



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

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA TOCACHE Y
EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES DE LA ALDEA EL PORVENIR,
MUNICIPIO DE SAN PABLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.**

Robert Gudiel Fuentes Gomez

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, julio de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA TOCACHE Y
EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES DE LA ALDEA EL PORVENIR,
MUNICIPIO DE SAN PABLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

ROBERT GUDIEL FUENTES GOMEZ

ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2008

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. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Silvio Jose Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amilcar Boiton velásquez
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 DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA TOCACHE Y EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES DE LA ALDEA EL PORVENIR, MUNICIPIO DE SAN PABLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 6 de agosto de 2007.

Robert Gudiel Fuentes Gomez

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por darme la inteligencia y sabiduría necesarias para realizar este sueño y estar con migo en todo momento.
- MI MAMÁ** Angelina Carmelina Gómez, por su gran esfuerzo y sacrificio.
- MI PAPÁ** Hermelindo Dolores Fuentes.(D.E.P)
- MIS HERMANOS** Marjorie, Marlen, Darwin, jeovani
Con mucho cariño
- MI FAMILIA EN GENERAL** Por su apoyo incondicional.
- MIS AMIGOS:** Por su amistad invaluable.
- LA FACULTAD DE INGENIERÍA:** Con gratitud por la formación profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS Por darme la vida y por la bendición de permitirme alcanzar este anhelado triunfo.

MIS PADRES Por estar conmigo en todo momento, por su paciencia, por su esmero y por el apoyo incondicional que siempre me han dado en la vida.

MIS HERMANOS Por el cariño y por el apoyo que me han brindado incondicionalmente.

ING. JUAN MERCK

COS Por brindarme su asesoría y apoyo incondicional.

TODA MI FAMILIA Por su aprecio y por el apoyo que siempre me han manifestado.

MIS AMIGOS Por compartir con todos ellos la factura, que nos presenta la vida paso a paso.

La Municipalidad de San Pablo, San Marcos, por la colaboración en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.

La Facultad de Ingeniería, por permitirme forjar en sus aulas uno de mis más grandes anhelos.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Y muy especialmente a todas las personas que me brindaron su ayuda y el apoyo desinteresado en la realización del EPS y del Trabajo de Graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

1. FASE DE INVESTIGACIÓN.

1.1. Características de los beneficiados	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.1.2. Coordenadas de cartesianas	1
1.1.1.3. Extensión territorial	2
1.1.1.4. Clima	2
1.1.1.5. Vías de comunicación	2
1.1.1.6. Reseña histórica	3
1.1.1.7. Actividades socio-económicas	3
1.1.1.8. Actividad agrícola	3
1.1.1.9. Salud y saneamiento	3
1.1.1.9.1. Recursos de salud	4
1.1.1.9.2. Tasa de crecimiento	4
1.1.1.9.3. Tasa de natalidad	4
1.1.1.9.4. Tasa de fecundidad	4

1.1.1.9.5. Tasa de mortalidad	4
1.1.1.9.5. Tasa de mortalidad	4
1.1.1.9.6. Morbilidad	5
1.1.1.10. Aspecto sociocultural	5
1.1.1.10.1. Educación	5
1.1.1.10.2. Idioma	6
1.1.1.10.3. Participación comunitaria	6
1.1.1.10.4. Organizaciones	6
1.1.1.10.5. Datos de población	6

1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades prioritarias en cuanto a servicios básicos e infraestructura en las aldeas

Tocache y el Porvenir	7
1.2.1 Descripción de las necesidades	7
1.2.2 Evaluación y priorización de las necesidades	8

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DE ALCATARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA TOCACHE, MUNICIPIO DE SAN PABLO.

