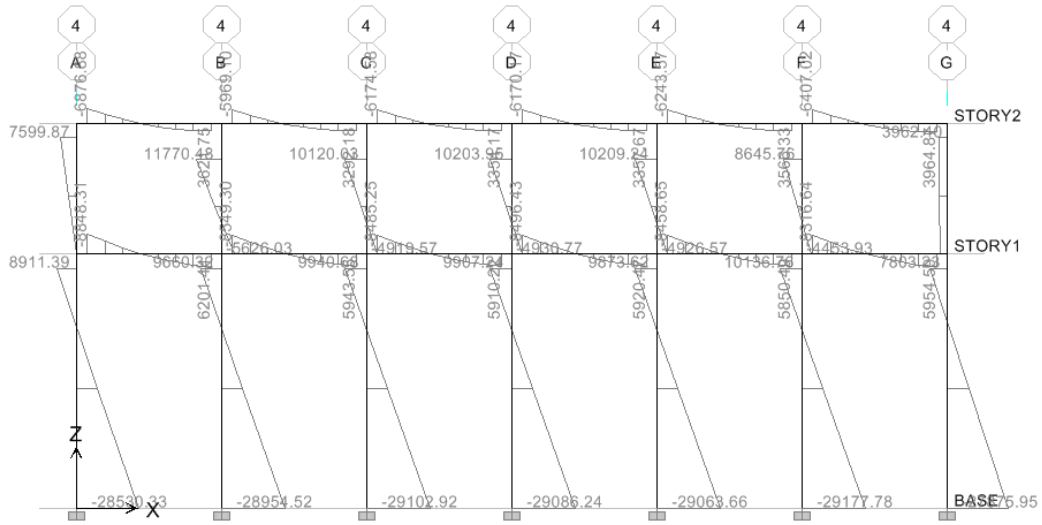


Figura 24. Diagrama de cortes últimos – Vigas y columnas. Marco A, eje X.

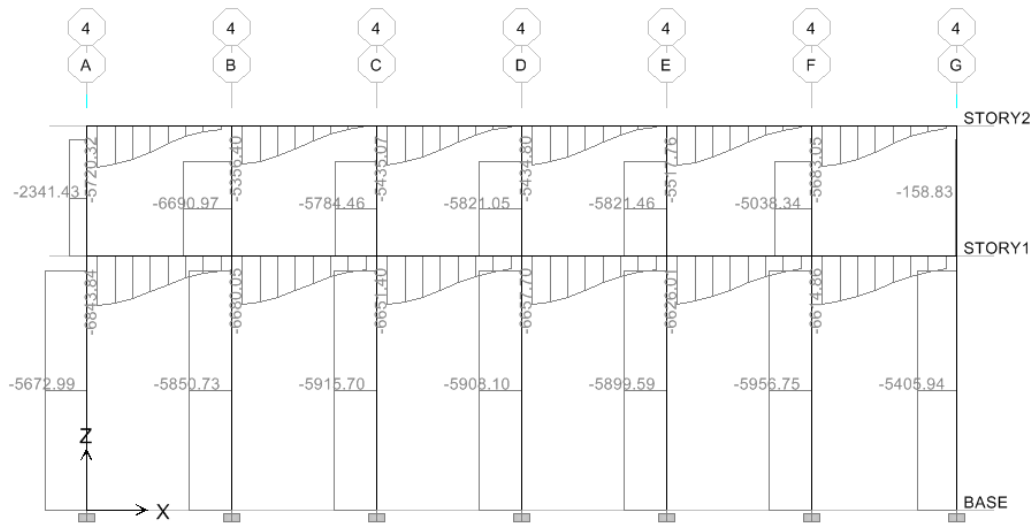


Figura 25. Diagrama de momentos últimos – Vigas y columnas. Marco 2, eje Y.

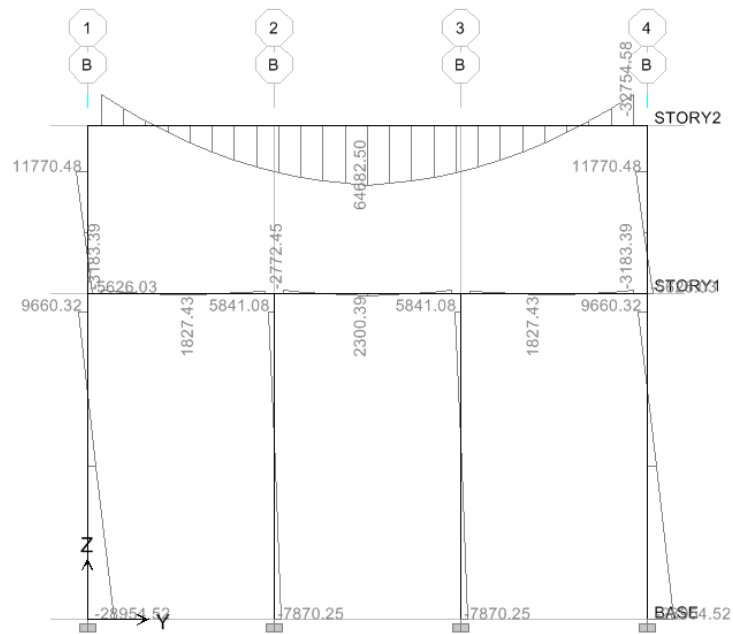
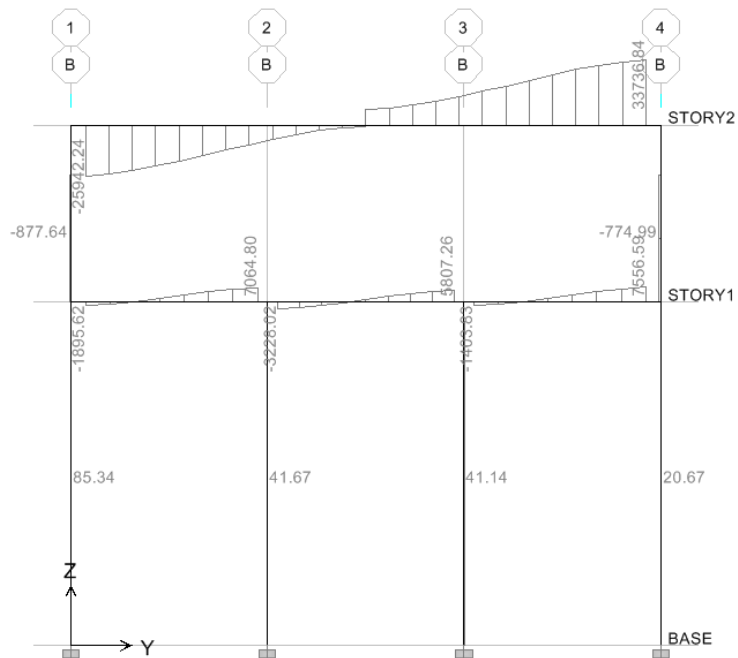


Figura 26. Diagrama de cortes últimos – Vigas y columnas. Marco 2, eje Y.



### 2.1.7. Diseño estructural

Para el diseño estructural del edificio, se utilizarán los siguientes datos generales:

Materiales	Recubrimientos
$F_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$	<i>Cimentación</i> = 0.07 m.
$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	<i>Vigas</i> = 0.03 m.
$E_c = 15,100 \times \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$	<i>Columnas</i> = 0.04 m.
$E_s = 2.1 \times 10 \text{ kg/cm}^2$	<i>Losas</i> = 0.03 m.
$W_{concreto} = 2,400 \text{ kg/cm}^2$	

### 2.1.7.1. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie, como entrepisos para transmitir cargas verticales o como diafragmas para transmitir cargas horizontales.

En las construcciones de concreto reforzado las losas se utilizan para proporcionar superficies planas y útiles. Una losa de concreto reforzado es una amplia placa plana, generalmente horizontal, cuyas superficies superiores e inferiores son paralelas o casi paralelas entre si. Puede estar apoyada en vigas de concreto reforzado (y se construye por lo general en forma monolítica con estas vigas), en muros de mampostería o de concreto reforzado, en elementos de acero estructural, en forma directa en columnas o en el terreno en forma continua.

Para el diseño de losas se utilizará el método 3 del ACI. El cálculo del espesor de losa se presenta en la sección 2.1.4.1.

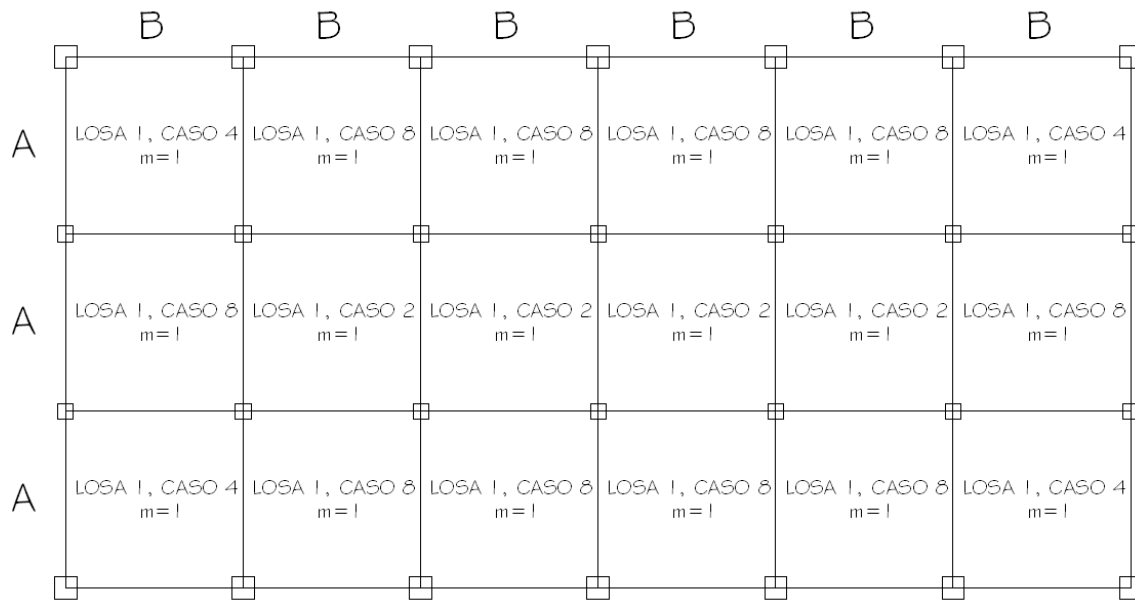
Tabla IV. Consideraciones en diseño de losas.

<b>Espesor</b>	0.09m. ≤ t ≤ 0.15m.	losa plana
	t ≥ 0.15m.	losa nervada (recomendado)
<b>Numero de apoyos</b>	sobre 2 lados	losa en 1 sentido
	sobre 4 lados	losa en 2 sentidos

La relación  $m=A/B$ , ( $A$ =lado menor de la losa;  $B$ =lado mayor de la losa) define también si la losa trabaja en uno o dos sentidos: si  $m \geq 0.50$ , entonces la losa trabaja en dos sentidos; de lo contrario trabaja en un sentido.

Losas nivel 1

**Figura 27. Planta de distribución de losas, nivel 1.**



Carga última o carga de diseño:

$$CU = 1.4CM + 1.7CV$$

$CM = (\gamma_c \times \text{espesor de losa}) + \text{acabados} + \text{sobrecarga}$

$$CM = (2,400 \text{ kg/m}^3 \times 0.12\text{m}) + 90 \text{ kg/m}^2 + 60 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = 438 \text{ kg/m}^2$$

$$CM_u = 1.4(438 \text{ kg/m}^2) = 613 \text{ kg/m}^2$$

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

$$CV_u = 1.7 (450 \text{ kg/m}^2) = 765 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1.4 (438 \text{ kg/m}^2) + 1.7 (450 \text{ kg/m}^2)$$

$$CU = 1,378 \text{ kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño se toma una franja unitaria de 1.00 metro de ancho:

$$CUu = 1,378 \text{ kg/m}^2 * 1.00 \text{ m.} = 1,378 \text{ kg/m}$$

Momentos actuantes:

$$M_{A(-)} = C \times CUu \times A^2$$

$$M_{A(+)} = C \times CVu \times A^2 + C \times CMu \times A^2$$

$$M_{B(-)} = C \times CUu \times B^2$$

$$M_{B(+)} = C \times CVu \times B^2 + C \times CMu \times B^2$$

Donde:

C = Coeficiente de tablas ACI

A = Dimensión del lado corto considerado de la losa

B = Dimensión del lado largo considerado de la losa

Utilizando las fórmulas y procedimientos anteriores se procede a calcular los momentos respectivos.

LOSA 1; CASO 4.

$$M_{A(-)} = 0.05 \times 1,378 \times 4^2 = 1,102 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{A(+)} = 0.027 \times 765 \times 4^2 + 0.032 \times 613 \times 4^2 = 644 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(-)} = 0.05 \times 1,378 \times 4^2 = 1,102 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(+)} = 0.027 \times 765 \times 4^2 + 0.032 \times 613 \times 4^2 = 644 \text{ kg} - \text{m}$$

LOSA 2; CASO 8.

$$M_{A(-)} = 0.033 \times 1,378 \times 4^2 = 727.58 \text{ kg} - \text{m}$$

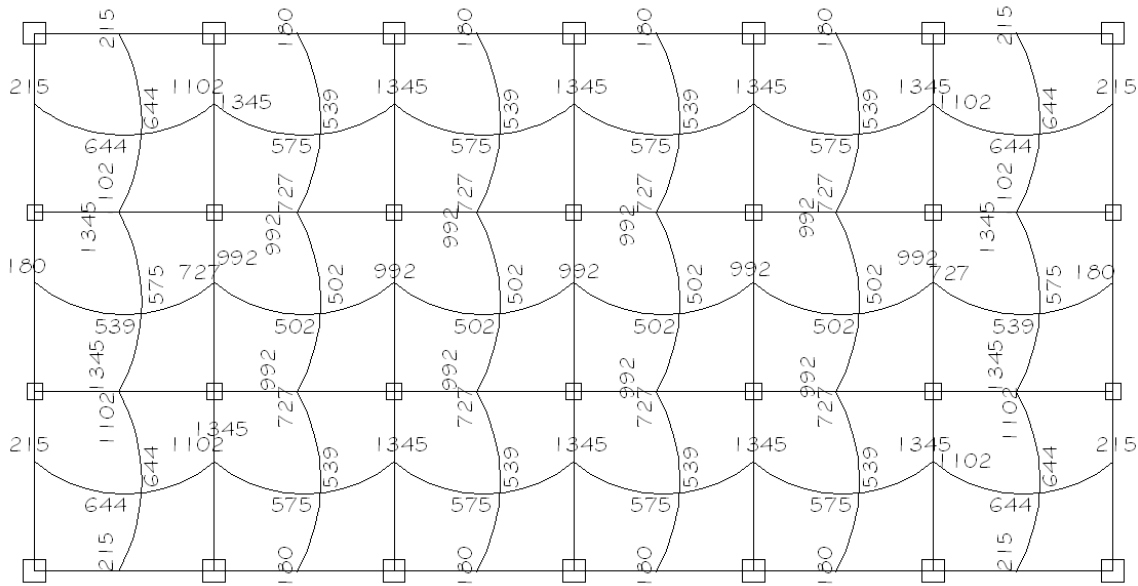
$$M_{A(+)} = 0.028 \times 765 \times 4^2 + 0.02 \times 613 \times 4^2 = 538.88 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(-)} = 0.061 \times 1,378 \times 4^2 = 1,344.93 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(+)} = 0.023 \times 765 \times 4^2 + 0.030 \times 613 \times 4^2 = 575.76 \text{ kg} - \text{m}$$

En la figura 28 se presentan los resultados de todos los momentos calculados en las losas.

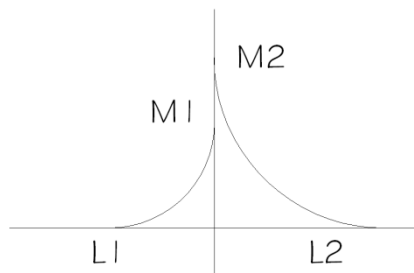
**Figura 28. Planta de distribución de losas, nivel 1.**



**Balance de momentos:**

Cuando dos losas comparten un lado común y, en el mismo, ambas presentan diferencias de momentos actuantes, deben balancearse, aplicando el siguiente criterio:

- Si  $0.8(M_{\text{mayor}}) \leq M_{\text{menor}}$ ; entonces:  $M_b = \frac{(M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}})}{2}$
- Si  $0.8(M_{\text{mayor}}) > M_{\text{menor}}$ , entonces se balancea proporcionalmente a su rigidez, de la siguiente forma:



$$K1 = \frac{1}{L1} \quad K2 = \frac{1}{L2}$$

$$D1 = \frac{K1}{K1 + K2} \quad D2 = \frac{k2}{k1 + k2}$$



Donde: L1 y L2 son las longitudes de losa consideradas.

**Tabla V. Balance de momentos**

D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
+D <sub>1</sub> x (M <sub>2</sub> – M <sub>1</sub> )	-D <sub>1</sub> x (M <sub>2</sub> – M <sub>1</sub> )
+D <sub>1</sub> x (M <sub>2</sub> – M <sub>1</sub> ) + M <sub>1</sub>	-D <sub>2</sub> x (M <sub>2</sub> – M <sub>1</sub> ) + M <sub>2</sub>
M <sub>b</sub>	M <sub>b</sub>

Balance de momentos entre losas 1 y 2:

$$M_2 = 1,345 \text{ kg} - m \quad M_2 = 1,102 \text{ kg} - m$$

$$0.8(1,345) = 1,076 < 1,102; \text{ entonces}$$

$$M_b = \frac{(1,345 + 1,102)}{2} = 1,223.5 \text{ kg} - m$$

Balance de momentos entre losas 1 y 2:

$$M_2 = 992 \text{ kg} - m \quad M_2 = 727 \text{ kg} - m$$

$$0.8(992) = 793.60 > 727; \text{ entonces}$$

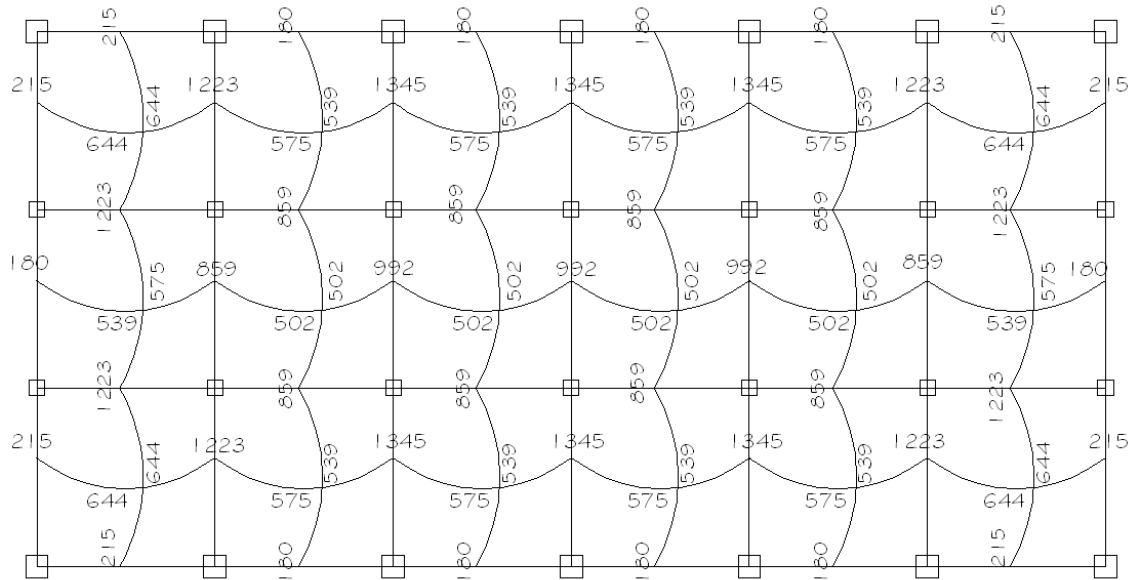
$$K_1 = \frac{1}{4.00} = 0.25 \quad K_2 = \frac{1}{4.00} = 0.25$$

$$D_1 = \frac{0.25}{(0.25 + 0.25)} = 0.50 \quad D_2 = \frac{0.25}{(0.25 + 0.25)} = 0.50$$

0.50	0.50
727	992
+0.50 x (992 – 727)	-0.50 x (992 – 727)
132.5	-132.5
727 + 132.5 = 859.5	992 – 132.5 = 859.5

El balance de momentos en todos los puntos necesarios se presentan en la figura 29.

**Figura 29. Planta de momentos balanceados, en losas típicas, nivel 1.**



Diseño del acero de refuerzo:

El refuerzo para las losas se calcula como si se estuviera diseñando una viga con un ancho unitario de 1.00 m. (b). El procedimiento es el siguiente.

- Peralte efectivo "d" (proponiendo varillas  $\Phi 3/8$ ";  $A_s=0.71 \text{ cm}^2$ )

$$d = t - rec - \frac{\Phi}{2} = 12 - 2.5 - \frac{0.9525}{2} = 9.02 \text{ cm.}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{f_y} \times b \times d = \frac{14.1}{2,810} \times 100 \times 9.02 = 4.53 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento S para  $A_{s_{min}}$ :

$$4.53 \text{ cm}^2 \frac{\text{cm}}{\text{cm}} = 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \frac{\text{cm}}{\text{cm}} = S \quad ; \quad S = 16 \text{ cm.}$$

- Cálculo del momento que resiste  $As_{min}$ :

$$MAS_{min} = 0.9 \left[ As_{min} \times f_y \left( d - \frac{As_{min} \times f_y}{1.7 \times f'_c \times b} \right) \right]$$

$$MAS_{min} = 0.9 \left[ 4.53 \times 2,810 \left( 9.02 - \frac{4.53 \times 2,810}{1.7 \times 210 \times 100} \right) \right] = 99,251.54 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$MAS_{min} = 992.51 \text{ kg} - \text{m}$$

Para los momentos menores que resiste el  $Mas_{min}$ , se utilizará el refuerzo mínimo; para los momentos que excedan este valor, se calcula el área de acero con la fórmula siguiente:

$$As_{req} = \left[ b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{Mu \times b}{0.003825 \times f'_c}} \right] \times 0.85 \times \left( \frac{f'_c}{f_y} \right)$$

Donde

$Mu$  = momento último (kg-m)

$b$  y  $d$  = en cm.

$f'_c$  y  $f_y$  = en  $\text{kg}/\text{cm}^2$

$As$  =  $\text{cm}^2$

$$As_{req} = \left[ 100 \times 9.02 - \sqrt{(100 \times 9.02)^2 - \frac{1,345 \times 100}{0.003825 \times 210}} \right] \times 0.85 \times \left( \frac{210}{2,810} \right)$$

$$As_{req} = 6.23 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento  $S$  para  $As_{req}$ :

$$6.23 \text{ cm}^2 \frac{\text{cm}}{\text{cm}} = 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \frac{\text{cm}}{\text{cm}} = S \quad ; \quad S = 12 \text{ cm.}$$

El acero requerido para las losas del nivel 1 se presentan en las siguientes tablas, de acuerdo a los resultados obtenidos.

Tabla VI. Áreas de acero requeridas en losas, nivel 1.

TIPO DE MOMENTO	MOMENTO (kg-m)	BASE "b" (cm)	ESPESOR "t" (cm)	PERALTE "d" (cm)	As req (cm <sup>2</sup> )	No Var.	ACI 318-99 Smax (2t)
(-)	1223	100	12	9.02	5.64	4	12
(-)	1345	100	12	9.02	6.23	4	12
(-)	859	100	12	9.02	4.53	3	16
(-)	992	100	12	9.02	4.53	3	16
(+)	644	100	12	9.02	4.53	3	16
(+)	575	100	12	9.02	4.53	3	16
(+)	502	100	12	9.02	4.53	3	16
(+)	539	100	12	9.02	4.53	3	16

Chequeo por corte:

Todas las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por los materiales que la conforman. En este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben resistirse únicamente por el concreto. Por tal razón, se debe chequear si el espesor de la losa es el adecuado.

- Cálculo del corte máximo actuante:

$$V_{\max} = \frac{C_{uu} \times L_{\text{corto}}}{2} = \frac{1,378 \times 4}{2} = 2,756 \text{ kg}$$

- Cálculo del corte máximo resistente:

$$V_{\text{res}} = 45 \times \sqrt{f'_c} \times t = 45 \times \sqrt{210} \times 12 = 7,825 \text{ kg}$$

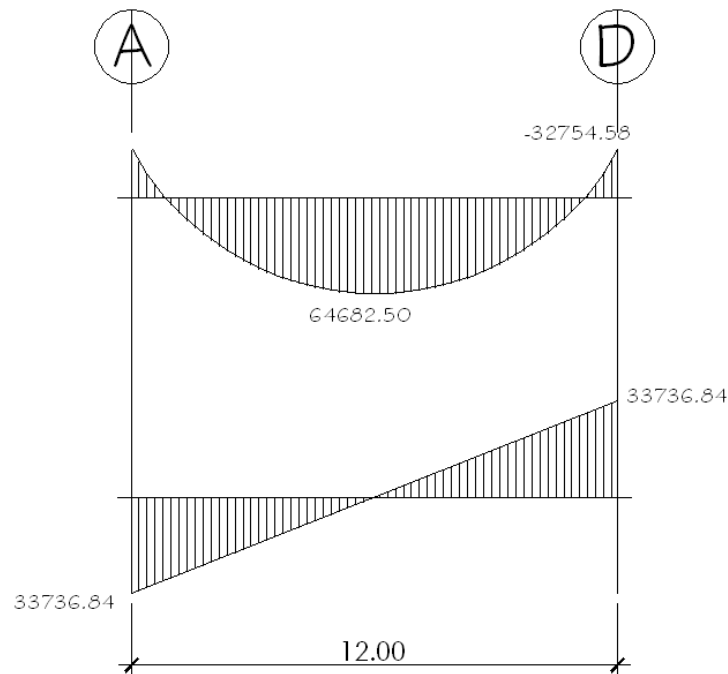
Se debe chequear que el  $V_{\text{res}} > V_{\max}$ , de lo contrario se tendrá que modificar "t". Para este caso particular, se concluye que el espesor es el adecuado, ya que cumple con lo dicho anteriormente.

Las losas del segundo nivel se diseñaron de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente. Los resultados se presentan en los planos constructivos.

### 2.1.7.2. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de flexocompresión y corte. Los datos necesarios para su diseño son los momentos y cortes últimos actuantes, los cuales se toman del análisis estructural.

Figura 30. Diagrama de momentos y cortes últimos viga tipo V-1.



Sección = 0.95 x 0.45 m.

Longitud = 12.00 m.

Peralte efectivo  $d = 0.92$  m.

- Límites de acero (mínimo y máximo):

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \times b \times d = \frac{14.1}{f_y} \times b \times d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{2,810} \times 45 \times 92 = 20.77 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} \times b \times d = 0.5 \left[ \frac{0.85 \times B_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{6,090}{f_y + 6,090} \right] \times b \times d$$

$B_1 = 0.85$  sí y solo si  $f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$

$$A_{s_{max}} = 0.5 \left[ \frac{0.85 \times 0.85 \times 210}{2,810} \times \frac{6,090}{2,810 + 6,090} \right] \times 45 \times 92$$

$$A_{s_{max}} = 76.48 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de áreas de acero para los momentos actuantes

Momento = 32,755 kg-m

$$A_{s_{req}} = \left[ b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 \times f'_c}} \right] \times 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y}$$

$$A_{s_{req}} = \left[ 45 \times 92 - \sqrt{(45 \times 92)^2 - \frac{32,755 \times 45}{0.003825 \times 210}} \right] \times 0.85 \times \frac{210}{2,810}$$

$$A_{s_{req}} = 14.47 \text{ cm}^2$$

De la misma forma se calcula el acero requerido, para todos los momentos actuantes, tanto en esta como en las vigas restantes. Se establece el diámetro de las varillas a usar y la forma del armado, cumpliendo con las especificaciones de sismo que establece el ACI:

$$A_{s(-)A} = A_{s(-)D} = 14.47 \text{ cm}^2$$

$$A_{s(+)} = 29.45 \text{ cm}^2$$

a. Acero cama superior:

- $33\% (A_{s_{req}} M_{(-)}) = 33\% (14.47 \text{ cm}^2) = 4.77 \text{ cm}^2$
- $A_{s_{min}} = 20.77 \text{ cm}^2$

Se debe optar por el valor mayor ( $20.77 \text{ cm}^2$ ), esto se cubre con 4 No. 8.

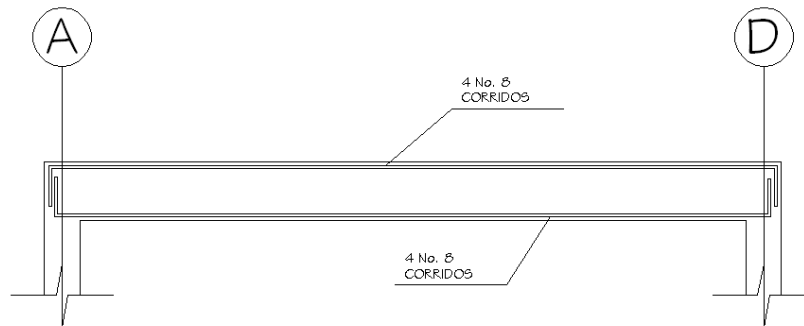
b. Cama inferior en apoyos:

- $50\% (A_{s_{req}} M_{(-)}) = 50\% (14.47 \text{ cm}^2) = 7.23 \text{ cm}^2$
- $50\% (A_{s_{req}} M_{(+)}) = 50\% (29.45 \text{ cm}^2) = 14.72 \text{ cm}^2$
- $A_{s_{min}} = 20.77 \text{ cm}^2$

Se debe optar por el valor mayor ( $20.77 \text{ cm}^2$ ), eso se cubre con 4 No. 8.

En los momentos que necesiten más refuerzo que el determinado en los incisos anteriores, se debe cubrir el faltante con bastones.

**Figura 31. Detalle de refuerzo longitudinal, viga tipo V-1.**



Refuerzo a corte:

El objetivo del refuerzo a corte o acero transversal (estribos) es asegurar que el elemento estructural será capaz de resistir los esfuerzos cortantes a los que estará sometido, además de contribuir a que el refuerzo longitudinal permanezca en la posición correcta y confinar el concreto.

- Corte que resiste el concreto  $V_r$ :

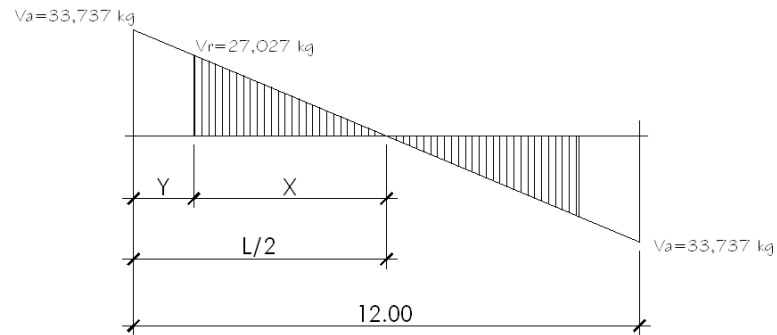
$$V_r = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$V_r = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 45 \times 92 = 27,027.43 \text{ kg.}$$

Comparar el corte que resiste el concreto  $V_r$  con el corte actuante  $V_a$ . Si este ultimo es menor al  $V_r$ , la viga necesita estribos sólo por armado con un espaciamiento máximo  $S_{\max} = d/2$ , usando como mínimo varillas No. 3.

Si  $V_r < V_a$ , se diseñan estribos por corte, utilizando las siguientes expresiones:

**Figura 32. Diagrama de corte en viga.**



$$\frac{x}{27,027} = \frac{6}{33,737}; x = 4.81 \text{ m.}$$

$$y = 6\text{m} - 4.81\text{m} = 1.19\text{m}$$

La distancia a confinar es de 1.19 m.

Espaciamiento de estribos hasta la distancia de confinamiento.

$$S = \frac{2 \times A_v \times f_y \times d}{V_a} = \frac{2 \times 0.71 \times 2,810 \times 92}{33,736.84} = 10.88 \text{ cm.}$$

Se utiliza el  $S = 10 \text{ cm}$ .

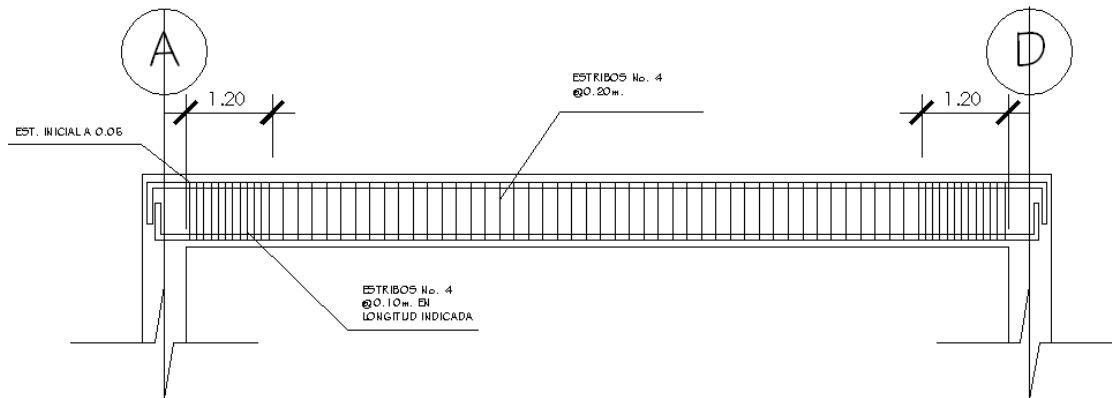
El resto de estribos se diseña con el corte que resiste el concreto.



$$S = \frac{2 \times A_v \times f_y \times d}{V_r} = \frac{2 \times 0.71 \times 2,810 \times 92}{27,027.43} = 13.58 \text{ cm.}$$

Se utiliza el S= 15 cm.

**Figura 33. Espaciamiento de estribos, viga V-1.**



Para el armado de las vigas restantes se sigue el procedimiento descrito anteriormente. Los resultados pueden observarse en los planos constructivos.

### 2.1.7.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna. Esta carga se determina por el área tributaria (figura 8). Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural. Para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de ésta.

Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas de la edificación, y se aplican en la columna del nivel 1.

### Columna típica nivel 1

Datos para diseño:

- Sección: 0.40 x 0.40m.
- Longitud: 3.10 m.
- Momento máximo en X: 5,607.19 kg-m.
- Momento máximo en Y: 5,841.08 kg-m
- Corte actuante máximo: 2,077.47
- Área tributaria: 16 m<sup>2</sup>

Carga última:

$$CU = 1.4CM + 1.7CV$$

$$CU \text{ nivel 2} = 1.4 (488) + 1.7 (500) = 1,533.2 \text{ kg/m}^2$$

$$CU \text{ nivel 1} = 1.4 (588) + 1.7 (650) = 1,928.2 \text{ kg/m}^2$$

$$CU \text{ total} = CU \text{ nivel 2} + CU \text{ nivel 1} = 3,461.40 \text{ kg/m}^2$$

Factor de carga última:

$$Fcu = \frac{CU}{(CM + CV)} = \frac{3,461.40}{(1,076 + 1,150)} = 1.55$$

Peso de vigas (Pv):

$$Pv = (b \times h \times \gamma_{conc} \times L); L = \text{longitud de vigas unidas a la columna}$$

$$Pv = (0.20 \times 0.30 \times 2,400 \times 7.2) = 1,036.80 \text{ kg/m}$$

Carga axial última:

$$PU = A_{trib} \times CU + Pv \times Fcu$$

$$PU = 16 \times 3,461.40 + 1,036.80 \times 1.55 = 56,989.40 \text{ kg}$$

Cálculo de esbeltez:

Es importante establecer relaciones entre la altura, ancho y luz libre de los elementos, particularmente si se espera que el elemento exhiba una respuesta dúctil ante el sismo de diseño. Si el elemento es demasiado esbelto, puede ocurrir el pandeo lateral del borde comprimido. Si el elemento es demasiado robusto (poco esbelto), se torna difícil controlar la degradación de rigidez y resistencia que resulta de los esfuerzos de corte. Para clasificar una columna de acuerdo a su esbeltez se debe tomar en cuenta:

- Cortas; si  $E < 21$
- Intermedias: si  $21 < E < 100$ ; y
- Largas; si  $E > 100$ .

Si la columna es corta, su diseño se realiza con los momentos resultantes del análisis estructural, si son intermedias, se magnifican sus momentos, y si son largas no se construyen.

Cálculo de esbeltez:

$$E = \frac{K \times Lu}{\sigma}$$

Donde:

K = factor de longitud efectiva (factor de pandeo)

Lu = longitud de la columna

$\sigma$  = radio de giro=0.30 (lado menor de la columna); para columnas rectangulares.

En estructuras de concreto reforzado, las columnas se encuentran restringidas parcialmente por los sistemas de piso, sin que existan articulaciones o empotramientos perfectos. El grado de restricción depende de la relación entre

las rigideces de las columnas y el sistema de piso, la cual puede definirse de la siguiente forma:

$$\psi = \frac{\Sigma K_{columnas}}{\Sigma K_{vigas}} = \frac{\left(\frac{\Sigma E m \times I}{Lu}\right)}{\left(\frac{\Sigma E m \times I}{Lu}\right)}$$

$E m = 1$ , por ser todo el marco del mismo material

$I$  = inercia

$Lu$  = longitud de cada elemento estructural

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

$$I_{viga} = \frac{20 \times 30^3}{12} = 45,000 \text{ cm}^4 \quad I_{columna} = \frac{40 \times 40^3}{12} = 213,333 \text{ cm}^4$$

Cálculo de la esbeltez en sentido "Y"

Extremo superior  $\Psi_a$ :

$$\Psi_a = \left[ \frac{\frac{1 \times 213,333}{3.10} + \frac{1 \times 213,333}{3.10}}{\frac{1 \times 45,000}{2} + \frac{1 \times 45,000}{2}} \right] = 3.058$$

Extremo superior  $\Psi_a=0$  (empotramiento en la base)

$$\Psi_{promedio} = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2} = \frac{3.058 + 0}{2} = 1.53$$

Cálculo del coeficiente K:

$$K = \frac{20 - \Psi_p}{20} \times \sqrt{1 + \Psi_p} \quad \text{para } \Psi_p < 2$$

$$K = \frac{20 - 1.53}{20} \times \sqrt{1 + 1.53} = 1.47$$

Cálculo de la esbeltez:

$$E = \frac{K \times Lu}{\sigma} = \frac{1.47 \times 3.10}{0.30 \times 0.40} = 37.97$$

La esbeltez de esta columna en el sentido "X" se determinó de acuerdo al procedimiento realizado. Según los resultados, la columna se clasifica dentro del rango de las intermedias ( $21 < E < 100$ ), por lo que se deben magnificar los momentos actuantes.

Magnificación de momentos:

Los momentos sin desplazamiento lateral no amplificados en los extremos de las columnas son sumados a los momentos por desplazamiento lateral amplificados en los mismos puntos. Generalmente, uno de los momentos extremos resultantes es el momento máximo de la columna; sin embargo, en columnas esbeltas con elevadas cargas axiales el punto de momento máximo puede estar entre los extremos de la columna, de tal forma que los momentos extremos dejan de ser los momentos máximos.

Para este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de los desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores calculados con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos del desplazamiento.

Sentido Y

- Factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta d = \frac{CMU}{CU} = \frac{1,076}{3,461.40} = 0.31$$

- Cálculo del EI total del material:

$$EI = \frac{Ec \times Ig}{2.5 (1 + \beta d)}; \text{ donde}$$

$$Ec = 15,100 \times \sqrt{f'c} = 15,100 \times \sqrt{210} = 218,819.79$$

$$Ig = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{40 \times 40^3}{12} = 213,333.33$$

Entonces:

$$EI = \frac{218,819.79 \times 213,333.33}{2.5 (1 + 0.31)} = 1.42 \times 10^{10} \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$EI = 1,425 \text{ Ton} - \text{m}^2$$

- Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler (Pcr):

$$P_{cr} = \frac{I^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} = \frac{I^2 \times 1,425}{(1.47 \times 3.10)^2} = 677.26 \text{ Ton.}$$

- Cálculo del magnificador de momentos ( $\delta$ ):

$$\delta = \left[ \frac{1}{1 - \left( \frac{Pu}{\phi \times P_{cr}} \right)} \right] \geq 1; \text{ donde } \phi = 0.70 \text{ para estribos y } 0.75 \text{ para zunchos.}$$

$$\delta = \left[ \frac{1}{1 - \left( \frac{56.99}{0.70 \times 677.26} \right)} \right] \geq 1.13$$

- Cálculo de momentos de diseño

$$Md = \delta_x Mu$$

$$Mdy = 1.13 \times 5,841.08 = 6,600.42 \text{ kg} - \text{m.}$$

Sentido X

Los resultados para el sentido X, se obtienen de la misma forma que los datos obtenidos en el sentido Y, llegando a la siguiente conclusión:

$$Md = \delta_x Mu$$

$$Mdx = 1.13 \times 5,607.19 = 6,336.12 \text{ kg} - \text{m.}$$

Refuerzo longitudinal:

Para calcular el acero longitudinal de las columnas, existen varios métodos, los cuales se aplican dependiendo del tipo de cargas a las que está sometida la columna. Existen columnas sometidas a carga axial, carga axial, carga axial y momento uniaxial, carga axial y momento biaxial y carga axial y momento triaxial.