2.1 Descripción del proyecto	9
2.2 Levantamiento topográfico	9
2.2.1 Levantamiento planimétrico	10
2.2.2 Levantamiento altimétrico	10
2.3 Propuesta del sistema	10
2.4. Período de diseño	11
2.5 Estimación de la población de diseño	11

2.5.1	Método de incremento geométrico	11
2.6	Uso del agua	12
2.7	Cálculo de caudales	13
2.7.1	Población tributaria	13
2.7.2	Velocidad de flujo	13
2.7.3	Relación de diámetros	14
2.7.4.	Dotación	14
2.7.5.	Factor de retorno	14
2.7.6	Factor de Hardmond	15
2.7.6.1.	Descripción	15
2.7.7	Caudal domiciliar	15
2.7.8.	Caudal de conexiones ilícitas	16
2.7.9	Caudal de infiltración	16
2.7.10	Caudal industrial	16
2.7.11	Caudal comercial	17
2.7.12	Factor de caudal medio	17
2.7.13	Caudal de diseño	18
2.7.13.1	Descripción	18
2.7.14	Fórmula de Maning	18
2.7.14.1.	Descripción	18
2.8	Cálculo de cotas invert	19
2.8.1	Descripción	19
2.9	Obras y accesorios	20
2.9.1.	Colectores	20
2.9.2.	Pozos de visita	21
2.10	Conexiones domiciliarias	22
2.10.1.	Tubería secundarias	22
2.10.2.	Caja o candela	22
2.11	Normas y recomendaciones	23

2.12	Principios hidráulicos	24
2.13	Relaciones hidráulicas	24
2.14.	Diseño de la red de alcantarillado	28
2.14.1.	Diseño de un tramo	28
2.15	Planteamiento del desfogue	37
2.16	Propuesta de tratamiento	37
2.17	Diseño de la fosa séptica	39
2.18	Pozos de absorción	43
2.19	Administración, operación y mantenimiento	43
2.20	Elaboración de planos	46
2.21	Presupuesto	47
2.22	Estudio de impacto ambiental	49
2.22.1.	Marco legal	49
2.22.2.	Impactos ambientales	49
2.22.3	Plan de gestión ambiental	50
2.22.4	Medidas de mitigación	51
2.23	Evaluación socio económica	52
2.23.1	Valor presente neto	52
2.23.2	Tasa interna de retorno	54

3. **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA EL PORVENIR, DEL MUNICIPIO DE SAN PABLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

3.1.	Descripción del proyecto	53
3.2.	Investigación preliminar	55
3.2.1.	Terreno disponible	55
3.2.2.	Análisis de suelos	56
3.2.2.1.	Ensayo triaxial, diagrama de Mohr	56

3.2.2.2.	Diseño arquitectónico	58
3.2.2.3.	Ubicación del edificio en el terreno	59
3.2.2.4.	Distribución de ambientes	59
3.2.2.5.	Altura del edificio	59
3.2.2.6.	Selección del sistema estructural a usar	59
3.3	Análisis estructural	60
3.3.1.	Pre-dimensionamiento estructural	60
3.3.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles	64
3.3.3.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles	65
3.3.3.1	Cargas verticales en marcos dúctiles	65
3.3.3.2	Cargas horizontales en marcos dúctiles	66
3.3.3.3.	Análisis de marcos dúctiles utilizando el Softwar ETABS	72
3.3.3.4.	Momentos últimos por envolvente de momentos	77
3.3.3.5.	Diagramas de momentos y corte	79
3.4.	Diseño estructural	84
3.4.1	Losas	84
3.4.2.	Vigas	92
3.4.3.	Columnas y zapatas	100
3.4.4.	Cimiento corrido para muro (tabique)	120
3.4.5.	Instalaciones Eléctricas	122
3.4.6.	Instalaciones Hidráulicas	122
3.4.7.	Elaboración de planos constructivos	123
3.4.8.	Elaboración de presupuesto	123
3.4.9.	Cronograma de ejecución e inversión	127

CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	131
BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS	135
APÉNDICE	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta típica, aulas	62
2.	Marco dúctil típico sentido X, escuela	63
3.	Marco dúctil típico sentido Y, escuela	63
4.	Modelo matemático, marco dúctil típico sentido X	64
5.	Modelo matemático, marco dúctil típico sentido Y	64
6.	Planta típica distribución de marcos	70
7.	Diagrama de momentos(k.-m)- carga muerta-marco Y	73
8.	Diagrama de momentos (kg.-m)- carga viva –marco Y	73
9.	Diagrama de momentos (kg.-m)- fuerza sísmica –marco Y	74
10.	Diagrama de momentos (kg.-m)- carga muerta –marco X	74
11.	Diagrama de momentos (kg.-m)- carga viva –marco X	75
12.	Diagrama de momentos (kg.-m)- fuerza sísmica –marco X	76
13.	Diagrama de momentos últimos (kg.-m) – marco dúctil X	79
14.	Diagrama de momentos últimos (kg.-m) – marco Y	82
15.	Diagrama de cortes últimos (kg.)-marco y	80
16.	Diagrama de cortes últimos (kg.)-marco X	83
17.	Planta típica de distribución de losas, edificio de aulas	85
18.	Planta de momentos actuantes en las losas típicas- entrepiso	89
19.	Momentos balanceados losa de techo planta	92
20.	Diagrama de momentos y cortes últimos en viga tipo 3	93
21.	Detalle de refuerzo longitudinal, viga tipo 3	95
22.	Diagrama de corte viga tipo 3	95
23.	Detalle de la colocación de los estribos columna tipo 1	108

24.	Detalle de chequeo por corte simple	117
25.	Valor de $K'x$, $K'y$ columna tipo 1	135
26.	Valor de $K'x$, $K'y$ columna tipo 2	135

TABLAS

I	Estructura de la población	7
II	Profundidad mínima de cota invert	23
III	Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro	23
IV	Elemento hidráulico de una sección transversal circular	26
V	Diseño de alcantarillado sanitario	33
VI	Métodos de limpieza de alcantarillado sanitario	44
VII	Presupuesto del alcantarillado sanitario	47
VIII	Cronograma de inversión	48
IX	Fuerzas por marco	71
X	Áreas de acero requerida en losas primer nivel	91
XI	Resumen de área de acero a utilizar en viga tipo 3	97
XII	Resumen de área a utilizar para la viga tipo 4	97
XIII	Resumen de área a utilizar para la viga tipo 1	98
XIV	Resumen de área a utilizar para la viga tipo 2	99

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grados centígrados
Msnm	Metros sobre nivel del mar
P.V.C.	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
Lts/hab/día	Litros por habitante por día
%	Por ciento
v	Velocidad del flujo dentro de la alcantarilla
V	Velocidad del flujo a sección llena
d	Altura del tirante de agua dentro de la alcantarilla
D	Diámetro de la tubería
V/v	Relación de velocidades
d/D	Relación de diámetros
q/Q	Relación de caudales
m/s	Metros por segundo
S	Pendiente
PV	Pozo de visita
M ²	Metro cuadrado
M ³	Metro cúbico
Km	Kilómetro
Cm	Centímetro
D.H	Distancia horizontal
PRECIO U.	Precio unitario
ml	Metro lineal

m ³ /s	Metro cúbico por segundo
lts/s	Litros por segundo
Q _{inf}	Caudal de infiltración
Q _{dom}	Caudal domiciliar
Q _{ci}	Caudal de conexiones ilícitas
Q _{Comercial}	Caudal comercial
Q _{Industrial}	Caudal industrial
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
lbs	Libras
lts/día/m ²	Litros por día por metro cuadrado
lts/min/m ²	Litros por minuto por metro cuadrado
lts/s/m ²	Litros por segundos por metro cuadrado
Plg	Pulgadas
Kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
A	Área
A _g	Área gruesa, área total de la sección
A _p	Área de punzonamiento
A _s	Área de acero de refuerzo
A _{S_{MAX}}	Área de acero máximo permitido
A _{S_{MIN}}	Área de acero mínimo permitido
A _{S_{TEMP}}	Área de acero por temperatura
A _v	Área de varilla
A _z	Área zapata
b	Ancho del elemento en sección
CG	Centro de gravedad

CM	Carga muerta
Cm	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
CU	Carga última
CV	Carga viva
D	Diámetro nominal de la varilla de acero a utilizar
Dx	Diámetro de la varilla colocada en el sentido X
Dy	Diámetro de la varilla colocada en el sentido Y
d	Peralte efectivo del elemento en sección, distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tensión
di	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado
E	Esbeltez de la columna
E_M	Módulo de elasticidad del material
E_S	Módulo de elasticidad del concreto
E_c	Módulo de elasticidad del acero
e	Excentricidad
ex	Excentricidad en el sentido X
ey	Excentricidad en el sentido Y
f_c	Resistencia a la compresión del concreto
F_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
F_{cu}	Factor de carga última