Para este caso, todas las columnas son del tipo carga axial y momento biaxial. El diseño de este tipo de columnas requiere un procedimiento difícil, pero existen métodos aproximados que dan buenos resultados, por ejemplo el método de *Bresler*, el cual es sencillo y de cálculos exactos. El método consiste en que dado un sistema de cargas actuantes, se debe calcular el sistema de cargas resistentes. La expresión utilizada es:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} - \frac{1}{P'o}$$

Donde:

P'u = Resistencia nominal a carga axial para una excentricidad dada a lo largo de ambos ejes.

P'x = Resistencia nominal a carga axial para una excentricidad dada a lo largo del eje x.

$P'y$  = Resistencia nominal a carga axial para una excentricidad dada a lo largo del eje y.

$P'o$  = Resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad cero.

Si  $P'u > P_u$ , el armado propuesto es correcto, de lo contrario se debe reconsiderar el área de acero y realizar de nuevo los cálculos.

Según el ACI, el área de acero longitudinal para elementos sometidos a compresión debe estar dentro del rango  $1\%A_g < A_s < 8\%A_g$ ; entonces:

$$A_{s_{min}} = 0.01 (40 \times 40 \text{ cm}) = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = 0.08 (40 \times 40 \text{ cm}) = 128 \text{ cm}^2$$

Se propone un porcentaje que esté dentro del rango anterior. Para este caso,  $2.5\% = 40 \text{ cm}^2 = 8 \text{ No. } 8$  ( $A_s = 40.54 \text{ cm}^2$ )

Este método utiliza los diagramas de interacción para columnas (ver anexos), los cuales requieren de los siguientes datos para su uso.

- Valor de la gráfica:

$$\gamma = \frac{H_{núcleo}}{H_{columna}} = \frac{b - (2 \times rec)}{h} = \frac{0.40 - (2 \times 0.03)}{0.40} = 0.85$$

- Valor de la curva:

$$\rho_u = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times A_g} = \frac{40.54 \times 2,810}{0.85 \times 210 \times 1,600} = 0.40$$

- Excentricidades:

$$e_x = \frac{Mdx}{P_u} = \frac{6,336.12}{56,989.40} = 0.11$$



$$e_y = \frac{Mdy}{PU} = \frac{6,600.42}{56,989.40} = 0.12$$

- Valor de las diagonales:

$$e_x/h_x = \frac{0.11}{0.4} = 0.27$$

$$e_y/h_y = \frac{0.12}{0.4} = 0.30$$

Con los valores obtenidos, se buscan los valores de los coeficientes  $K'_x$  y  $K'_y$ , siendo estos:

$$K_x = 0.182$$

$$K_y = 0.64$$

Entonces:

$$P'_x = K_x \times f'c \times b \times h = 0.182 \times 210 \times 40 \times 40 = 61,152 \text{ kg}$$

$$P'_y = K_y \times f'c \times b \times h = 0.64 \times 210 \times 40 \times 40 = 215,040 \text{ kg}$$

$$P'_o = \varphi [0.85 \times f'c (A_g - A_s) + A_s \times f_y]$$

$$P'_o = 0.70 [0.85 \times 210 (1600 - 40.54) + 40.54 \times 2,810] = 274,596.71 \text{ kg}$$

Calculando  $P'_u$ :

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{61,152} + \frac{1}{215,040} - \frac{1}{274,596.71} = 57,599.41 \text{ kg}$$

$P'_u > P_u$ ; por lo tanto  $A_s$  propuesto es correcto.

Refuerzo de corte:

El refuerzo a corte consistirá en estribos perpendiculares a la dirección de la carga axial, los cuales sirven para contrarrestar los esfuerzos de corte actuantes, tomando en cuenta que en una zona sísmica, debe asegurarse la ductilidad del elemento, por lo que se considera una longitud de confinamiento de estribos en los extremos de la columna. El procedimiento es el siguiente:

- Esfuerzo de corte que resiste el concreto ( $V_r$ ):

$$V_r = \phi \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d; \text{ donde } \phi = 0.85 \text{ para corte}$$

$$V_r = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 40 \times 37 = 9,661.98 \text{ kg}$$

Corte actuante = 2,077.47 kg.

Comparar  $V_r$  con  $V_a$ , usando los siguientes criterios:

- Si  $V_r > V_a$ , se colocan estribos a  $S=d/2$ .  $S= 37/2 = 18.5$  cms; estribos No. 4 @18 cms.
- Si  $V_r < V_a$ , se diseñan estribos por corte. Para estas opciones la varilla mínima permitida es la No. 3.

- Refuerzo por confinamiento:

Según el ACI, la longitud de confinamiento es la mayor de las siguientes tres opciones:

- **$L/6 = 3.10 / 6 = 0.52 \text{ m.}$**
  - Lado mayor = 0.40 m.
  - 0.50 m.
- Espaciamiento de estribos en zona confinada:

Relación volumétrica:

$$\rho_s = 0.45 \times \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left( \frac{0.85 \times f'_c}{f_y} \right); \text{ donde } A_{ch} = \text{área chica (34 x 34 cm.)}$$

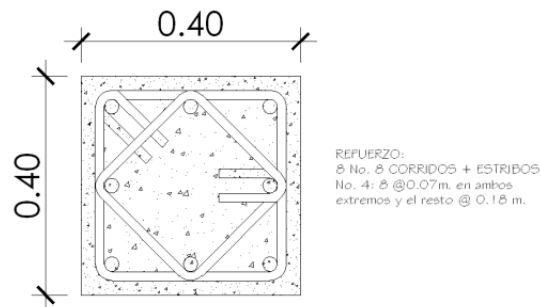
$$\rho_s = 0.45 \times \left( \frac{1,600}{1,156} - 1 \right) \left( \frac{0.85 \times 210}{2,810} \right) = 0.01098$$

- Cálculo de espaciamiento entre estribos en la zona confinada:

$$S = \frac{2 \times A_v}{\rho_s \times L_e} = \frac{2 \times 1.27}{0.01098 \times 34} = 6.80 \text{ cm.}$$

Espaciamiento en zona de confinamiento = 7.00 cm., con estribos No. 4. El detalle del armado de la columna se detalla en la figura No. 34. Para las columnas restantes, se aplicó el mismo procedimiento, presentando los resultados en los respectivos planos constructivos.

**Figura 34. Detalle en armado de columna tipo C-2.**



#### 2.1.7.4. Diseño de zapatas

Los cimientos de una estructura se diseñan con la finalidad de recibir la carga actuante de las columnas y transmitirla al suelo, donde éste debe ser lo suficientemente resistente para asegurar la estabilidad de las estructuras que sobre él descansan.

Se consideró una sección cuadrada para simplificar el armado y construcción de la zapata. Los datos para su diseño son los siguientes:

$$Pu = 56,989.40 \text{ kg}$$

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

$$Mdx = 8,070.00 \text{ kg} - \text{m.}$$

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

$$Mdy = 7,870.25 \text{ kg} - \text{m.}$$

$$\text{Recubrimiento} = 7.50 \text{ cms.}$$

$$\text{Valor soporte del suelo} = 88.74 \text{ Ton/m}^2$$

- Factor de carga última:

$$FCU = \frac{1.4CM + 1.7CV}{CM + CV} = 1.46$$

- Cargas de trabajo:

$$Pt = \frac{Pu}{FCU} = \frac{56.99 \text{ Ton}}{1.46} = 39.03 \text{ Ton}$$

$$Mt_x = \frac{Mx}{FCU} = \frac{8.07}{1.46} = 5.53 \text{ Ton} - \text{m.}$$

$$Mt_y = \frac{My}{FCU} = \frac{7.87}{1.46} = 5.39 \text{ Ton} - \text{m.}$$

- Área de la zapata:

$$Az = \frac{1.5 \times Pt}{Vs} = \frac{1.5 \times 39.03 \text{ Ton}}{88.74 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}} = 0.66 \text{ m}^2$$

Propuesta de dimensiones para la zapata: a = 2.00 m. y b = 2.00 m.

- Presión sobre el suelo:

$$q = \frac{P}{Az} \pm \frac{Mtx}{Sx} \pm \frac{Mty}{Sy}$$

Se debe de tomar en cuenta que “q” no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte. Entonces:

$$Sx = Sy = \frac{a \times b^2}{6} = \frac{2 \times 2^2}{6} = 1.33$$

$$P = Pt + Pcolumna + Psuelo + Pcimiento$$

$$P = 39.03 + (0.40 \times 0.40 \times 1.5 \times 2.4) + (4 \times 1.5 \times 1.83) + (4 \times 0.50 \times 2.4)$$

$$P = 55.39 \text{ Ton}$$

Entonces:

$$q = \frac{55.39}{4.00} \pm \frac{5.53}{1.33} \pm \frac{5.39}{1.33}$$

$q_{\max} = 22.06 \text{ Ton} / \text{m}^2$  ; menor que el valor soporte del suelo.

$q_{\min} = 5.64 \text{ Ton} / \text{m}^2$  ; mayor que 0, por lo que no existe tensión del suelo.

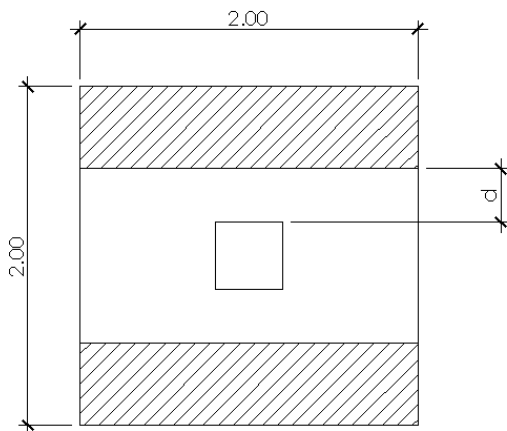
La presión del suelo en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presión en otro punto distinto de la misma, sin embargo para efectos de diseño se determina una presión constante, la cual puede ser un valor promedio. Si se desea utilizar un criterio conservador, se realiza el diseño con la presión máxima, la cual debe estar afectada por el factor de carga última.

- Presión última de diseño

$$q_{dis} = q_{\max} \times FCU = 22.06 \times 1.46 = 32.21 \text{ Ton} / \text{m}^3$$

Chequeo por corte simple.

La sección crítica para esfuerzos de corte se localiza en un plano vertical, paralelo a la cara de la columna; la falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a “d” (peralte efectivo) del borde de la columna, por lo que se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor al actuante. Suponiendo un armado con varillas No. 6 se tiene:



$d = \text{peralte asumido} - \text{recubrimiento} - \varnothing/2$

$$d = 50 - 7.5 - 1.90/2 = 42 \text{ cm.}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = q_{dis} \times \left( \frac{B_{zap} - B_{col}}{2} - d \right) \times H_{zap}$$

$$V_{act} = 32.21 \times \left( \frac{2.00 - 0.40}{2} - 0.42 \right) \times 2.00$$

$$= 24.48 \text{ Ton.}$$

Corte resistente:

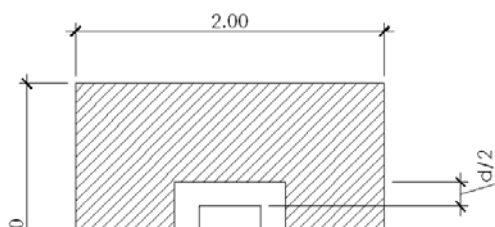
$$V_{res} = \varphi \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$V_{res} = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 200 \times 42 = 54,838 \text{ Kg} = 54.84 \text{ Ton.}$$

$V_{res} > V_{act}$ ; por lo que el peralte resiste corte simple.

Chequeo por corte punzonante:

La fuerza que la columna ejerce sobre la zapata es una acción que tiende a perforarla, por lo que debe chequearse el corte punzonante. Este actúa a una distancia  $d/2$  del borde de la columna.



$$b_o = 2(a + d) + 2(b + d)$$

$$b_o = 2(40 + 42) + 2(40 + 42) = 328 \text{ cm.}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = A_{ashurada} \times q_{dis}$$

$$V_{act} = ((2 \times 2) - (0.82 \times 0.82)) \times 32.21$$

$$V_{act} = 107.18 \text{ Ton.}$$

Corte resistente:

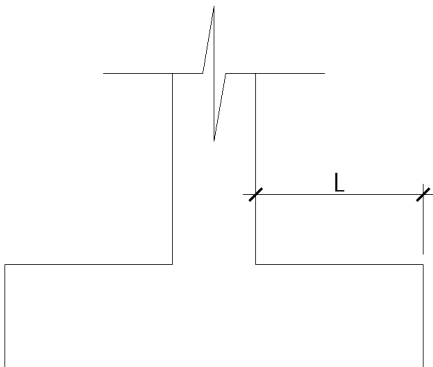
$$V_{res} = \phi \times 1.06 \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{res} = 0.85 \times 1.06 \times \sqrt{210} \times 328 \times 42 = 179,869.52 \text{ Kg} = 179.87 \text{ Ton.}$$

$V_{res} > V_{act}$ ; por lo que el peralte resiste corte ponzunante

Diseño del refuerzo por flexión:

El tramo de la zapata donde se debe reforzar por flexión, se analiza como una losa en voladizo.



Momento a flexión:

$$M_u = \frac{W \times L^2}{2} = \frac{32.21 \times \left(\frac{2}{2} - \frac{0.4}{2}\right)^2}{2}$$

$$= 10.31 \text{ Ton} - m$$

- Cálculo del área de acero:

$$A_{s_{req}} = \left[ b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 \times f'c}} \right] \times 0.85 \times \frac{f'c}{f_y}$$

$$A_{S_{req}} = \left[ 100 \times 42 - \sqrt{(100 \times 42)^2 - \frac{10,307 \times 100}{0.003825 \times 210}} \right] \times 0.85 \times \frac{210}{2,810} = 9.89 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min}} = \rho_{min} \times b \times d = \left( \frac{14.1}{2,810} \times 100 \times 42 \right) = 21.07 \text{ cm}^2$$

Como el acero mínimo es mayor que el acero requerido, se utiliza el refuerzo mínimo, con una separación entre varillas igual a:

$$S = \frac{A_v \times 100}{A_s} = \frac{2.85 \times 100}{21.07} = 13.53 \text{ cm.}$$

Refuerzo de las zapatas con varillas No. 6 @ 13 cm., en ambos sentidos.

## 2.1.8. Instalaciones

### 2.1.8.1. Agua potable

Para el diseño y desarrollo de las instalaciones hidráulicas se tendrá en cuenta que la fuente de abastecimiento de agua potable deberá proporcionar el total del consumo promedio diario de la edificación, cumpliendo inicialmente los requisitos para abastecimiento establecidos por la municipalidad.

El abastecimiento puede ser directo de la red municipal o independiente de la misma (tanques elevados, cisternas, etc.). En el caso de utilizarse pozos para captación de agua potable, estos deberán alcanzar las capas no contaminadas y estarán encamisados en totalidad.

Para el edificio del presente estudio, la cantidad de agua requerida por día, para la capacidad actual y máxima se calculará con base al programa arquitectónico, al número de ambientes y necesidades, y a las normas municipales correspondientes.

### 2.1.8.2. Drenaje



**a. Sanitario:** Las redes de drenaje sanitario tendrán un desarrollo mínimo, tratando de concentrar las diversas conexiones de los artefactos sobre una misma línea, considerando una pendiente del 2 al 4% para tuberías enterradas y una pendiente del 2% para las redes desarrolladas en entrepisos.

La tubería que se use en un artefacto sanitario debe tener un diámetro mínimo como se especifica en la siguiente tabla:

**Tabla VII. Diámetros de artefactos sanitarios.**

Artefacto	Diámetro mínimo
Artesa y/o ducha	2"
Bidet	1 1/2"
Inodoro	4"
Lavamanos	1 1/2"
Lavadora	2"
Lavatrastos	2"
Pila	2"
Reposadera piso	1 1/2"

En la instalación de drenaje sanitario se tendrá en cuenta que los cambios de dirección no serán de 90 grados, debiendo utilizar codos de radio largo, varios codos menores de 90 grados o cajas de registro. El flujo se orientará en una sola dirección y las intersecciones serán mediante uniones tipo "y". Se aceptarán uniones con ángulo de hasta 90 grados siempre que cuente con canalización adecuada en el fondo de las cajas de registro.

**b. Pluvial:** Se considerará un sistema independiente para las bajadas de agua pluviales, el cual no podrá usarse como ventilación del sistema de drenaje sanitario.

Las bajadas de agua estarán protegidas con una pendiente mínima en forma de cúpula en el extremo superior de las mismas, cubiertas con material inoxidable. Las bajadas en paredes que den al exterior estarán protegidas

preferiblemente con mortero fino de concreto. El diámetro de la bajada de agua según el área máxima a drenar se define de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla VIII. Diámetros de artefactos de drenaje pluvial.**

Área en m <sup>2</sup>	Diámetro mínimo
30	2"
60	2 1/2"
100	3"
240	4"
625	6"

Cuando no haya drenaje pluvial, las aguas se podrán verter directamente a las áreas verdes. Las bajadas en este caso descargarán en un registro lleno de grava para evitar la socavación.

### **2.1.8.3. Electricidad**

La instalación eléctrica en los establecimientos sociales, específicamente en centros de salud y locales municipales, cumple con dos funciones principales: la correcta iluminación y la dotación de energía para el funcionamiento de diversos aparatos y equipos empleados en el área de exámenes físicos y análisis.

En el caso de la iluminación, ésta puede programarse como apoyo a la iluminación natural y para uso nocturno del edificio. Estará diseñada para proporcionar en los diversos ambientes los niveles de iluminación óptimos para satisfacer el confort visual. El diseño de la distribución del sistema de iluminación artificial considerará en su desarrollo el siguiente procedimiento.

Se identificarán las líneas, tanto de alto como de bajo voltaje, localizando en el terreno los puntos en donde se encuentran las acometidas, determinando si son aéreas o subterráneas. Si las líneas de distribución son aéreas, las acometidas y los bancos de transformación se captarán a partir del poste más cercano hasta el

acceso principal de la edificación, en donde en un muro construido se localizarán todos los mediadores y el tablero de baja tensión.

Las tuberías serán proyectadas en trayectorias rectas en el menor número de curvas, evitando cruces de plazas o pórticos. Los registros irán como máximo a 30 metros de separación.

El control del sistema se hará desde el tablero general de distribución conectado a tierra, cuyo número será determinado en función del tamaño y tipo de edificación. Estará ubicado lo más próximos al centro de gravedad de la o centro de carga mayor del edificio.

### **2.1.9. Presupuesto del proyecto**

El presupuesto es un documento que debe incluirse en el diseño de todo proyecto de ingeniería, ya que da a conocer al propietario si el mismo es rentable, posible y conveniente en su ejecución. Existen varias formas de realizar un presupuesto, que varían de acuerdo al uso que se le dé.

Para la elaboración del presente presupuesto se realizó la cuantificación de materiales y mano de obra; luego, para obtener los precios de los materiales se cotizó con varios proveedores de materiales de la cabecera municipal.

#### **2.1.9.1. Precios unitarios**

El precio por unidad de medida o unidad de pago se saca por medio de la integración del costo directo y el costo indirecto. Para calcular cada uno de estos costos se hizo lo siguiente:

- Costo directo: En este costo se incluyeron los precios de los materiales y mano de obra necesaria en cada unidad de ejecución; precios que fueron tomados de los que imperan en el lugar de ejecución del proyecto.

- Costo indirecto: El costo indirecto se valorizó como un porcentaje del costo directo, porcentaje que se basa en la experiencia en obras similares, tomando en cuenta gastos administrativos, impuestos, generación de utilidades, y cuyo valor oscila entre el 30% y el 45% según el renglón considerado.

#### **2.1.9.2. Costo del proyecto**

De acuerdo al desglose del presupuesto presentado en la tabla IX, el costo total del proyecto asciende a Q. 4,579,372.91 (Cuatro millones quinientos setenta y nueve mil trescientos setena y dos con 91/100)

#### **2.1.10. Cronograma de ejecución**

El cronograma de ejecución es una herramienta útil que permite visualizar tanto el avance proyectado como el avance real del proyecto en determinado período de tiempo, se puede planificar con anticipación y de una forma efectiva la ejecución del mismo.

El cronograma del proyecto se presenta en el apéndice.