F_{ni}	Fuerza por nivel, en el nivel i
K_x	Coefficiente tomado del diagrama de iteración para el sentido X
L_o	Longitud de confinamiento de estribos
L_u	Longitud libre de pandeo de la columna
M	Momento
m	Relación entre los claros de la losa, A'/B'
$M_{(+)}$	Momento positivo
$M_{(-)}$	Momento negativo
M_{CM}	Momento inducido por la carga muerta
M_{CV}	Momento inducido por la carga viva
M_S	Momento inducido por la fuerza sísmica
M_B	Momento balanceado
M_C	Momento último en la columna
M_{SOP}	Momento soportado usando el A_s mínimo
M_x	Momento último actuando en el sentido X
M_y	Momento último actuando en el sentido Y
M_d	Momento de diseño (magnificado)
P	Carga aplicada a la columna
P_u	Carga última
P'	Carga de trabajo actuando en la columna
P_{COL}	Peso de la columna

SUELO	Peso del suelo sobre zapata
P_{CIM}	Peso del cimiento
P_{VIGAS}	Peso de vigas
P_{CR}	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
q	Presión sobre el suelo
q_{MAX}	Presión máxima sobre el suelo
q_{MIN}	Presión mínima sobre el suelo
$q_{PROMEDIO}$	Presión última promedio sobre el suelo
q_{S+C}	Presión última causada por el peso del suelo y el cimiento
q_u	Presión última sobre el suelo
R	Rigidez de un elemento
R_i	Rigidez total del marco rígido
R'	Resultante de la sumatoria de fuerzas
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
S_{MIN}	Espaciamiento mínimo del acero de refuerzo por cortante
S_x	Módulo de sección en el sentido X
S_y	Módulo de sección en el sentido Y
V_A	Fuerza cortante factorizada actuante en el elemento

V_c Fuerza cortante factorizada actuando en columnas

$V_{MÁX}$ Corte máximo actuante

GLOSARIO

- Aguas residuales** Son los desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua, procedente de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
- Anaeróbico** Condición en la cual no se encuentra presencia de oxígeno.
- Área** Espacio de tierra comprendido entre ciertos límites.
- Candela** Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce éstas mismas, al colector del sistema de drenaje.
- Caudal** Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, en un determinado punto de observación, en un instante dado.

Censo	Es toda la información sobre la cantidad de población, en un período de tiempo determinado, la cual brinda y facilita una descripción de los cambios que ocurren con el paso del tiempo.
Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizarán para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda, hasta la candela.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.
Cotas Invert	Son las alturas o cotas de la parte inferior de una tubería ya instalada.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Descarga	Lugar donde se descargan las aguas servidas o negras que provienen de un colector.
Desfogue	Salida del agua de desecho en un punto determinado.

Dotación	Es la cantidad de agua necesaria para consumo de una persona por día.
Especificaciones	Son normas generales y técnicas de construcción con disposiciones especiales o cualquier otro documento que se emita antes o durante la ejecución de un proyecto.
Acero mínimo	Cantidad límite inferior de acero que un elemento estructural debe contener para evitar grietas en él por fraguado del concreto.
Análisis estructural	Estudio de las deformaciones de los elementos estructurales resultantes de la aplicación de cargas
Centro de masa	Es el punto geométrico donde se concentra el peso de la estructura
Corte basal	Fuerza de corte aplicada a la base de una edificación producto del sismo.
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Estudio de Suelos	Ensayos técnicos realizados en laboratorios indicados para el caso, con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de un tipo de suelo.
Excentricidad	Distancia existente entre el centro de masa y el centro de rigidez.
Losa	Elemento estructural plano que soporta las cargas de un ambiente y las transmite hacia las vigas.

Momento	Esfuerzo al que se somete un elemento cuando se le aplica una fuerza “F” a una distancia “X” de su centro de masa.
Priorización	Selección de una de las necesidades por medio de estudios de necesidad e importancia de solución.
Rigidez	Resistencia de un elemento estructural a la deformación
SEAOC	<i>Structural Engineers Association of California,</i> (Asociación de Ingenieros Estructurales de California)
Valor Soporte del Suelo	Es la mayor fuerza por unidad de área que el suelo puede resistir.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de San Pablo, departamento de San Marcos; el cual tiene como objetivo fundamental, proporcionar soluciones técnicas a las necesidades reales de la población.