**Tabla VIII. Presupuesto por renglones de trabajo.**

PROYECTO: Edificio del S.U.M., alcaldía auxiliar y centro de salud.  
UBICACIÓN: Aldea El Pueblito, Santa Catarina Pinula, Guatemala

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL POR RENGLON
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>Q198.537,47</b>
1,1	Demolicion estructura existente	global	1	Q160.000,00	Q160.000,00
1,2	Retiro de escombros y sobrantes	global	1	Q16.000,00	Q16.000,00
1,3	Limpia y chapeo	m2	549,8	Q12,32	Q6.773,54
1,4	Nivelación terreno natural	m2	549,8	Q22,56	Q12.403,49
1,5	Trazo y estaqueado	ml	215	Q15,63	Q3.360,45
<b>2</b>	<b>CIMENTACION</b>				<b>Q306.708,57</b>
2,1	Excavacion de cimentacion	m3	640	Q75,00	Q48.000,00
2,2	Relleno de cimentacion	m3	395	Q45,00	Q17.775,00
2,3	Zapatas tipo Z-1	ud	14	Q5.269,00	Q73.766,00
2,4	Zapatas tipo Z-2	ud	14	Q4.623,13	Q64.723,82
2,5	Cimiento corrido 0.20 x 0.50	ml	212	Q215,96	Q45.783,52
2,6	Cimiento corrido 0.20 x 0.40	ml	124,75	Q192,47	Q24.010,63
2,7	Viga de amarre	ml	32	Q133,20	Q4.262,40
2,8	Solera de humedad	ml	236,56	Q120,00	Q28.387,20
<b>3</b>	<b>MUROS</b>				<b>Q242.418,81</b>
3,1	Levantado bajo solera de humedad block 0.15m	m2	184,1	Q148,42	Q27.324,12
3,2	Levantado bajo solera de humedad block 0.10m	m2	89,25	Q125,36	Q11.188,38
3,3	Levantado altura de sillar block 0.15m	m2	714,2	Q148,42	Q106.001,56
3,4	Levantado altura de sillar block 0.10m.	m2	156	Q125,36	Q19.556,16
3,5	Solera intermedia 0.15m	ml	472,36	Q120,00	Q56.683,20
3,6	Solera intermedia 0.10m.	ml	194,78	Q111,23	Q21.665,38
<b>4</b>	<b>COLUMNAS</b>				<b>Q415.675,15</b>
4,1	Columna tipo C-1	ml	98	Q2.565,36	Q251.405,28
4,2	Columna tipo C-2	ml	72	Q1.995,65	Q143.686,80
4,3	Columna tipo C-3	ml	33	Q128,35	Q4.235,55
4,4	Columna tipo C-4	ml	68	Q95,36	Q6.484,48
4,5	Columna tipo C-5	ml	88	Q60,35	Q5.310,80
4,6	Columna tipo C-6	ml	28	Q162,58	Q4.552,24
<b>5</b>	<b>VIGAS</b>				<b>Q803.625,48</b>
5,1	Viga tipo V-1	ml	84	Q3.698,25	Q310.653,00
5,2	Viga tipo V-2	ml	252	Q1.956,24	Q492.972,48
<b>6</b>	<b>LOSAS</b>				<b>Q492.301,44</b>
6,1	Losa de entepiso 0.12m	m2	288	Q854,69	Q246.150,72
6,2	Losa de techo 0.12m.	m2	288	Q854,69	Q246.150,72
<b>7</b>	<b>PISO</b>				<b>Q110.160,00</b>
7,1	Piso de granito	m2	612	Q180,00	Q110.160,00
<b>8</b>	<b>ACABADOS</b>		<b>71</b>		<b>Q586.899,16</b>
8,1	Tallado de columnas, vigas y soleras	m2	698,8	Q26,95	Q18.832,66
8,2	Repello y cernido muros interiores y exteriores	m2	1778,4	Q95,00	Q168.948,00
8,3	Acabado en losas	m2	576	Q122,66	Q70.652,16
8,4	Banquetas de concreto	m2	126	Q160,59	Q20.234,34
8,5	Módulo de gradas	ud	3	Q16.548,00	Q49.644,00

## **2.2. Diseño del sistema de drenaje sanitario en la aldea Piedra Parada Cristo Rey.**

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consistirá en diseñar el sistema de drenaje sanitario para la aldea Piedra Parada Cristo Rey, la cual tiene una población de 2,850 habitantes. La población beneficiada con el proyecto asciende a 1,026 actualmente.

Actualmente, la mayoría de vecinos residentes de la aldea cuenta con letrinas y pozos propios para la disposición de sus aguas negras. El agua de pilas y cocinas son expulsadas a las calles, las cuales corren a flor de tierra, provocando la proliferación de vectores y enfermedades para la misma población. Se diseñará la red principal y secundaria con tubería PVC, así como también pozos de visita y conexiones domiciliarias.

Se eligió tubería de PVC por motivos administrativos de la municipalidad.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

### **2.2.2.1. Altimetría**

La altimetría permite conocer la sección vertical del terreno, y la pendiente del terreno natural, para diseñar el tipo de obra que se desea construir, en este caso el diseño es de alcantarillado sanitario.

Los levantamientos altimétricos se pueden realizar mediante los siguientes métodos:

- Nivelación barométrica
- Nivelación trigonométrica
- Nivelación geométrica (o directa)
  - Nivelación geométrica simple
  - Nivelación geométrica compuesta

El levantamiento altimétrico debe realizarse con instrumentos que permitan una precisión de 1 cm. por kilómetro, o menor. Se efectúa sobre el eje de las calles, tomando elevaciones en:

- Todos los cruces de calles
- En todos los puntos en que haya cambio de pendiente del terreno.
- En todos los lechos de quebradas, puntos salientes de terrenos y depresiones.
- En las alturas máximas y mínimas del agua en el caudal o cuerpo de agua en el que se proyecte efectuar la descarga.

El método empleado fue de una nivelación compuesta. El equipo utilizado fue: un nivel de precisión marca Sokkia B21, estatal, cinta métrica de 50 metros, plomadas, estacas, pintura y clavos.

### **2.2.2.2. Planimetría**

La planimetría sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta), que se supone es la superficie media de la tierra y se considera cuando se miden distancias horizontales.

El levantamiento planimétrico se realizó por medio de una poligonal abierta utilizando el método de conservación del Azimut. El equipo utilizado fue un teodolito marca SOKKISHA TM20ES, un estadal y una cinta métrica de 50 metros.

Los resultados se presentan en la planta topográfica ubicada en el apéndice de este trabajo.

### **2.2.3. Tipo de sistema a utilizar**

Por su finalidad y objetivo, existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la selección de cada uno de ellos dependerá de un estudio minucioso de la intervención de distintos factores, tanto topográficos como funcionales, pero anteponiendo los factores económicos.

Los diferentes tipos de sistema son los siguientes:

- **Sistema Sanitario**  
Este se utiliza para conducir únicamente aguas negras residuales.
  
- **Sistema Separativo**  
Este consiste en dos líneas conductoras de tuberías independientes, una para las aguas negras y otra para las aguas pluviales. Es importante mencionar que es importante que existan drenajes separativos en el interior de las viviendas y edificios a servir.
  
- **Sistema combinado**



Como su mismo nombre lo indica, este sistema es el que se diseña para que por el circule y transporte, tanto aguas negras como las provenientes de las lluvias.

El tipo de sistema a diseñar será el sanitario, debido que en el circulará únicamente aguas negras producidas de las viviendas del sector.

#### **2.2.4. Período de diseño**

El período de diseño adoptado para todos los componentes del sistema de este proyecto es de 22 años, considerando 2 años adicionales de gestión para obtener el financiamiento y para la construcción del mismo. El tiempo se estimó con base a los recursos económicos con que cuenta la comuna juntamente con la aldea, y la vida útil de los materiales.

#### **2.2.5. Estimación de población de diseño**

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en el período establecido, se aplicó el método del **Incremento Geométrico**, por ser el que más se adapta al crecimiento real de la población en el medio. La fórmula para calcular la población futura (población de diseño) es:

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

En donde:

$P_f$  = Población futura

$P_o$  = Población del último censo o actual = 1026 habitantes

$r$  = tasa de crecimiento poblacional = 3%; dato tomado del censo de población reciente (INE 2002)

$n$  = período de diseño = 22 años.

Entonces:

$$Pf = 1026(1 + 0.03)^{22} = 1966 \text{ habitantes}$$

## **2.2.6. Determinación del caudal de diseño**

### **2.2.6.1. Dotación**

Ésta se establece en función de tres aspectos importantes:

- La demanda de la comunidad,
- La disponibilidad del caudal de la fuente y
- La capacidad económica para costear el mantenimiento y operación del sistema.

Para el presente diseño se tomó la dotación asignada por la municipalidad: 100 litros por habitante por día (lts./hab./día).

### **2.2.6.2. Factor de retorno**

El factor de retorno es un porcentaje de agua, que después de ser utilizada, vuelve al drenaje. Este valor puede oscilar entre 0.70 a 0.90. La decisión de tomar cualquier valor comprendido en este rango, influirá en gran manera en los costos que el proyecto presente. Un valor mayor dará como resultado caudales y diámetros de tuberías grandes, lo que implicaría grandes costos. Por el contrario, un valor pequeño de este factor arrojará caudales y diámetros pequeños, que por consiguiente reducirían los costos.

El factor de retorno para el proyecto será de 0.75

### **2.2.6.3. Factor de flujo instantáneo**

También se le conoce como factor instantáneo o factor de *Hardmond*. Representa la posibilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las

viviendas se estén utilizando simultáneamente en una comunidad. Indica la relación entre el caudal domiciliar máximo y el caudal medio.

El factor de flujo no es constante para todo el sistema de alcantarillado, sino por el contrario, varía para cada tramo de acuerdo al número de habitantes acumulados en ese tramo particular. Por lo tanto, también es diferente el factor de flujo actual con el valor de flujo futuro, ya que como es lógico, la población varía.

El factor de flujo instantáneo se calcula de la siguiente manera:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

En donde P = población en miles de habitantes.

Es necesario determinar este valor para realizar un diseño que considere todas las posibles aportaciones y asegurar el funcionamiento del sistema en condiciones severas de aportaciones máximas por uso doméstico.

Para efectos del diseño hidráulico, se determinará el factor de flujo instantáneo de un tramo seleccionado.

#### **2.2.6.4. Caudal domiciliar**

El agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de drenaje sanitario. El agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro del agua potable.

La fórmula para calcular el caudal domiciliar queda integrada de la siguiente manera:

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

En donde:

Q<sub>dom</sub> = Caudal domiciliar (lts./seg)

Dot = Dotación (lts./hab./día)

No,hab. = Número de habitantes futuros o población futura

FR = Factor de retorno.

Entonces:

$$Q_{dom} = \frac{100 \times 1966 \times 0.75}{86400} = 1.71 \text{ lts/seg.}$$

### 2.2.6.5. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en el sistema de drenaje, el cual depende de varios factores: la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad de la tubería, la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción. Puede calcularse de dos formas:

- 1) En litros diarios por hectárea o
- 2) en litros diarios por kilómetro de tubería.

Para la mayoría de diseños de sistemas de drenaje sanitario se utiliza la segunda forma. Para este cálculo se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor promedio de 4 metros, así:

$$Q_{inf} = F_{inf} \times \frac{(\text{metros de tubo} + \text{No. de casas} \times 4\text{m.}) / 1000}{86400}$$

Donde:

$F_{inf}$  = factor de infiltración (lts./km./día)

Su valor oscila entre 15,000 a 18,000 lts./km./día

Para el caso del diseño del sistema de drenaje sanitario de la aldea Piedra Parada Cristo Rey, el caudal de infiltración es cero, debido a que el material a utilizar es tubería de PVC, norma ASTM 3034.

#### **2.2.6.6. Caudal de conexiones ilícitas**

Corresponde básicamente a la incorporación de los desagües pluviales (provenientes de techos y patios) al sistema de drenaje sanitario. Se deben evaluar tales caudales y adicionarlos al caudal de diseño. Para su estimación se recomienda calcularlo como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, y de su permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. Se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar estas conexiones ilícitas, el cual varía entre 0.2 a 2.5 %

Para calcular el caudal de conexiones ilícitas, se debe tener en cuenta los criterios que algunas instituciones ya han establecido. Estos son:

- a) El INFOM toma la conexión ilícita como el 10% del caudal doméstico.

$$Q_{ci} = Q_{dom} * 10\%$$

$$Q_{ci} = 1.71 \text{ lts/seg} * 0.10$$

$$Q_{ci} = 0.171 \text{ lts/seg.}$$

- b) Otros autores, determinan la conexión ilícita en 150 lts./hab./día.

$$Q_{ci} = 150 \text{ lts/hab/día} \times \text{No. de hab.}$$

$$Q_{ci} = 150 \text{ lts/hab/día} \times 1966 \text{ hab.}$$

$$Q_{ci} = 294,900 \text{ lts/día} = 3.413 \text{ lts/seg}$$

- c) La municipalidad de Guatemala calcula la conexión ilícita en 100 lts/hab./día.

$$Q_{ci} = 100 \text{ lts/hab/día} \times \text{No. de hab.}$$

$$Q_{ci} = 100 \text{ lts/hab/día} \times 1966 \text{ hab.}$$

$$Q_{ci} = 196,600 \text{ lts/día} = 2.275 \text{ lts/seg}$$

d) El método racional.

$$Q_{ci} = \left( \frac{CIA}{360} \times 1000 \right) \times \%viviendas$$

Donde:

C = Coeficiente que depende de la permeabilidad del suelo.

I = Intensidad de lluvia.

A = Área de techos y patios que se presume se puedan conectar ilícitamente.

Promedio de área por casa = 120 m<sup>2</sup>, distribuida de la siguiente forma:

- 70 m<sup>2</sup> área de techo
- 50 m<sup>2</sup> área de patios

$$\text{Área de techo} = (70 \text{ m}^2 \times 171 \text{ casas}) / 1000 \text{ m}^2 / \text{Ha} = 1.19 \text{ Ha.}$$

$$\text{Área de patios} = (50 \text{ m}^2 \times 171 \text{ casas}) / 1000 \text{ m}^2 / \text{Ha} = 0.86 \text{ Ha.}$$

C = sumatoria (C x a) / sumatoria de áreas

$$C = (1.19 \times 0.8 + 0.86 \times 0.15) / (1.19 + 0.86)$$

$$C = 0.53$$

I = 95 mm/hora. Se tomaron los datos de la estación climatológica del INSIVUMEH, ubicado en la zona 13 de la ciudad capital, departamento de Guatemala que se ubica a una distancia de 5 kilómetros del municipio de Santa Catarina Pinula.

Entonces:

$$Q_{ci} = \left( \frac{0.53 \times 95 \times 2.05 \times 0.003}{360} \times 1000 \right) = 0.86 \text{ lts/seg.}$$

Con estos resultados, se tomó el valor obtenido por el método racional, ya que según visitas realizadas, se observó que una gran parte de las viviendas

conectan las aguas de lluvia al drenaje de la pila, ubicada generalmente en los patios de las mismas.

#### 2.2.6.7. Factor de caudal medio

El factor de caudal medio es constante para toda la población y para todo el sistema de drenaje. De acuerdo con las normas vigentes en Guatemala, este factor debe ser  $0.0020 < F_{q\text{medio}} < 0.005$ . Si por alguna razón el valor calculado estuviera debajo de 0.0020, se adoptará este; y si por el contrario el valor calculado estuviera arriba de 0.005, se tomará como valor para el diseño 0.005, considerando siempre que los valores no se alejen demasiado de los límites, ya que podría caer resultar un sobrediseño o subdiseño, según sea el caso.

$$F_{qm} = \frac{Q_s}{\text{No. hab. futuro}}$$

Donde  $Q_s$  es el caudal sanitario, y es la sumatoria del caudal domiciliar, el caudal de infiltración y el caudal de conexiones ilícitas, así:

$$Q_s = \Sigma(Q_d + Q_{inf} + Q_{ci})$$

Entonces:

$$Q_s = (1.71 + 0 + 0.86) = 2.57 \text{ lts/seg}$$

Y:

$$F_{qm} = \frac{2.57 \text{ lts/seg}}{1966} = 0.0013$$

Como  $0.0013 < 0.002$ , se tomará este último valor.

#### 2.2.6.8. Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema de drenaje sanitario. Es necesario que el caudal cumpla con los requerimientos de velocidad y tirante hidráulico. Este caudal se compone de la suma del caudal máximo de origen doméstico, caudal comercial, caudal industrial, caudal de infiltración y caudal de conexiones ilícitas. Para este proyecto en particular solo se toman en cuenta el caudal doméstico y el de conexiones ilícitas, ya que en el sector no existen industrias ni comercios considerables, y como se mencionó con anterioridad, se utilizará tubería PVC, evitando el caudal de infiltración a la misma.

Se calcula de la siguiente forma:

$$Qdis_{actual} = No. hab. actual \times FH_{actual} \times Fqm$$

$$Qdis_{futuro} = No. hab. futuro \times FH_{futuro} \times Fqm$$

En donde:

FH = Factor de Hardmond (actual y futuro).

No. hab. = Número de habitantes (actual y futuro).

Fqm = Factor de caudal medio.

### **2.2.7. Determinación de pendientes**

El análisis y la investigación del flujo hidráulico, han establecido que las condiciones del flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios por gravedad de PVC, pueden ser diseñadas utilizando la ecuación de *Manning*. La relativamente concentración de sólidos usualmente encontradas en las aguas negras y de tormenta (600 p.p.m.) no es suficiente para hacer que su comportamiento sea diferente al del agua. Por esta razón, se acepta que las aguas residuales tengan las mismas características que el agua, siempre que se mantengan velocidades mínimas de auto limpieza. Es por esto que las aguas negras buscarán el nivel más bajo cuando son introducidas en una tubería con pendiente.



La pendiente que se procura seguir es la paralela a la del terreno. Usando esta pendiente y el diámetro, se puede obtener la capacidad del tubo en lts./seg. y la velocidad a sección llena.

La pendiente mínima en los colectores es la que provoca las velocidades iguales o mayores a 0.60 m/seg y la pendiente máxima la que provoca velocidades menores o iguales a 3 m/seg en tuberías de concreto y para tuberías de PVC, la pendiente mínima es provocada por la velocidad de 0.40 m/seg y la pendiente máxima provocada por la velocidad de 5.00 m/seg.

### **2.2.8. Selección de tipo de tubería**

Los drenajes sanitarios requieren materiales y estructuras regularmente fuertes, para contrarrestar continuamente presiones externas, aunque no requieren una gran resistencia contra la presión interna, excepto en casos específicos. Las tuberías comúnmente más utilizadas son las siguientes:

- Tubos de concreto con o sin refuerzo de acero.
- Tubos de cloruro de polivinilo (PVC)

Por ser el tubo PVC más eficiente y poseer más ventajas que el de concreto, éste se utilizará para el presente proyecto.

### **2.2.9. Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad mínima, está condicionada por las materias orgánicas e inorgánicas que se sedimentan debido al efecto de estancamiento. Si la velocidad no es lo suficiente para arrastrarlas, se irán acumulando hasta taponar las tuberías.

Por otro lado las velocidades altas causan erosión en las tuberías, pues los materiales abrasivos como la arena desgastan las partes inferiores de las mismas. Otra vez, esto se evita si se mantienen las velocidades adecuadas.

Basados en los estudios de investigación se propone que la velocidad de flujo no sea menor que 0.4 m/s ni mayor que 5.00 m/s. Estos valores se aplican para tubería PVC

#### **2.2.10. Cotas Invert**

Es la cota que determina la localización de la parte inferior e interior de la tubería, se calcula basado en la pendiente y la distancia del tramo respectivo.

Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del sistema de drenaje sanitario deben calcularse de la siguiente manera:

$$CI = CT - (H_{min} + E_t + \emptyset \text{ tubo})$$

$$CT_f = C_{ti} - (D_o \times S\% \text{ terreno})$$

Donde:

CI = Cota invert inicial

C<sub>tf</sub> = Cota del terreno final

D<sub>o</sub> = Distancia horizontal

S% = Pendiente de la tubería

C<sub>ti</sub> = Cota de terreno inicial

E<sub>t</sub> = Espesor de tubería.

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será, como mínimo de 0.03 m.

#### **2.2.11. Diámetro de tubería**

El diámetro mínimo de la tubería según normas del INFOM es de 6 pulgadas (0.15 m.) para drenaje sanitario y 10 pulgadas (0.25 m.) para pluvial y combinado.

Aun cuando el cálculo dé como resultado un diámetro menor a 6 pulgadas, se utilizará como mínimo tubería de 6 pulgadas. Esto es válido para tubería de PVC ya que para la tubería de concreto el diámetro mínimo es de 8 pulgadas.

#### **2.2.12. Pozos de visita**

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un sistema de drenaje, y son empleados como medio de inspección y limpieza. Según las normas para la construcción de sistemas de drenaje, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores.
- Al comienzo de todo colector.
- En todo cambio de sección o diámetro.
- En todo cambio de dirección o de pendiente.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 o 120 metros.
- En las curvas de colectores visitables, a no mas de 30 metros.

En el presente proyecto los pozos de visita serán de sección circular. Por lineamientos municipales se utilizarán tubos de concreto de 36 pulgadas de diámetro. Cada uno de los pozos tendrá una losa de concreto armado y una tapadera de forma circular fundida de la misma forma.

#### **2.2.13. Conexiones Domiciliares**

Estas tienen como finalidad descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al colector central. Ordinariamente al diseñar y ejecutar un sistema de drenaje sanitario se prevé una conexión en “Y” o “T” en cada lote

edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. En este caso, se propone que las conexiones domiciliarias al colector principal se haga con una silleta PVC tipo “Y” del diámetro adecuado, ya que ésta proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en “T”.

Las conexiones domiciliarias están compuestas por las siguientes partes:

- **Caja de registro o candela domiciliar**

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 0.45 m. Si fuese circular el diámetro no podrá ser menor de 12 pulgadas. Deberá tener una tapadera para poder realizar inspecciones. La altura mínima será de 1 metro.

- **Tubería secundaria**

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima de 2%.

En el presente proyecto, para la caja de registro se colocarán tubos de concreto de 16 pulgadas con profundidad promedio de 1 metro, y una tapadera de concreto armado. La tubería secundaria será de 4 pulgadas por tratarse de material PVC.

#### **2.2.14. Profundidad de la tubería**

La profundidad de instalación de tubería debe ser tal que el espesor del relleno evite el daño de los conductos debido a las cargas vivas, principalmente las transmitidas por el tránsito vehicular. Se deben situar a suficiente profundidad

para permitir el drenaje por gravedad de todas las viviendas a las que se preste el servicio. La profundidad mínima recomendada es de 1.20 metros.

Los valores de profundidad mínima en centímetros a la cual debe colocarse la tubería, respecto del diámetro de la misma, se describen en la tabla X.

**Tabla X. Profundidad mínima de excavación en centímetros, según el diámetro de tubería.**

DIAMETRO DE TUBO	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
Tráfico normal	123	128	138	141	150	158	166	184	199	214	225	255
Tráfico pesado	143	148	158	161	170	178	186	204	219	234	245	275

Cuando la altura de coronamiento del colector, respecto a la superficie del terreno sea mayor que 3.0 metros, se diseñará una tubería auxiliar sobre la principal, para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

El ancho de la zanja es muy importante en cualquier proyecto de alcantarillado, ya que una zanja óptima que permita trabajar dentro de la misma, disminuirá los costos. A continuación, se presenta una tabla que regula el ancho de la zanja óptima dependiendo la tubería que se va a utilizar y la profundidad a la cual será instalada.

**Tabla XI. Ancho mínimo de zanja, según el diámetro y profundidad de tubería.**

DIAMETRO DE TUBERIA	MENOS DE 1.86 m.	MENOS DE 2.86 m.	MENOS DE 3.86 m.	MENOS DE 5.36 m.	MENOS DE 6.36 m.
6"	60 cm.	65 cm.	70 cm.	75 cm.	80 cm.
8"	60	65	70	75	80
10"	70	70	70	75	80
12"	75	75	75	75	80
15"	90	90	90	90	90
18"	110	110	110	110	110
21"	110	110	110	110	110
24"	135	135	135	135	135

## 2.2.15. Principios Hidráulicos

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y agilizar de alguna manera los resultados de velocidad y caudal, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial.

En general, se usarán en el diseño secciones circulares de PVC norma 3034, las cuales funcionan como canales abiertos.

El cálculo del caudal, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la fórmula de *Manning*, transformada al sistema métrico para secciones circulares, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$V = \frac{0.03429}{n} \times D^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q = 0.0005067D^2 \times S \times 1000$$

Donde

V = velocidad del flujo a sección llena (m/seg).

Q = caudal del flujo a sección llena (l/seg).

D = diámetro de la sección circular (pulg.).

S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m).

n = coeficiente de Manning, 0.009 para tubo PVC norma 3034.

r = radio hidráulico, que es igual al área del flujo entre el perímetro mojado.

Dado que el diseño de este proyecto se realizará con tubería PVC, las velocidades recomendadas para un buen funcionamiento del sistema serán de 4.00 m/seg como máxima y 0.41 m/seg como mínima.

Según la Dirección General de Obras Públicas, el diámetro mínimo que se utiliza para un sistema de drenaje sanitario, en material PVC, es de 6". Para

efectos de este proyecto se estará utilizando tubería en material PVC de 8", debido al criterio de la administración municipal.

#### **2.2.16. Diseño del sistema de drenaje sanitario**

De acuerdo a lo calculado y sugerido con anterioridad, para el diseño del sistema de drenaje de la aldea Piedra Parada Cristo Rey, se emplearán las especificaciones técnicas para tubería PVC utilizando diversas fórmulas que se desarrollarán oportunamente con el siguiente ejemplo, eligiendo al azar un tramo del sistema de drenaje sanitario, haciendo comparación entre el caudal que se producirá con la población actual, y el incremento que tendrá para el final del período de diseño.

El diámetro mínimo a utilizar para el proyecto es de 8 pulgadas para el colector principal, y 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias. Para la candela domiciliar se empleará un tubo de concreto de 12 pulgadas de diámetro.

**Tabla XII. Datos para realizar el diseño hidráulico.**

DATOS GENERALES	
Población actual año 2007	1,026
Población futura año 2029	1,966
Tasa de crecimiento	3%
Período de diseño	22 años
Densidad de vivienda	5 hab/vivienda
Dotación de agua potable	100 lts/hab/día
Factor de retorno	0.75
Material a utilizar	PVC norma 3034
Coefficiente de rugosidad	0.01
Cota inicial de terreno	40.257
Cota final de terreno	38.753
Distancia horizontal	94.41 m.

Solución del ejemplo:

- Pendiente del terreno:

$$S_{\text{terreno}} = \frac{40.257 - 38.753}{94.41} \times 100 = 1.59\%$$

% de pendiente del tubo propuesta = 2.00%  
 No. de casas del tramo = 13  
 No. de casas acumuladas = 32  
 Densidad de vivienda = 5 hab./casa

- Población a servir:

Población actual = (densidad de vivienda) x (No. de viv. Acumuladas actual)



$$= (5 \text{ hab./casa}) \times (32 \text{ casas}) = 160 \text{ habitantes.}$$

Población futura =  $P_f = P_o (1 + r)^n$  (según fórmula presentada en la sección 2.2.5.)

$$= 160(1+0.03)^{22} = 307 \text{ habitantes.}$$

- Factor de flujo instantáneo (*Hardmond*):

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{160}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{160}{1000}}} = 4.18 \qquad FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{307}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{307}{1000}}} = 4.07$$

- Caudal de diseño:

$$\begin{aligned} Q_{\text{diseño actual}} &= (\text{No. de hab. Actual}) \times (F_{qm}) \times (FH_{\text{actual}}) \\ &= (160) \times (0.002) \times (4.18) = 1.34 \text{ lts./seg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{diseño futuro}} &= (\text{No. de hab. Futuro}) \times (F_{qm}) \times (FH_{\text{futuro}}) \\ &= (307) \times (0.002) \times (4.07) = 2.50 \text{ lts./seg.} \end{aligned}$$

- Velocidad a sección llena (*V*):

Se utilizará la fórmula de *Manning* para calcular la velocidad a sección llena de la tubería de 8 pulgadas de diámetro.

$$V = \left( \frac{1}{n} \right) \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$V = \left( \frac{1}{0.01} \right) \times \left( \frac{8 \times 0.0254}{4} \right)^{2/3} \times (0.02)^{1/2}$$

$$V = 1.94 \text{ m/s.}$$

- Caudal a sección llena (Q):

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} S^{1/2} \times \left(\frac{\Pi}{4}\right) (D \times 0.0254)^2$$

$$Q = 1.94 \times \left(\frac{\Pi}{4}\right) (8 \times 0.0254)^2 \times \frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 62.90 \text{ lts/seg.}$$

Teniendo el valor de la relación q/Q, y buscando este valor en las tablas de diseño hidráulico, se puede obtener el valor de v/V.

q/Q = 1.34 / 62.90 = 0.021303 para la comprobación del diseño se tomó la población actual, siendo este el caso crítico

q/Q = 2.50 / 62.90 = 0.03974 para comprobación del diseño de no sobrepasar la capacidad del tubo.

- Velocidad de diseño (v):

La velocidad de diseño está dada por:

$$v = \left(\frac{v}{V}\right) \times V$$

Donde:

v= velocidad de diseño a sección parcialmente llena.

v/V = valor obtenido de las tablas de relaciones hidráulicas, a partir del valor q/Q.

V= velocidad a sección llena según la pendiente asumida del tubo.

q= caudal a sección parcialmente llena.

Q= caudal a sección llena.

$$V_{\text{actual}} = (0.403692) \times 1.94 = 0.78 \text{ m/seg.}$$

$$V_{\text{futura}} = (0.486457) \times 1.94 = 0.94 \text{ m/seg.}$$

- Cálculo de tirantes:

A partir de la relación  $q/Q$  se puede obtener el valor del tirante “d” de agua. Para que no exista taponamiento en la tubería, ni se sobrepase la capacidad del tubo, el tirante debe cumplir con la siguiente condición:

$$0.10D \leq d \leq 0.75D$$

$$d_{\text{actual}} = (d/D) \times D = 0.101 \times (8 \times 2.54 \text{ cm.}) = 2.05 \text{ cm.}$$

$$0.10 \times (8 \times 2.54 \text{ cm.}) = 2.03 \text{ cm.}$$

Como se observa, el tirante de agua es mayor a  $0.10D$ , por lo tanto el cálculo es correcto.

$$d_{\text{futuro}} = (d/D) \times D = 0.136 \times (8 \times 2.54 \text{ cm.}) = 2.76 \text{ cm.}$$

$$0.75 \times (8 \times 2.54 \text{ cm.}) = 15.24 \text{ cm.}$$

Como se puede observar, el tirante de agua es menor a  $0.75D$ , por lo tanto, al final del período de diseño no se sobrepasará la capacidad del tubo.

Para el caso del ejemplo anterior, tanto las velocidades como los tirantes de agua cumplen con las especificaciones establecidas. Si cuando se diseña un sistema de alcantarillado sanitario estos valores no cumplen, el diseñador deberá probar el cálculo haciendo variar la pendiente, hasta lograr que el valor obtenido se encuentre dentro de las especificaciones técnicas recomendadas.

- Cota Invert:

La cota invert para colocar la tubería estará determinada por el tránsito a soportar. Para tránsito liviano la altura mínima es de 1 metro y para tránsito pesado es de 1.20 metros. Para el caso del ejemplo anterior, la cota invert la obtenemos de la siguiente forma:

Cota invert inicial = cota de terreno inicial – altura anterior de pozo – 0.03

$$CII = 40.257 - 1.20\text{m} - 0.03 = 39.027 \text{ m.}$$

Cota invert final = cota invert inicial – (Dist.Horiz. x S%<sub>tubo</sub>)

$$CIF = 39.027 - (94.41 \times 0.02) = 37.14 \text{ m.}$$

Altura de pozo inicial = cota de terreno inicial – cota invert inicial

$$HP_{\text{inicial}} = 40.257 - 39.027 = 1.23 \text{ m.}$$

Altura de pozo final = cota de terreno final – cota invert final

$$HP_{\text{final}} = 38.753 - 37.14 = 1.613 \text{ m.}$$

- Volumen de excavación:

Para calcular el volumen de excavación donde se instalará la tubería del drenaje, simplemente se cubica la fracción de suelo, poniendo especial atención en el cálculo de  $h_1$  y  $h_2$ . El volumen de excavación está dado por la fórmula siguiente:

$$V_{exc.} = \frac{h_1 + h_2}{2} \times d \times a$$

Donde:

$h_1$  y  $h_2$  = representan los extremos del tramo entre pozos

- d = distancia horizontal entre pozos  
a = ancho de zanja

Entonces:

$$V_{exc.} = \frac{1.23 + 1.613}{2} \times 94.41 \times 0.60$$

$$V_{exc.} = 80.52 \text{ m}^3$$

El procedimiento descrito anteriormente en la solución del ejemplo es el que se usó para el cálculo de los demás tramos del sistema de alcantarillado sanitario.

A continuación se presentan las tablas de resumen del diseño hidráulico del sistema de drenaje sanitario de la aldea Piedra Parada Cristo Rey.

**Tabla VIII. Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario.**

PROYECTO: Diseño hidráulico de drenaje sanitario  
 LOCALIZACIÓN: Aldea Puerta Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala  
 CALCULO Y DISEÑO: Pablo Estuardo Suárez Díaz

DENSIDAD DE VIVIENDA: 5 habitantes por casa  
 LONGITUD DEL ALCANTARILLADO: 1330.00 metros lineales

**PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN LA ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

DE	A	COTA TERR.	DH	S(%)	No. CASAS		HAB. A SERVICIO (ACUMULADO)	F. HARMONID		FACTORES DE CAUDAL		Qd (l/s)	Ø	S(%)	SECC. LLENA	VEL (m/s)		COT. INVERT	PROF. POZO		ANCHO ZANJA (m)	VOL. DE EJC (m <sup>3</sup> )				
					LOCAL	ACUM		ACT	FUT	MEDIO	FOM					ACT	FUT		INICIO	FINAL			INICIO	FINAL		
1	2	102.470	101.580	69.80	1.28	13	13	65	125	4.29	4.22	0.002	0.98	1.06	8	2.00	1.94	62.91	0.60	0.73	101.276	99.915	1.200	1.700	0.60	60.73
2	3	101.580	95.784	75.31	7.70	10	23	116	223	4.23	4.13	0.002	0.98	1.84	8	8.00	3.88	125.81	1.16	1.40	99.885	93.854	1.700	4.215	0.60	133.64
3	4	95.784	89.963	75.88	15.38	10	33	166	319	4.18	4.07	0.002	1.39	2.60	8	12.00	4.75	154.09	1.49	1.80	91.569	82.647	4.215	5.253	0.60	215.53
4	5	89.963	69.474	83.54	17.34	9	42	211	405	4.14	4.02	0.002	1.75	3.26	8	14.00	5.13	166.43	1.68	2.02	78.710	67.014	5.253	4.230	0.60	237.66
5	6	82.514	69.470	61.12	21.34	7	7	35	68	4.34	4.29	0.002	0.30	0.58	8	15.00	3.77	122.12	0.79	0.97	77.624	68.404	4.890	4.230	0.60	167.22
7	8	69.470	58.275	68.35	16.38	8	8	41	79	4.33	4.27	0.002	0.36	0.67	8	14.00	5.13	166.43	1.04	1.27	65.244	55.675	4.230	3.692	0.60	162.44
8	9	58.275	54.150	14.54	28.37	7	15	76	146	4.27	4.19	0.002	0.65	1.22	8	12.00	4.75	154.09	1.17	1.43	54.583	52.838	3.692	3.319	0.60	30.58
9	10	53.540	54.580	77.65	1.34	12	12	60	115	4.3	4.23	0.002	0.52	0.97	8	1.00	1.37	44.48	0.46	0.56	52.340	51.610	1.200	3.000	0.60	97.84
8	9	54.580	54.151	70.20	0.61	7	19	96	184	4.25	4.16	0.002	0.82	1.53	8	1.00	1.37	44.48	0.53	0.64	51.580	50.861	3.000	3.319	0.60	133.08
8	11	54.151	44.900	87.66	10.55	8	8	41	79	4.33	4.27	0.002	0.36	0.67	8	9.17	4.15	134.70	0.89	1.08	50.831	42.900	3.319	2.030	0.60	140.67
11	12	44.900	42.902	41.28	4.84	4	12	61	117	4.3	4.22	0.002	0.52	0.99	8	5.00	3.07	99.46	0.81	0.98	42.870	40.806	2.030	2.126	0.60	51.47
12	13	42.902	40.098	53.51	5.24	11	23	116	223	4.23	4.13	0.002	0.98	1.84	8	6.00	3.36	108.96	1.05	1.27	40.776	37.565	2.126	2.563	0.60	75.27
13	14	40.098	39.056	30.55	3.41	9	32	270	518	4.1	3.97	0.002	2.21	4.11	8	3.00	2.38	77.04	1.05	1.26	37.535	36.619	2.563	2.467	0.60	46.10
21	22	42.709	40.257	67.22	3.65	13	13	65	125	4.29	4.22	0.002	0.56	1.06	8	3.70	2.64	85.56	0.75	0.90	41.509	39.057	1.200	1.230	0.60	49.00
21	20	40.257	38.753	94.41	1.59	13	32	160	307	4.18	4.07	0.002	1.34	2.50	8	2.00	1.94	62.91	0.78	0.94	39.027	37.170	1.230	1.613	0.60	80.52
20	14	38.753	39.056	49.23	0.62	6	38	190	365	4.16	4.04	0.002	1.58	2.95	8	1.00	1.37	44.48	0.65	0.78	37.140	36.685	1.613	2.467	0.60	60.26
14	15	39.056	36.336	15.96	17.04	2	2	10	20	4.41	4.38	0.002	0.09	0.18	8	14.00	5.13	166.43	0.67	0.84	36.589	34.459	2.467	4.317	0.60	32.48
15	16	36.336	25.782	61.06	17.28	5	7	35	68	4.34	4.29	0.002	0.30	0.58	8	13.00	4.95	160.38	0.95	1.17	32.019	24.276	4.317	1.536	0.60	107.22
16	17	25.782	17.958	79.42	9.85	2	9	45	87	4.32	4.26	0.002	0.39	0.74	8	10.00	4.34	140.66	0.95	1.14	24.246	16.439	1.536	3.130	0.60	111.17
18	18	23.590	19.215	75.55	5.79	10	10	50	96	4.31	4.25	0.002	0.43	0.82	8	6.00	3.36	108.96	0.82	0.99	22.090	17.603	1.500	1.642	0.60	71.21
18	17	19.215	17.958	67.48	1.86	5	15	75	144	4.28	4.2	0.002	0.64	1.21	8	4.00	2.74	88.96	0.80	0.97	17.573	14.858	1.642	3.130	0.60	96.60

**2.2.17. Desfogue de aguas negras**

**2.2.17.1. Ubicación**

La planta de tratamiento y su respectivo desfogue, estarán ubicados al final del sistema hidráulico, en un terreno proporcionado por la municipalidad para ese fin.

#### **2.2.17.2. Tipo de desfogue**

Al final del sistema de drenaje, se construirá el último pozo de visita, previsto para conectarse directamente a la planta de tratamiento. Previo a ello, se introducirá el efluente a una caja separadora de sólidos, componente propio del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Posteriormente al tratamiento total que lleven las aguas residuales, se desfogará a su destino final, en donde se protegerá la tubería por medio de un cabezal de descarga, que precisamente con la caja separadora de sólidos, son componentes que se construirán conjuntamente con la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **2.2.18. Evaluación de impacto ambiental del proyecto**

La Evaluación de Impacto Ambiental EIA es un mecanismo técnico-científico que se utiliza para analizar aspectos físico-biológicos, socioeconómicos o culturales del ambiente en el que se desarrolle una acción o un proyecto.

El impacto ambiental producido por la ejecución del proyecto del sistema de drenaje sanitario en la aldea Piedra Parada Cristo Rey, es positivo en todo sentido, cómo se demuestra en el análisis detallado que se presenta a continuación.

El impacto ambiental se analiza para cada uno de los siguientes factores:

- **Carácter del impacto:**

El presente proyecto se cataloga como impacto de carácter positivo, ya que debido a la vulnerabilidad ecológica que se tiene hoy en día, el canalizar las aguas residuales y verterlas hacia un punto específico, elimina en buen porcentaje los agentes contaminantes que aceleran el deterioro de nuestro medio ambiente; por aparte, la ejecución de estos proyectos tendrán impactos negativos como lo son la contaminación visual y auditiva, los cuales durarán relativamente un período corto de tiempo.

- **Magnitud del impacto:**

Con la ejecución del proyecto, se beneficiará directamente a un total de 1966 habitantes al final del periodo de vida del mismo.

- **Significado del impacto:**

La calidad del impacto respecto de su importancia ecológica para el proyecto es directo, ya que el resultado es inmediato de la acción de ejecución.