Este trabajo está dividido en dos fases, la primera fase es la investigación, contiene la monografía y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas Tocache y El porvenir; la segunda fase es el servicio técnico profesional, presenta el desarrollo del diseño de alcantarillado sanitario y edificación escolar de dos niveles, dichos proyectos fueron seleccionados, con base al diagnóstico practicado conjuntamente con autoridades municipales y beneficiarios de dichos proyectos.

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se partió del levantamiento topográfico. Con esta información de campo se procedió al cálculo del caudal de diseño y posteriormente al diseño hidráulico, comprobando las relaciones d/D , q/Q y v/V ; todos bajo las normas y parámetros que la rigen.

En el diseño de la edificación escolar de dos niveles; se inició con la distribución arquitectónica, estudios de suelo, para la estructura se utilizó el sistema de marcos dúctiles unidos con nudos rígidos, losa tradicional y muros tabiques de mampostería de block pómez.

OBJETIVOS

GENERALES

1. Diseñar la red de alcantarillado sanitario de la aldea Tocache municipio de San Pablo, departamento de San Marcos.
2. Diseñar la edificación escolar de la aldea El Porvenir, municipio de San Pablo, departamento de San Marcos.

ESPECÍFICOS

1. Desarrollar la investigación de tipo monográfica para establecer las características geográficas, sociales, de servicio público, de producción y demográficas.
2. Especificar el costo para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario y edificación escolar.
3. Capacitar a los integrantes del COCODE de la aldea Tocache, sobre aspectos relacionados con la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene el desarrollo de los proyectos: edificación escolar de dos niveles para la aldea El Porvenir y diseño de alcantarillado sanitario para la aldea Tocache, ambos del municipio San Pablo, departamento de San Marcos como un aporte del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El primer capítulo contiene la fase de investigación donde se detalla la monografía de las aldeas, así como un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura describiéndolas y realizando una priorización.

En la segunda parte, se presenta la fase de servicio técnico profesional, desarrollando tanto el diseño del alcantarillado sanitario, como el diseño estructural de la edificación escolar de dos niveles.

En la parte final, se adjuntan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía, anexos y apéndices, planos constructivos, como complemento a la fase de servicio técnico profesional.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN: MONOGRAFÍA DE LA ALDEA TOCACHE Y LA ALDEA EL PORVENIR

1.1. Características de los beneficiados

1.1.1. Características generales de las comunidades

1.1.1.1. Ubicación y localización

Aldea Tocache

Se encuentra a una distancia de 2 kilómetros de la cabecera municipal de San Pablo, 40 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y 289 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala, tiene una altura de 2,500 metros SNM en la parte más baja, 2,550 metros SNM. En la parte media y 2,800 metros SNM en la parte alta; latitud norte de 55° 55' y longitud oeste 95° 015'

Aldea El Porvenir

La aldea El Porvenir se encuentra a una distancia de 4 kilómetros de la cabecera municipal de San Pablo, a 40 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a 291 kilómetros de la ciudad capital Guatemala.

La aldea El Porvenir se ubica en la parte norte del Municipio de San Pablo, del Departamento de San Marcos. Se localiza entre la **Latitud Norte 14°. 57'55"** y **Longitud Oeste 31°46'45 "**.

1.1.1.2. Extensión territorial

Aldea Tocache posee una extensión territorial de 14 kilómetros cuadrados.

La aldea El Porvenir tiene aproximadamente una extensión territorial de 12 kilómetros cuadrados.

1.1.1.3. Clima

El clima del municipio es variable, de acuerdo a la estación del año, distinguiéndose de la siguiente forma:

- 1. Invierno o época lluviosa, de mayo a octubre, se tiene un clima templado.**
- 2. Verano, época seca, de noviembre hasta abril, se tiene un clima, calido.**

1.1.1.4 Vías de acceso

Aldea Tocache

La via de acceso a la aldea Tocache es a través de una carretera asfaltada desde el centro de san pablo, a la entrada de la aldea la cual presenta un estado regular.