- **Duración del impacto:**

La duración del impacto positivo (proyecto actual de drenajes), se tiene previsto dure 20 años, que es el tiempo del periodo de vida según diseño, y éstos serán notorios a corto plazo; los impactos negativos (contaminación visual y auditiva) durarán el período de ejecución, el cual se tiene programado que dure aproximadamente 6 meses.

- **Reversibilidad:**

Existe la posibilidad de que los impactos positivos sean revertidos y retornar a las situaciones similares antes de contar con los sistemas de drenajes,



esto solo si los sistemas de drenajes colapsan durante el periodo de vida para el cual fueron diseñados.

- **Área de influencia:**

Específicamente para el proyecto de drenaje sanitario el área de influencia es la aldea Piedra Parada Cristo Rey, específicamente las áreas ubicadas sobre la ruta y colindantes con el municipio de El Rosario. Es importante saber que la dilución de la intensidad del impacto, no es lineal a la distancia a la fuente que lo provoca.

Debido al carácter sistémico de la EIA, el análisis debe ser realizado por un equipo interdisciplinario, pudiendo hacer uso de cualquier método, que cumpla con los requisitos anteriormente señalados. Dentro de los métodos más comunes se incluyen listados, matrices, mapas y otros.

- **Riesgos y amenazas:**

Los riesgos y amenazas más importantes que se deben de tomar en cuenta en la ejecución del sistema de drenaje sanitario en la Aldea Piedra Parada Cristo Rey, son los siguientes:

- Taponamiento de colectores por residuos sólidos
- Taponamiento de pozo de visita
- Conexión de agua pluvial a la tubería de drenaje sanitario
- Desbordamiento de cuneta
- Sobre-utilización de los servicios sanitarios provisionales
- Contaminación del aire

- **Medidas de mitigación:**

El propósito de las medidas de mitigación es la reducción de los riesgos y amenazas, es decir, la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes.

Para minimizar los efectos ocasionados en la construcción del presente proyecto, se deben tomar las precauciones siguientes:

- Ejecutar el proyecto en el menor tiempo posible.
- Trabajar el proyecto en época verano.
- Canalizar los drenajes naturales existentes.
- Reparar el pavimento.
- Tratar de disminuir el ruido y las vibraciones.
- Excavar y reacomodar el suelo en áreas que no afecten el paso de peatones en la aldea.
- En cuanto a la excavación debajo de la superficie, se debe capacitar al personal que labore en el proyecto.
- Reforestar las áreas dañadas en la construcción del proyecto.
- Señalización vial.
- Al finalizar la jornada el área de trabajo debe quedar limpia y libre de desechos.

Además para conservar la salud de los trabajadores durante la etapa de construcción y prevenir accidentes laborales, deben atenderse las recomendaciones siguientes:

- Prohibir que un trabajador labore en estado de ebriedad.
- Todos los trabajadores deben tener y usar un equipo completo para protección personal, el cual deberá proporcionar el patrono y reponerlo cuando se deteriore.
- Todos los empleados deben recibir capacitación en seguridad, higiene y primeros auxilios y disponer de un botiquín médico quirúrgico en las instalaciones.

- El equipo personal de seguridad estándar debe integrarse así: máscaras respiratorias, gafas, casco, guantes, gabachas, bota de hule.
- La planta deberá disponer de dos sanitarios, uno para hombre y otro para mujeres dotados de agua, papel higiénico y permanecer limpios.
- Se deben disponer de duchas para el aseo personal, una por cada diez trabajadores.
- Las instalaciones deben disponer de un lavamanos por cada 25 personas.

Durante la etapa de construcción se generarán desechos sólidos originados en las tareas de preparación de concreto, en la limpieza del área, en la excavación para las instalaciones de los pozos de absorción y plantas de tratamiento, también basura de tipo domiciliar generada por los trabajadores en la preparación de sus alimentos, los cuales deben ser transportados al basurero municipal de la localidad.

## **2.2.19. Evaluación socio-económica**

### **2.2.19.1. Valor Presente Neto**

El Valor Presente Neto (VPN), es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El VPN permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión; y permite determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor de las riquezas dentro de una empresa. Ese cambio en el valor estimado puede ser positivo, negativo o continuar igual.

Es importante tener en cuenta que el Valor Presente Neto depende de las siguientes variables:

- La inversión inicial previa

- Las inversiones durante la operación del proyecto
- Los ingresos que el proyecto genere
- Tasas de interés
- Número de períodos que dure el proyecto

El proyecto de sistema de drenaje sanitario de la aldea Piedra Parada Cristo Rey, será financiado por la municipalidad de Santa Catarina Pinula, y por fines de demostración se utilizará la tasa promedio de interés, manejada por el Banco de Guatemala (6.5 %). Es necesario reiterar que este valor de interés es solo por motivos de demostración y solo para este caso.

**VPN del proyecto.**

Inversión inicial = Q 787,700.46

Ingreso inicial = Q 290,000.00 (por 145 conexiones domiciliarias iniciales)

Ingreso anual constante = Q 12,000.00 (crecimiento anual del 3 % de la población, lo cual equivale a 6 viviendas por año).

Ingresos por concepto de mantenimiento igual a Q 5.00 por vivienda anualmente, Q 725.00 inicialmente por 145 conexiones domiciliarias iniciales.

Egresos por mantenimiento igual a Q 1,000.00 anuales

Tasa de interés = 6.5 %

Periodo de vida = 22 años.

$$VPN = - 787,700.46 + 290,000.00 + 12,000.00 USPWF_{0.065-22} + 725.00$$

$$USPWF_{0.065-22} - 1,000.00 USPWF_{0.065-22}$$

$$VPN = - 787,700.46 + 290,000.00 + 12,000.00 (11.032) + 725.00 (126.7987) - 1,000.00 (11.032)$$

$$VPN = Q -284,419.40$$

USPWF = Es el factor de serie uniforme, valor presente, el cual se encarga de trasladar el valor del dinero en el tiempo, convirtiendo de los costos anuales de operación y ventas a un valor presente utilizando la tasa de interés y un número de períodos.

Como se puede observar, el análisis de VPN genera un valor negativo, debido a la escasez de viviendas particulares actualmente en el sector.

Independientemente de los resultados obtenidos, es necesario aclarar que el presente proyecto no se desarrolla con fines lucrativos, ya que los aportes son municipales y la única finalidad es brindar el mejor servicio al vecino y con ello elevar el nivel y calidad de vida de los mismos. La tasa de interés es utilizada sólo por fines de demostración de los cálculos realizados.

### **2.2.19.2. Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor presente neto (VPN) es igual a cero.

La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.

Cuando la TIR es mayor que la tasa de interés, conviene realizar la inversión, si la TIR es menor que la tasa de interés, el proyecto debe rechazarse, y cuando la TIR es igual a la tasa de interés, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no.

Para una mejor comprensión la TIR se define como:

- La tasa de interés por la cual se recupera la inversión
- La tasa de interés máxima que se puede endeudar (en caso de préstamo) para no tener pérdidas.

#### **TIR del proyecto**

VP = Valor presente (Inversión inicial menos ingreso inicial por conexiones)

VR = Valor de recuperación

i = Tasa de interés

D = Desembolsos

I = Ingresos

n = número de períodos

### Modelo matemático

Por prueba y error, calculando la TIR con un interés del 5 %

$$Crf = (i(1+i)^n) / ((1+i)^n - 1) = (0.05(1+0.05)^{22}) / ((1+0.05)^{22} - 1) = 0.076$$

$$TIR = (VP - VR) Crf_{5-22} + VRi + D = I$$

$$TIR = (497,700.46 - 0) (0.076) + 0 + 1,000.00 = 47,903.30$$

$$38,825.23 = 47,903.30$$

$$0 = 9,078.07$$

Con un 5 % de interés obtenemos un valor positivo, por lo que se proba con un 10 % para obtener un valor negativo.

$$Crf = (0.10(1+0.10)^{22}) / ((1+0.10)^{22} - 1) = 0.114$$

$$TIR = (VP - VR) Crf_{10-20} + VRi + D = I$$

$$TIR = (497,700.46 - 0) (0.114) + 0 + 1,000.00 = 47,903.30$$

$$57,737.85 = 47,903.30$$

$$0 = - 9,834.55$$

Como hemos obtenido un resultado negativo, procedemos a interpolar para obtener la TIR verdadera.

$$TIR = 5 \% + (9,078.07 / (9,078.07 + 9,834.55)) \times 10 \% = 9.80 \%$$

## 2.2.20. Presupuesto del proyecto

### 2.2.20.1. Criterios adoptados para la integración del presupuesto:

- Para el cálculo de materiales de los pozos de visita se tomó como base un pozo promedio, el cual tiene una profundidad de 2.90 m.
- La cantidad de arena de río y piedrín se calculó por metro cúbico de fundición.
- La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó por quintal, por pozo de visita.
- Las conexiones domiciliarias se calcularon en forma unitaria.
- Los materiales a utilizar serán de origen local, y lo que sea necesario transportarlos de la ciudad capital a la aldea, los proveedores de materiales los surtirán en obra sin costo alguno debido a la cercanía. Para el presente trabajo, se consideró como costo de transporte el empleado en trasladar la cuadrilla de drenajes y la supervisión del proyecto por parte del Ingeniero a cargo.
- Los precios de materiales se tomaron en base a los que se manejan en la Dirección de Obras de la Municipalidad.
- Los pagos de la mano de obra se tomaron con base a los que se manejan en la Dirección de Obras de la Municipalidad.

#### **2.2.20.2. Presupuesto de materiales:**

Para el presupuesto de materiales de cualquier proyecto de infraestructura, se debe tener presente que en la ejecución física de los mismos surgen imprevistos, que ocasionan que se emplee más material y mano de obra en ejecución de nuevos renglones de trabajo. Por ejemplo, cuando se realiza una excavación se podría dañar la tubería de distribución de agua potable, por lo que se tendrá que reparar el daño ocasionado. Esto conlleva a integrar el presupuesto incluyendo un factor de costos imprevistos dentro del costo total del proyecto.

**Tabla XIV. Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita promedio.**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
1	Arena de río	0.35	m3	Q90.00	Q31.50
2	Piedrín triturado	0.4	m3	Q190.00	Q76.00
3	Cemento	4	saco	Q52.65	Q210.60
4	Hierro de 3/8"	0.53	quintal	Q511.81	Q271.26
5	Alambre de amarre	1	libra	Q6.00	Q6.00
6	Madera	12	pie tabla	Q5.20	Q62.40
7	clavo de 3 Plg.	0.5	libra	Q7.51	Q3.76
8	Tubo de concreto 36"	2	unidad	Q220.00	Q440.00
<b>COSTO DE MATERIALES DE POZO DE VISITA PROMEDIO</b>					<b>Q1,101.51</b>

**Tabla XV. Cantidad y costo de materiales para la construcción de una conexión domiciliar.**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
1	Tubo PVC $\phi$ 4"	4	ml	Q48.00	Q192.00
2	Codo 45° de $\phi$ 4"	1	unidad	Q195.67	Q195.67
3	Silleta "Y" de 8" x 4"	1	unidad	Q226.85	Q226.85
4	Pegamento	1	pomo 100g.	Q125.00	Q125.00
5	Tubo de concreto 12"	1	unidad	Q148.50	Q148.50
6	Tapadera	1	unidad	Q95.00	Q95.00
<b>COSTO DE MATERIALES PARA CONEXIÓN DOMICILIAR</b>					<b>Q983.02</b>

En la siguiente tabla se encuentra el costo total de materiales para la ejecución del sistema de alcantarillado sanitario.

**Tabla XVI. Presupuesto total de materiales.**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
1	Pozo de visita promedio	22	unidad	Q1,101.51	Q24,233.31
2	Instalación de tuberías PVC de $\phi$ 8"	1330	ml	Q161.82	Q215,220.60
3	Conexión domiciliar	145	unidad	Q983.02	Q142,537.90
<b>PRESUPUESTO TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q381,991.81</b>

### 2.2.20.3. Presupuesto de mano de obra

Para la integración del presupuesto de mano de obra, se calculó el precio unitario para un pozo promedio, al igual que para las conexiones



domiciliares y un metro lineal de instalación de tubería. A continuación se presentan las tablas de resumen de dichos precios unitarios.

**Tabla XVII. Presupuesto de mano de obra para un pozo de visita promedio.**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
1	Excavacion	2.3	m3	Q35.00	Q80.50
2	Formaleta	8.5	m2	Q22.00	Q187.00
3	Instalado	1	unidad	Q100.00	Q100.00
4	Desencofrado	8.5	m2	Q10.00	Q85.00
5	Armado y fundición de tapadera	1	unidad	Q65.00	Q65.00
<b>COSTO DE MANO DE OBRA DE POZO DE VISITA PROMEDIO</b>					<b>Q517.50</b>

**Tabla XVIII. Presupuesto de mano de obra para la instalación de un metro lineal de tubería.**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
1	Excavacion	1.5	m3	Q35.00	Q52.50
2	Nivelación de zanja	1	ml	Q8.00	Q8.00
3	Instalación de tubería	1	ml	Q25.00	Q25.00
4	Relleno y compactación	1.3	m3	Q35.00	Q45.50
<b>COSTO DE MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN DE TUBERÍA</b>					<b>Q131.00</b>

**Tabla XIX. Presupuesto de mano de obra para una conexión domiciliar.**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
1	Excavación	1.6	m3	Q35.00	Q56.00
2	Nivelación de zanja	3.5	ml	Q8.00	Q28.00
3	Colocación de tubería PVC	3.5	ml	Q25.00	Q87.50
4	Relleno y compactación	1.6	m3	Q35.00	Q56.00
5	Nivelación de zanja	3.5	ml	Q8.00	Q28.00
6	Colocación de candela	1	unidad	Q60.00	Q60.00
7	Nivelación de zanja	3.5	ml	Q8.00	Q28.00
8	Tapadera para candela	1	unidad	Q50.00	Q50.00
9	Colocación de silleta	1	unidad	Q23.00	Q23.00
<b>COSTO DE MANO DE OBRA EN CONEXIÓN DOMICILIAR</b>					<b>Q416.50</b>

**Tabla XX. Presupuesto total de mano de obra.**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
1	Pozo de visita promedio	22	unidad	Q517.50	Q11,385.00
2	Instalación de tubería PVC de ø4"	1330	unidad	Q131.00	Q174,230.00
3	Conexión domiciliar	145	unidad	Q416.50	Q60,392.50
<b>PRESUPUESTO TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q246,007.50</b>

#### 2.2.20.4. Resumen general del presupuesto

Para la integración del presupuesto total, además de considerar los materiales y la mano de obra directa, se deben considerar inversiones como el sueldo de la mano de obra no calificada y los costos indirectos, como lo son los gastos administrativos. Como se mencionó con anterioridad, se debe tener presente involucrar un factor de imprevistos.

**Tabla XXI. Presupuesto total del proyecto.**

No.	TIPO DE COSTO	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	Costo Directo	Presupuesto de materiales	Q381,991.81
		Total de materiales	<b>Q381,991.81</b>
		Presupuesto de mano de obra	Q246,007.50
		% ayudante (35%)	Q86,102.63
		% prestaciones (75%)	Q184,505.63
		Total mano de obra	<b>Q516,615.75</b>
2	Costo Indirecto	Administración, gastos generales e imprevistos (20%)	<b>Q179,721.51</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>			<b>Q1,078,329.08</b>

Son: setecientos ochenta y siete mil setecientos con 46/100 quetzales.

#### 2.2.21. Cronograma de ejecución

El cronograma del proyecto se presenta en el apéndice.

#### 2.2.22. Planos constructivos

Al continuar con el proceso de diseño del proyecto, se llega a la elaboración de los planos finales, para obtener una visión más clara de lo que se va a ejecutar, los planos de este proyecto pueden consultarse en la sección del apéndice.



## CONCLUSIONES

1. La edificación que albergará al Salón de Usos Múltiples, alcaldía auxiliar y el Centro de Salud, fue diseñada para cumplir con los parámetros arquitectónicos y estructurales necesarios, logrando el bienestar y la seguridad de los usuarios; así como los criterios sísmicos para que pueda resistir ante un evento de esta naturaleza.
2. A través del proyecto del drenaje sanitario en la aldea Piedra Parada, Cristo Rey, se prestará el servicio necesario a la comunidad, en donde los beneficiarios podrán evacuar sus aguas residuales al sistema y así evitar la contaminación de los mantos freáticos y por consiguiente la calidad de agua que nuevamente llega a la población para consumo.
3. En el desarrollo del proyecto de drenaje de aguas servidas no se incluyó la propuesta de tratamiento para dichas aguas, ya que la municipalidad ha iniciado gestiones y estudios para la construcción de una planta de tratamiento que complementará el proyecto en estudio.
4. De acuerdo al análisis y a la evaluación realizada al municipio, con respecto a las necesidades urgentes de infraestructura y desarrollo, se concluye que los proyectos de la edificación de una estructura para las sedes sociales, y el diseño del drenaje sanitario cumplen claramente los objetivos para los cuales fueron solicitados.



## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Santa Catarina Pinula:

1. Se deben ejecutar los proyectos de acuerdo a los planos constructivos y especificaciones técnicas, para alcanzar los resultados esperados durante el período para el que fueron diseñados.
2. Es importante promover la participación de la población beneficiada con los proyectos, en la construcción, operación y mantenimiento de los mismos, para que estos en un corto plazo puedan ser autosostenibles.
3. En el caso de la estructura que se utilizará para ubicar al Salón de Usos Múltiples, Centro de Salud y alcaldía auxiliar, respetar la funcionalidad de la misma y darle el uso adecuado, ya que de no ser así, disminuye su período de vida y podrían existir consecuencias trágicas.
4. Los materiales para la construcción a utilizar deberán ser de la mejor calidad, sometidos a pruebas de laboratorio en casos necesarios. Contar con supervisión técnica de profesionales en la Ingeniería Civil durante el desarrollo de la ejecución de los proyectos.
5. Mantener un constante monitoreo de las descargas de aguas residuales y evitar en lo posible las conexiones ilícitas de aguas pluviales que puedan provocar que el sistema de alcantarillado colapse, y así, respetar la planificación de una planta de tratamiento de aguas residuales adecuada.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Paz Chacón, Sindy Anabella. Diseño del edificio escolar de dos niveles, para la aldea El Manzanillo y sistema de alcantarillado sanitario, para el sector sur del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Ingeniería. 2008.
2. Muñoz Maldonado, María del Rosario. Diseño del edificio municipal y diseño del sistema de agua potable para los cantones San Lorencito y Chitá, Zunilito, Suchitepéquez. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Ingeniería. 2008.
3. Siguí Villeda, Max Adolfo. Diseño del edificio escolar de dos niveles para aldea Limones y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para aldea el Zapote, municipio de Gualán, Zacapa. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Ingeniería. 2008.
4. Muñoz de León, Adan Edilberto. Propuesta de un instituto técnico multidisciplinario para el municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura. 2006.
5. Código de diseño de hormigón armado ACI 318-02. Reglamento y comentarios. American Concrete Institute. Estados Unidos 2002.
6. Arthur H. Nilson. Diseño de estructuras de concreto. Duodécima edición. Editorial McGraw Hill Interamericana. 1999

7. Lineamientos para el diseño de alcantarillados. Instituto Nacional de Fomento Municipal INFOM. 2002.

## **APÉNDICE**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

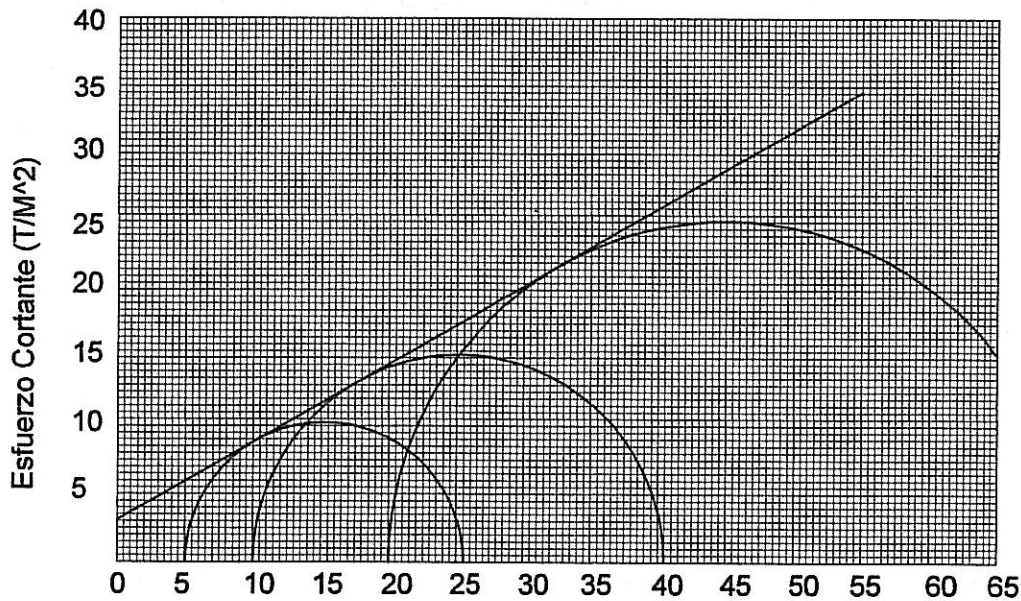


Nº 003051

**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR**

INFORME No.: 07 S.S.      O.T.No.: 24.323

INTERESADO: Pablo Estuardo Suarez Díaz  
 PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS  
 UBICACIÓN: Aldea El Pueblito, Santa Catarina Pinula  
 pozo: 1      Profundidad: x      Muestra: 1  
 Fecha: 19 de enero de 2009



**PARAMETROS DE CORTE:**

<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : <math>\phi = 29.8^\circ</math></b>	<b>COHESIÓN: <math>C_u = 3.10 \text{ T/m}^2</math></b>
--	--

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.  
 DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arenoso color café  
 DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"  
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m <sup>2</sup> )	20.52	30.47	50.16
PRESION INTERSTICIAL u(T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.5	5.5	9.5
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.51	1.51	1.51
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.85	1.85	1.85
HUMEDAD (%H)	24.0	24.0	24.0



Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Carrero Morales  
 DIRECTORA CII/USAC



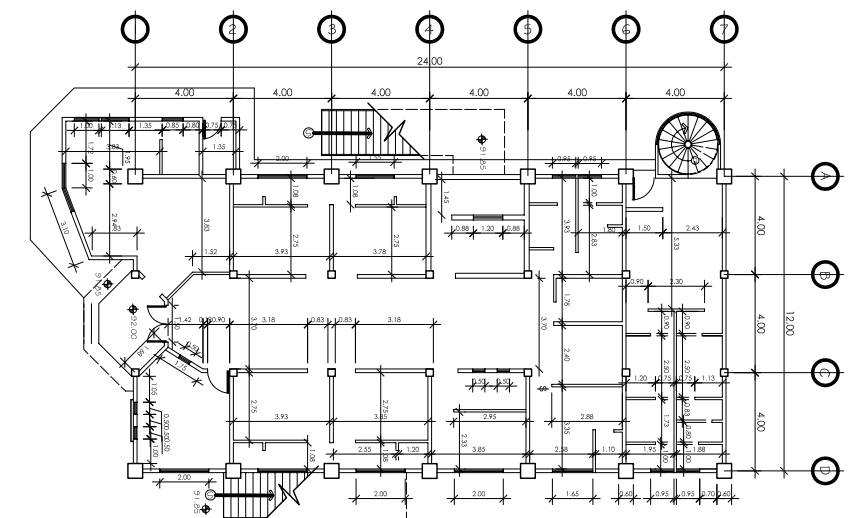
*Omar E. Medrano Méndez*  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



**PROYECTO: DRENAJE SANITARIO**  
**UBICACIÓN: ALDEA PIEDRA PARADA, CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCION**

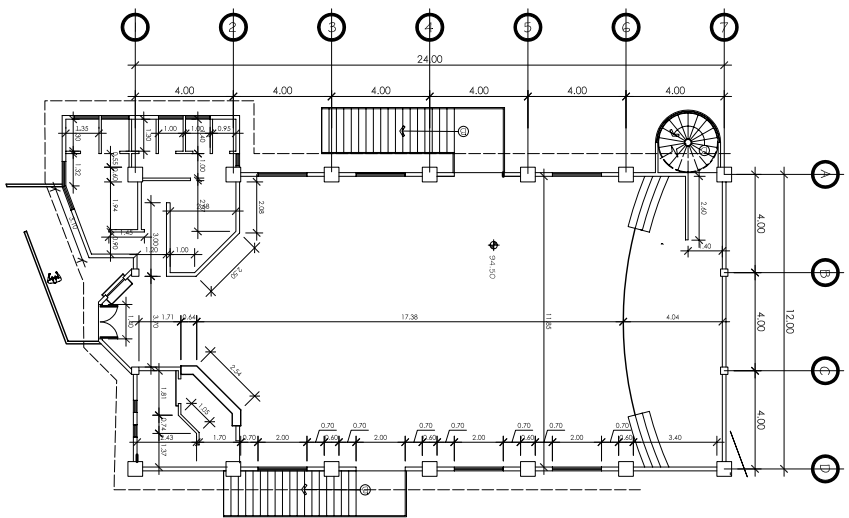
Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	% INVERSION	% ACUMULADO	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	TOTALES
1	PRELIMINARES	global	1	4.46%	4.46%	Q48.084,72	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q48.084,72
2	POZOS DE VISITA	unidad	22	19,18%	23,63%	Q25.848,55	Q34.482,06	Q34.482,06	Q34.482,06	Q34.482,06	Q34.482,06	Q34.482,06	Q206.772,39
3	LINEA CENTRAL	m	1330	55,35%	78,98%	Q0,00	Q99.488,73	Q99.488,73	Q99.488,73	Q99.488,73	Q99.488,73	Q99.488,73	Q596.932,36
4	CONEXIONES DOMICILIARES	unidad	145	21,01%	100,00%	Q0,00	Q20.594,51	Q41.189,03	Q41.189,03	Q41.189,03	Q41.189,03	Q41.189,03	Q226.539,64
						Q73.931,27	Q154.545,30	Q175.139,81	Q175.139,81	Q175.139,81	Q175.139,81	Q149.263,27	Q1.078.325,08
						Q73.931,27	Q228.475,56	Q403.616,38	Q578.756,18	Q753.866,00	Q929.035,81	Q1.078.325,08	





PRIMER NIVEL

ESCALA 1/100



SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/100



UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LEON PRONTO DOMESTICO

PLANTEAMIENTO Y DISEÑO DE  
PANELES SOLARES Y CABLEADO

PROF. PABLO E. SUAREZ RUIZ

PROF. PABLO E. SUAREZ RUIZ

PROF. PABLO E. SUAREZ RUIZ

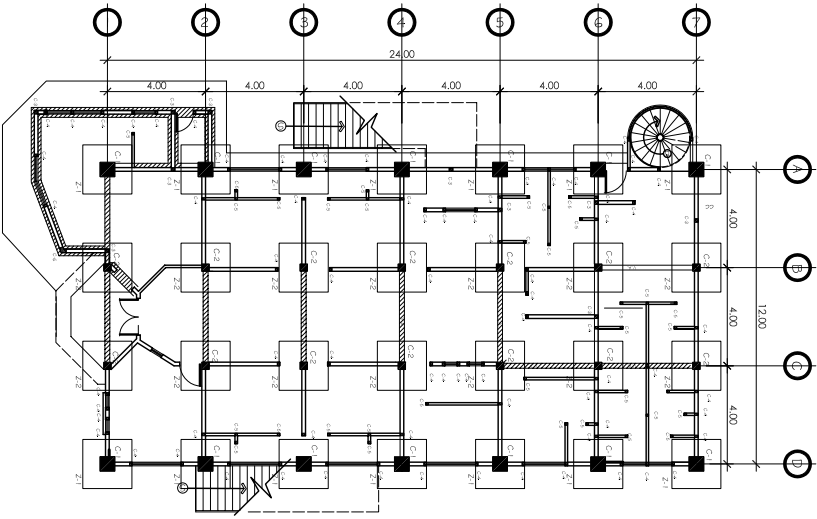
PROF. PABLO E. SUAREZ RUIZ

PROF. PABLO E. SUAREZ RUIZ

PROF. PABLO E. SUAREZ RUIZ

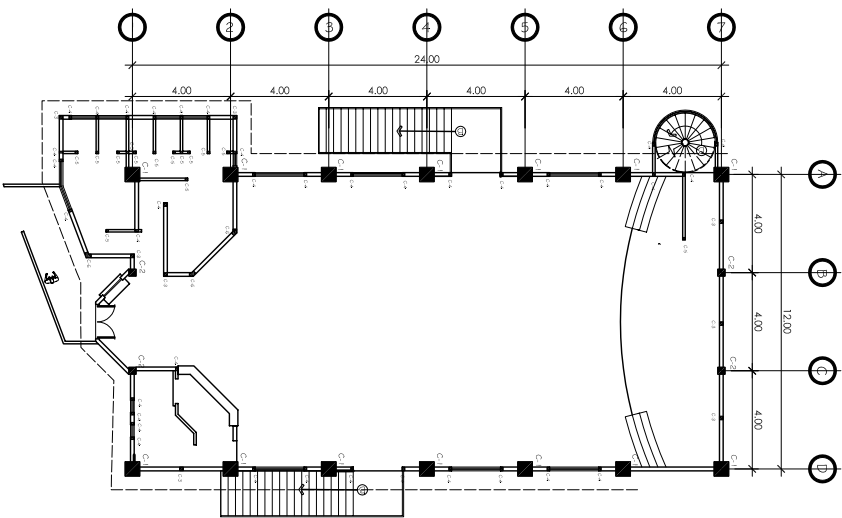
PROF. PABLO E. SUAREZ RUIZ





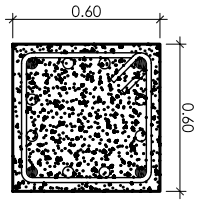
PRIMER NIVEL

ESCALA 1/100



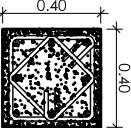
SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/100



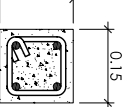
ESCALA 1/5  
COLUMNA C-1

REFUERZO:  
4 No. 5 + 4 No. 6 CORREDORES + ESTRIOS  
No. 4, 6 @ 0.07m en todos  
los sentidos y al inicio  
del primer y último @ 0.25m

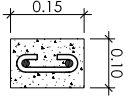


ESCALA 1/5  
COLUMNA C-2

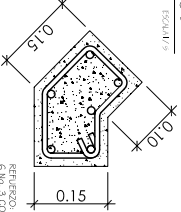
REFUERZO:  
4 No. 3 CORREDORES +  
ESTRIOS No. 2 @ 0.20m



ESCALA 1/5  
COLUMNA C-3



ESCALA 1/5  
COLUMNA C-4



ESCALA 1/5  
COLUMNA C-6

COLUMNA No. 5, 7 y No. 3 RINDIENDO  
EN EL AGUERO DEL BLOQUE



UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LEONARDO RODRIGUEZ SERRANO

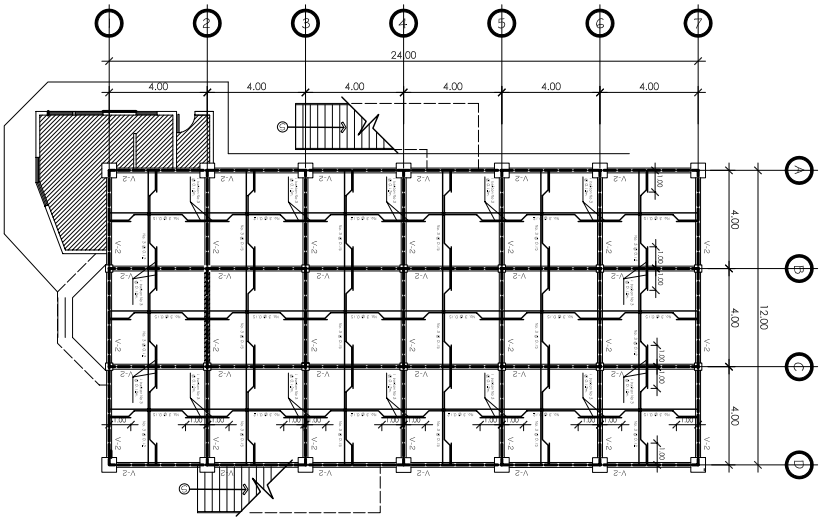
PLANTEAMIENTO DE  
SANTO DOMINGO DE  
GUATEMALA

PROFESOR: CARLOS SERRANO  
PROFESOR: CARLOS SERRANO

PROFESOR: CARLOS SERRANO  
PROFESOR: CARLOS SERRANO

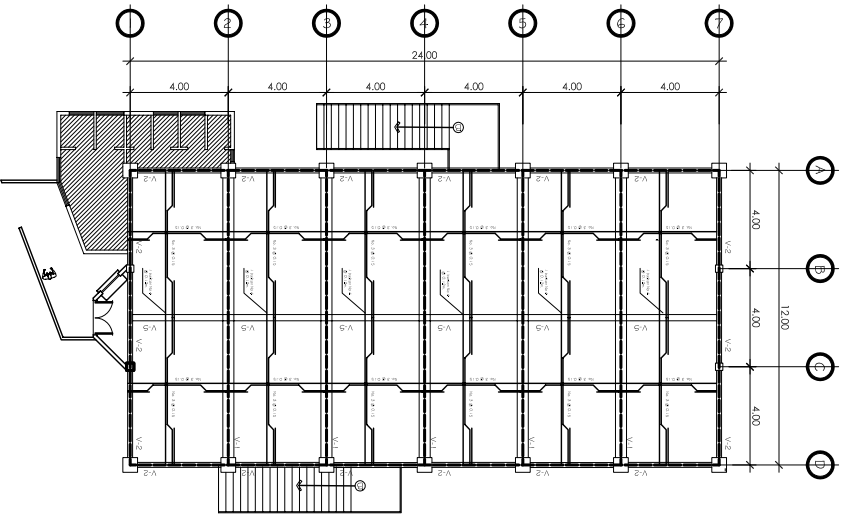
PROFESOR: CARLOS SERRANO  
PROFESOR: CARLOS SERRANO

PROFESOR: CARLOS SERRANO  
PROFESOR: CARLOS SERRANO



PRIMER NIVEL

ESCALA 1/100



SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/100



UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ELECTRICIDAD Y SISTEMAS

PLANEA PABLO SUAREZ DE  
PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

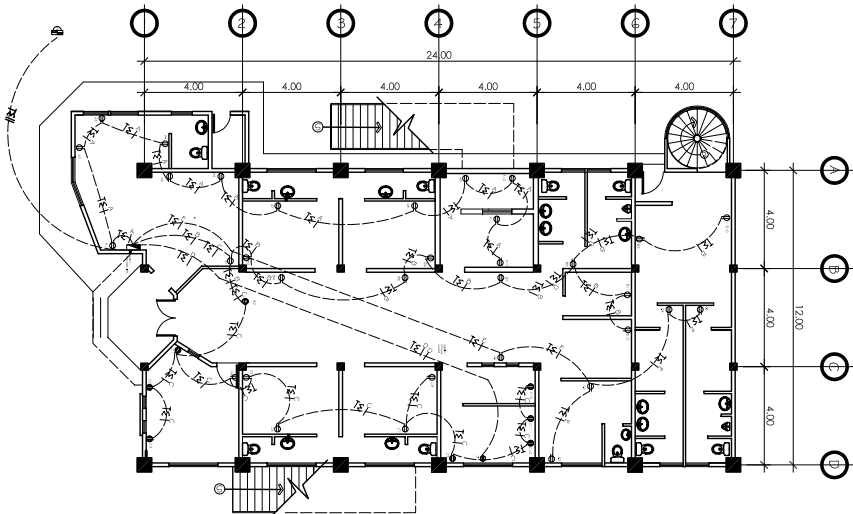
PROF. PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

PROF. PABLO SUAREZ DE

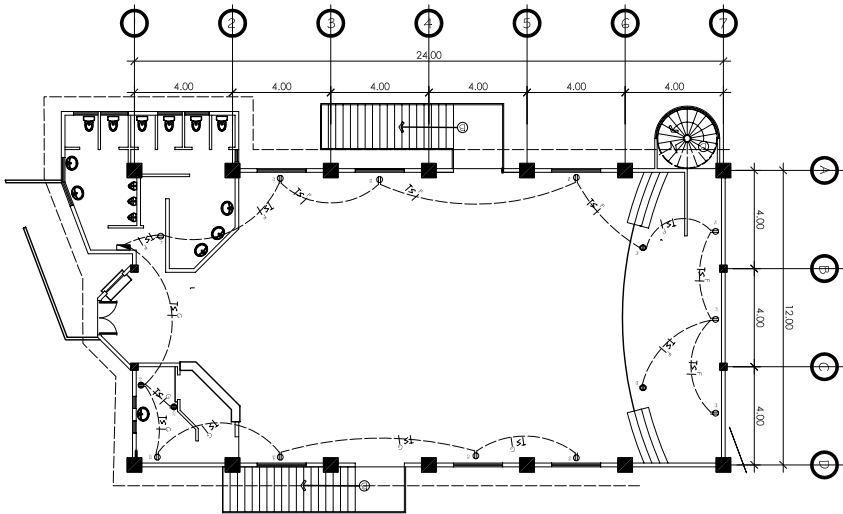






# PRIMER NIVEL

ESCALA 1/100



# SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/100

NOMENCLATURA FIEBZA	
Simbolo	Descripción
	MECA Y/O COCINAMIENTO DE 100% (MECA/SIEMPRE)
	MECA Y/O COCINAMIENTO DE 75% (MECA/SIEMPRE)
	MECA Y/O COCINAMIENTO DE 50%
	MECA Y/O COCINAMIENTO DE 25%
	MECA Y/O COCINAMIENTO DE 10% (MECA/SIEMPRE)
	MECA Y/O COCINAMIENTO DE 5% (MECA/SIEMPRE)
	MECA Y/O COCINAMIENTO DE 1% (MECA/SIEMPRE)
	MECA Y/O COCINAMIENTO RESOLUCION
	MECA SALIDA DE TV
	MECA SALIDA DE TELEFONO
	MECA SALIDA DE TV Y TELEFONO
	MECA SALIDA DE TV Y TELEFONO CON ANTENA
	MECA SALIDA DE TV Y TELEFONO CON ANTENA Y CABLE
	MECA SALIDA DE TV Y TELEFONO CON ANTENA Y CABLE Y ANTENA
	MECA SALIDA DE TV Y TELEFONO CON ANTENA Y CABLE Y ANTENA Y ANTENA
	MECA SALIDA DE TV Y TELEFONO CON ANTENA Y CABLE Y ANTENA Y ANTENA Y ANTENA
	MECA SALIDA DE TV Y TELEFONO CON ANTENA Y CABLE Y ANTENA Y ANTENA Y ANTENA Y ANTENA



UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LEONARDO RODRIGUEZ  
CALLE 13-01, ZONA 13  
C.A. 13010