En cuanto a las calles de la aldea, éstas son de terracería y/o empedrados, los cuales se encuentran en mal estado, sobre todo en época de lluvia.

Aldea El Porvenir

La principal vía de acceso a la comunidad es asfaltada, por ser la carretera que conduce a los municipios de la costa sur marquense.

Los caminos de acceso a los caseríos y cantones de El Porvenir son de terracería y/o empedrados, los cuales se encuentran en mal estado, sobre todo en época de lluvia.

1.1.1.5 Reseña histórica de las comunidades

Aldea Tocache y aldea El Porvenir

No se tienen datos exactos sobre el origen de estas aldeas pues se cree que se fueron formando con la llegada de habitantes de otros lugares aledaños, en busca de tierras para trabajar y vivir, muchos de los pobladores aseguran que tienen mas de 100 años de existencia.

1.1.1.6. Principales actividades económicas

Principales actividades de las comunidades

La actividad económica de la población está enfocada en la agricultura (granos básicos, verduras y frutas) entre otras.

1.1.1.7. Actividad agrícola en las comunidades

En las aldeas, la actividad agrícola es tradicional, siendo sus principales cultivos: café, maíz, frijol, frutas, verduras diversas, entre otros.

1.1.1.8 Salud y saneamiento

Es importante conocer la situación de la salud en las comunidades, sobre todo porque hay una incidencia de enfermedades endémicas como la diarrea y las infecciones respiratorias, la cual se refleja en los índices de morbilidad y mortalidad que registra el Centro de Salud de San Pablo.

1.1.1.8.1 Recursos de salud

En las comunidades funciona una unidad mínima de salud, que forma parte de los servicios públicos de salud del municipio, está bajo la coordinación del Centro de Salud ubicado en la cabecera municipal de San Pablo.

1.1.1.8.2 Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional fue de 3.2 % para el año 2006, según indicadores proporcionados por el Director del Centro de Salud del Municipio de San Pablo.

1.1.1.8.3 Tasa de natalidad

En las comunidades se tuvo un promedio de tasa de natalidad, para el año 2006, de 14.28 nacidos vivos por cada 1,000 habitantes.

1.1.1.9. Tasa de fecundidad

El promedio de la tasa de fecundidad, para el año 2006, fue de 55.29 por cada mil mujeres en edad fértil.

1.1.1.9.1. Tasa de mortalidad

La tasa de mortalidad, para el año 2006, fue de 3.77 por cada 1,000 habitantes.

1.1.1.9.2. Morbilidad

Las principales causas de morbilidad registradas durante el año 2006, son: resfriado, enfermedades de la piel neumonía, anemia, disentería, entre otras.

1.1.1.10. Aspecto socio- cultural

Aldea Tocache

- Celebración de Judas, es el recorrido que hacen con muñecos de trapo cada miércoles santo, para conmemorar la traición a Jesús.
- Bailes de moros y toritos.
- **Celebración de la Navidad con los tradicionales tamales de carne.**

Aldea El Porvenir

- **La cofradía, se realiza para celebrar al patrono de la comunidad.**
- **La quema del diablo**
- **Celebración de la Navidad con los tradicionales tamales de carne.**

1.1.1.10.1. Educación

Se han realizado numerosos esfuerzos, por las autoridades gubernamentales, en materia de construcción de escuelas, de la creación de

nuevas plazas para maestros y maestras, con la finalidad de lograr que el crecimiento efectivo de la cobertura escolar sea significativo. Sin embargo, debe señalarse que la ausencia de una política orientada a la conservación de la infraestructura educativa, ha conducido a la reducida inversión en el mantenimiento de los edificios escolares.

1.1.1.10.2 Idioma

La población de las aldeas pertenece a la etnia mam, por lo que antiguamente se hablaba el idioma mam. La práctica de este idioma ha disminuido, sin embargo, dentro del grupo de personas de mayor edad hablan el mam y el español. La población total de la aldea habla el español.

1.1.1.10.3 Participación comunitaria

La participación organizada de la comunidad es fundamental para impulsar procesos de desarrollo integral sostenible y sustentable. En Las comunidades existen grupos y comités organizados con fines específicos.