PLANEA FAREBEBEREBEZA FAREBEBEREBEZA

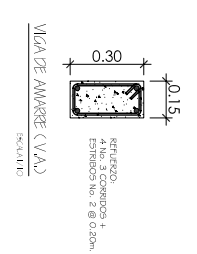
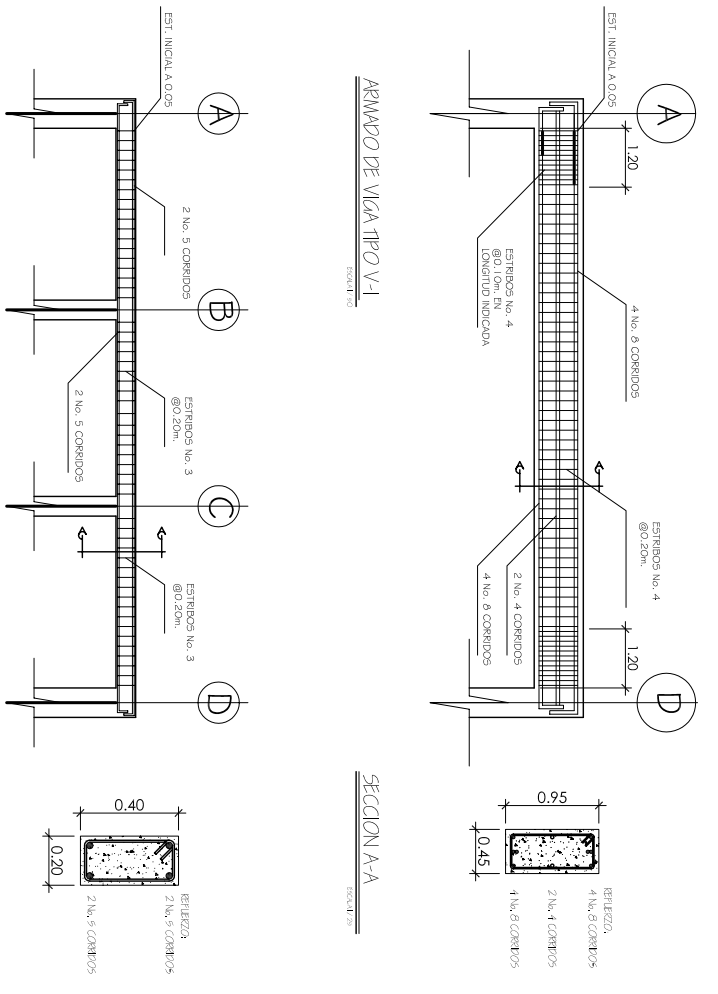
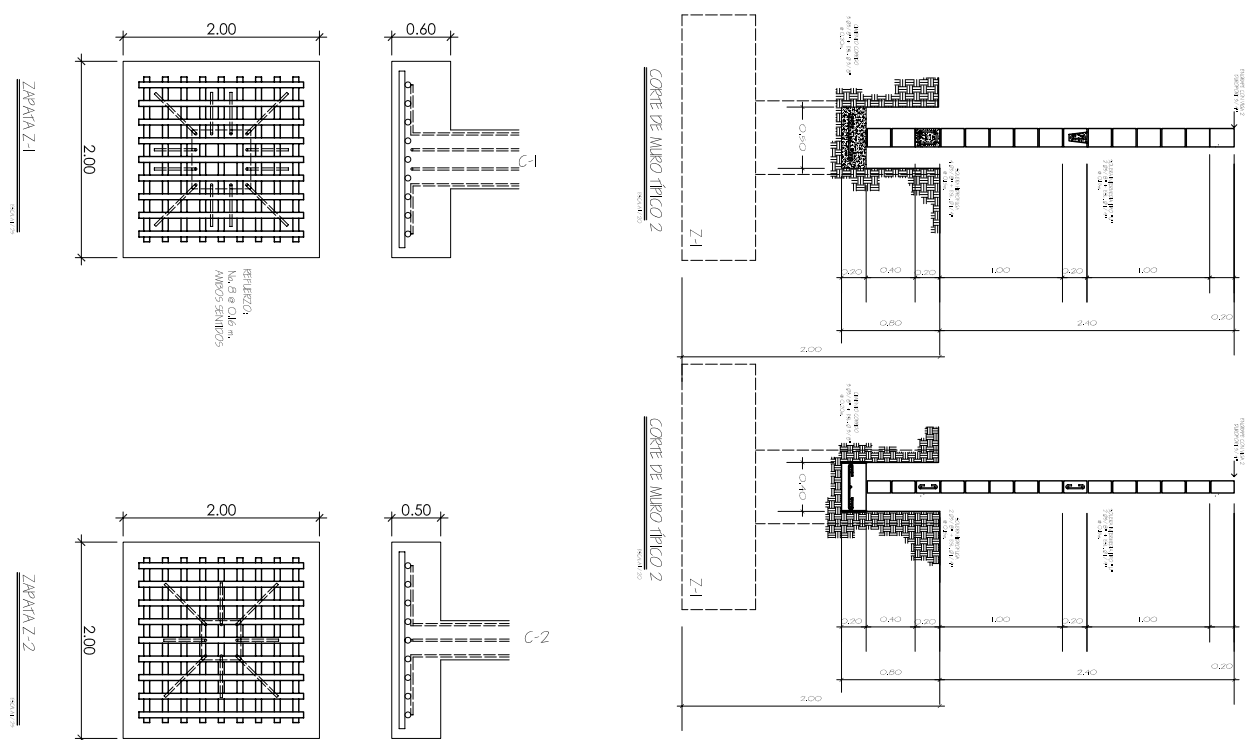
PROF. SWEETHEE FAREBEBEREBEZA FAREBEBEREBEZA

PROF. SWEETHEE FAREBEBEREBEZA FAREBEBEREBEZA

PROF. SWEETHEE FAREBEBEREBEZA FAREBEBEREBEZA

PROF. SWEETHEE FAREBEBEREBEZA FAREBEBEREBEZA



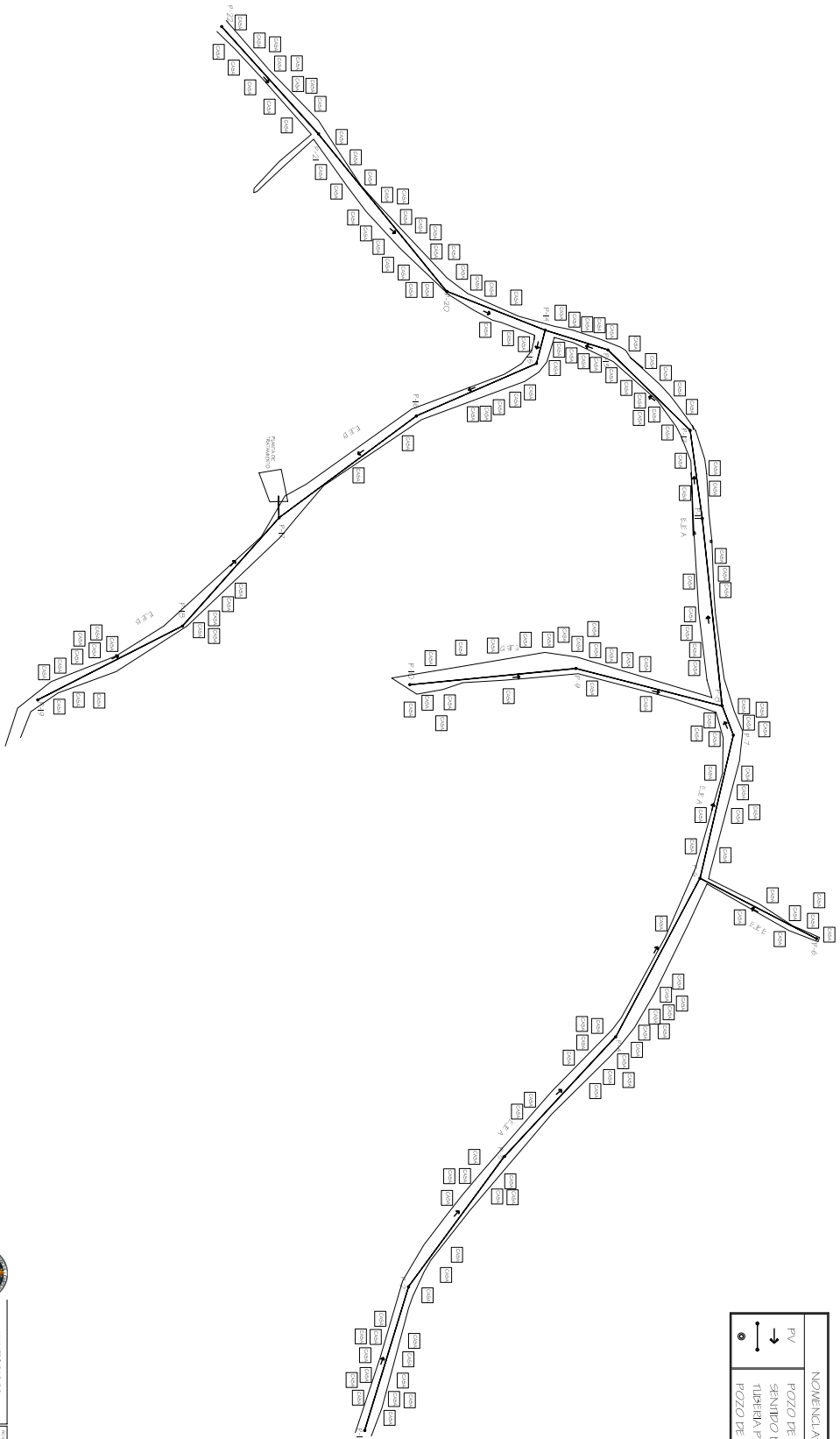


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PLANEA	INGENIEROS	PROF. DR. JUAN CARLOS
PROF. J. SUAREZ TUC	PROF. DR. JUAN CARLOS	PROF. DR. JUAN CARLOS
PROF. J. SUAREZ TUC	PROF. DR. JUAN CARLOS	PROF. DR. JUAN CARLOS
PROF. J. SUAREZ TUC	PROF. DR. JUAN CARLOS	PROF. DR. JUAN CARLOS

# PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDAS

ESCALA 1:10000



NOMENCLATURA	
P.V.	POZO DE VIEIRA
→	SENIDO DEL FLUJO
— —	TUBERIA PVC Ø80
○	POZO DE VIEIRA PLANTA



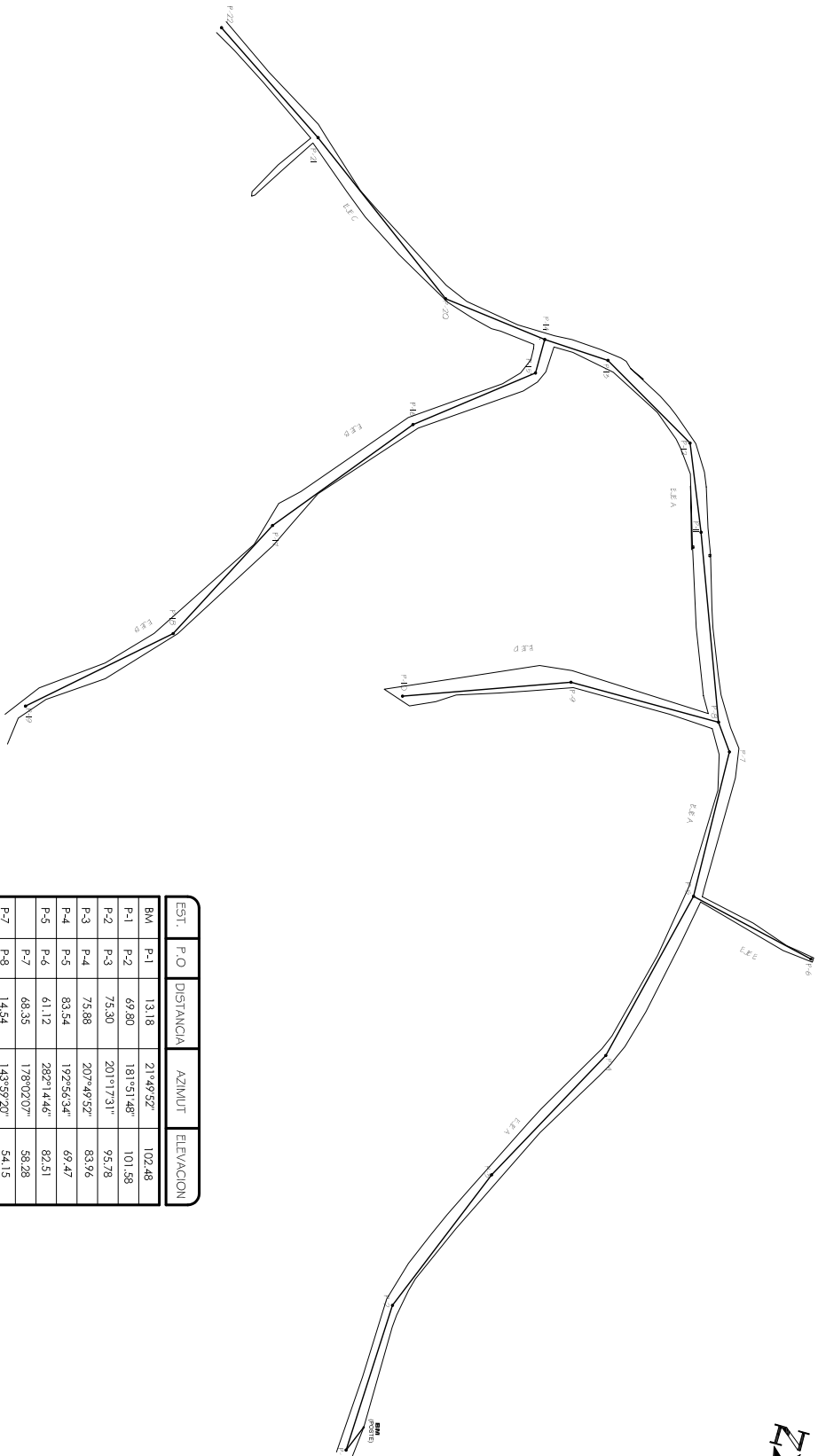
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA  
 FACULTAD DE ENGENHERIA  
 ELECTROTÉCNICA Y SISTEMAS  
 DE ENERXÍA  
 DEPARTAMENTO DE ENXERXÍA

PROXECTO	FECHA	FECHA	FECHA
PLANTA	15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018
PROYECTO	15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018
PROYECTO	15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018
PROYECTO	15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018

FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018
15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018
15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018
15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018	15/05/2018







EST.	P.O	DISTANCIA	AZIMUT	ELEVACION	
	BM	P-1	13.18	21°49'52"	102.48
	P-1	P-2	69.80	181°51'48"	101.58
	P-2	P-3	75.30	201°17'31"	95.78
	P-3	P-4	75.88	207°49'52"	83.96
	P-4	P-5	83.54	192°56'34"	69.47
	P-5	P-6	61.12	282°14'46"	82.51
	P-6	P-7	68.35	178°02'07"	58.28
	P-7	P-8	14.54	143°59'20"	54.15
	P-8	P-9	70.20	89°16'10"	54.58
	P-9	P-10	87.66	158°50'52"	44.90
	P-10	P-11	77.65	69°21'28"	53.54
	P-11	P-12	41.28	157°01'39"	42.90
	P-12	P-13	53.51	119°18'59"	40.09
	P-13	P-14	30.55	92°24'06"	39.05
	P-14	P-15	15.96	359°34'32"	36.34
	P-15	P-20	49.23	96°26'38"	38.75
	P-16	P-17	61.06	51°16'31"	25.78
	P-17	P-18	79.42	38°23'34"	17.96
	P-18	P-19	67.48	26°40'46"	19.21
	P-19	P-21	75.55	47°54'53"	23.59
	P-20	P-21	94.41	135°44'44"	40.25
	P-21	P-22	67.22	122°48'59"	42.71

# PLANTA DE TOPOGRAFIA

ESCALA: 1:1000



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN TOPOGRAFIA

PLANIFICACION DE LA RED DE NIVELACION

PROYECTO: NIVELACION DE LA ZONA DE LA CIUDAD DE CUENCA

FECHA: 2010

PROFESOR: DR. JUAN CARLOS GARCIA

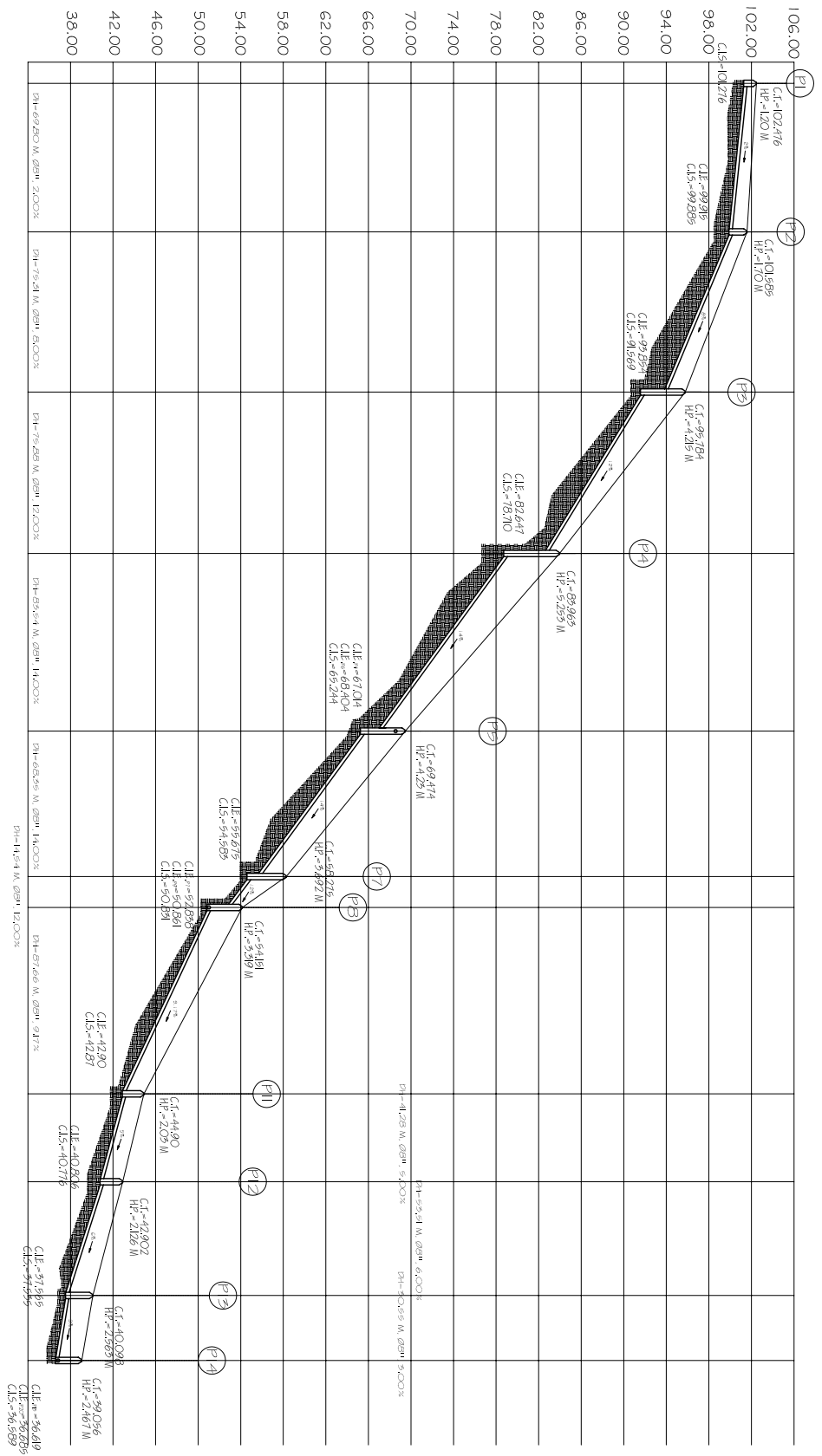
ESTUDIANTE: JUAN CARLOS GARCIA

FECHA DE ENTREGA: 2010

FECHA DE CALIFICACION: 2010

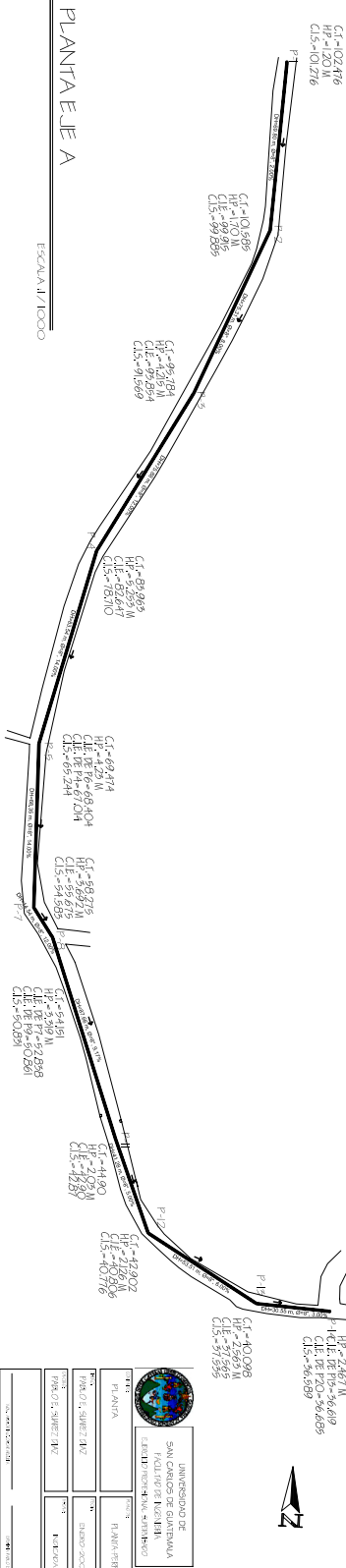
FECHA DE CALIFICACION: 2010

FECHA DE CALIFICACION: 2010



**PERFIL EJE A**

ESCALA VERTICAL: 1/1000  
ESCALA HORIZONTAL: 1/50



**PLANTA EJE A**

ESCALA 1/1000



UNIVERSIDAD DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
SECCION DE OBRAS DE FERROVIARIAS

PROYECTO	RAMA-581 E.F.A.
FECHA	2023
PROYECTANTE	ING. OJ. SWEET'BLIZ
REVISOR	ING. OJ. SWEET'BLIZ
APROBADO	ING. OJ. SWEET'BLIZ
CLIENTE	M.O.C. DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
UBICACION	RAMA-581 E.F.A.
PROYECTO	RAMA-581 E.F.A.
FECHA	2023
PROYECTANTE	ING. OJ. SWEET'BLIZ
REVISOR	ING. OJ. SWEET'BLIZ
APROBADO	ING. OJ. SWEET'BLIZ
CLIENTE	M.O.C. DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
UBICACION	RAMA-581 E.F.A.