1.1.1.10.4. Organizaciones existentes en la comunidad

- Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES)
- **Comité pro-agua potable**
- **Comité pro-salud**
- **Comité pro-energía eléctrica**

1.1.1.10.5. Datos de población

Los datos de población de las aldeas fueron tomados de las cifras preliminares, consignadas en el cuadro de Características Generales de Población, según departamento, municipio y lugar poblado, del XI Censo de Población, VI de Habitación 2003, realizado por el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E). La distribución de la población total de la Aldea es la siguiente:

Tabla I. Estructura de la población

Nombre de la Aldea	No. de habitantes			
	Hombres	mujeres	Niños	Total
Tocache	360	345	287	992
El Porvenir	645	510	425	1,580

1.2 Investigación diagnóstica sobre las necesidades prioritarias en cuanto a servicios básicos e infraestructura en las aldeas Tocache y el Porvenir

1.2.1 Descripción de las necesidades

Las necesidades de mayor relevancia observadas en ambas aldeas se describen a continuación:

Aldea Tocache

- Mejoramiento y mantenimiento de vías de comunicación (mantenimiento de caminos vecinales; adoquinado de calles del centro de la Aldea).
- Alcantarillado sanitario
- Mejoramiento y ampliación de red de distribución de agua domiciliar.
- Implementación de Puesto de Salud.
- Nombramiento de maestros presupuestados para escuela

Aldea El Porvenir

- Construcción de salón comunal y local para auxiliatura.
- Construcción de edificio para escuela.
- Mejoramiento de calles de la comunidad
- Centro de salud.

1.2.2 Evaluación y priorización de las necesidades

La priorización de las necesidades se realizó conjuntamente con las autoridades locales de cada Aldea, siendo estas las siguientes:

Aldea Tocache.

- Alcantarillado sanitario
- Mejoramiento y ampliación de red de distribución de agua domiciliar.
- Implementación de Puesto de Salud.
- Nombramiento de maestros presupuestados para escuela
- Mejoramiento y mantenimiento de vías de comunicación (mantenimiento de caminos vecinales; adoquinado de calles del centro de la Aldea).

Aldea El Porvenir.

- Edificio escolar
- Construcción de salón comunal y local para auxiliatura.
- Ampliación de red de distribución de agua domiciliar
- Mejoramiento de calles de la comunidad
- Centro de salud

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA TOCACHE, MUNICIPIO DE SAN PABLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar el alcantarillado sanitario aplicando normas de diseño del INFOM, con un período de diseño de 26 años, tomando en cuenta una dotación de 110 l/hab/día, con un factor de retorno de 0.85. La cantidad actual de viviendas a servir es de 142, con una densidad poblacional de 7 habitantes por vivienda y una tasa de crecimiento de 3.20%.

El alcantarillado sanitario está integrado de la siguiente manera: posee una longitud total de 1,770 ml, 45 pozos de visita de diversas profundidades especificadas en los planos constructivos, 142 conexiones domiciliarias, la tubería a utilizar será de PVC Norma 30-34, los pozos de visita se construirán de ladrillo tayuyo y un tratamiento primario a base de fosa séptica.

2.2. Levantamiento Topográfico

2.2.1. Levantamiento planimétrico

El levantamiento planimétrico es el estudio de los procedimientos para la representación de una superficie terrestre en un plano horizontal, el cual es usado para localizar cambio de dirección e interconexión de tubería y ubicación de pozos de visita.

Para el levantamiento planimétrico se utilizó el método conservación de azimut, aplicado a una poligonal abierta. El equipo que se utilizó es el siguiente

- Un teodolito LEICA T-1
- Un estadal
- Un Trípode
- Una cinta de 50 metros
- Estacas

2.2.2. Levantamiento altimétrico

Es la medición de la altura de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que conjuntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. En el presente trabajo la medición altimétrica se realizó por medio del método taquimétrico. Los resultados de los trabajos de altimetría y planimetría se encuentran en los planos Planta-Perfil.

2.3. Propuesta del sistema

Existen tres sistemas de alcantarillado, la determinación dependerá de las condiciones que se presente, tanto físicas, de funcionamiento y económicas, los cuales son:

a) Alcantarillado sanitario

Este es utilizado en la mayoría de sistema de evacuación, el cual involucra aguas de origen comercial, domiciliar e industrial.

b) Alcantarillado pluvial

Este sistema es diseñado para transportar agua proveniente de la lluvia.

c) Alcantarillado combinado

Sistema que involucra tanto al alcantarillado sanitario y pluvial, debido a la gran cantidad de volumen que conducen, en la actualidad no es el adecuado, debido al factor antieconómico presente en la ejecución, asimismo para el tratamiento primario requiere una gran área de construcción.

Para la implementación en el diseño de evacuación para aguas servidas en los sectores de la aldea Tocache, se estableció por el factor económico el alcantarillado sanitario, considerando que la carretera principal es de terracería

2.4. Período de diseño

El período de diseño adoptado para el sistema es de 25 años, considerando un año adicional de gestión, para obtener el financiamiento para la construcción del mismo.

Los componentes que forman parte del sistema de alcantarillado sanitario poseen una vida útil considerable, debido a factores externos y una posible facilidad de ampliación del sistema en el futuro

Por lo que se tornará un período de diseño de 26 años.

2.5. Estimación de la población de diseño

2.5.1. Método de incremento geométrico

Para determinar la población al final de 26 años, el cual es el período de diseño, se utilizó el método de incremento geométrico, ya que es el más

utilizado debido a que su resultado es cercano con la realidad, para el presente proyecto la tasa de crecimiento es del 3.2 %, dato proporcionado por el Centro de Salud. La fórmula del incremento geométrico es la siguiente.

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

Donde:

Pf = Población futura

p_o = Población de encuesta sanitaria

r = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño en años

$$Pf = 994(1 + 0.032)^{26}$$

$$Pf = 2,255 \text{ Hab.}$$

2.6. Uso del agua

Definición aguas residuales.

Se ha dicho que las aguas que quedan como residuo de la actividad humana son de origen doméstico y de naturaleza industrial. Sin duda que el mayor volumen de aguas servidas corresponden a aquellas que son propias de la vida del ser humano como la limpieza, preparación de alimentos y necesidades fisiológicas. Se calcula que cada persona consume 110 litros diarios para satisfacer estas necesidades.

El empleo del agua potable en los hogares genera agua servida que contiene los residuos propios de la actividad humana. Parte de estos residuos son materia que consume o demanda oxígeno por oxidación de ésta, como la materia fecal, restos de alimentos, aceites y grasas; otra parte son detergentes, sales, sedimentos, material orgánico no biodegradable y también microorganismos patógenos. La materia orgánica biodegradable y algunas sales inorgánicas son nutrientes para los microorganismos. Estas aguas

servidas se denominan también aguas negras o municipales y, como es sabido, se vierten en los sistemas de alcantarillado

2.7. Cálculo de caudales

2.7.1. Población tributaria

La población tributaria se obtuvo con base al número de habitantes dividido el número de casas, dando el resultado en la forma siguiente

Habitantes por vivienda = número de habitantes / número de casas

Habitantes por vivienda = 994 / 142 casas

Habitantes por vivienda = 7 habitantes / casa

2.7.2. Velocidad de flujo

La velocidad de flujo es un factor determinante en el buen funcionamiento del sistema, la cual depende de la pendiente y el diámetro de la tubería. La velocidad de diseño se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas v / V , en donde v es la velocidad de diseño, V es la velocidad a sección llena. Las velocidades mínimas y máximas dependen del tipo de tubería a utilizar, las cuales son:

1. Tubería PVC, velocidad mínima = 0.40 m/s y velocidad máxima = 5.0 m/s
2. Tubería de concreto, velocidad mínima = 0.60 m/s y velocidad máxima = 3.0 m/s

Para el presente proyecto, la tubería a utilizar es PVC norma ASTM 3034, la razón por la cual existe velocidad mínima es para evitar sedimentación, en los cuales los sólidos obstruyen el sistema, así mismo la velocidad máxima es para evitar la abrasión en la tubería

2.7.3. Relación de diámetros y caudales

Para que el sistema funcione como canal abierto, en los cuales el flujo circula por la acción de la gravedad, la relación d/D no debe ser mayor a 0.75 ni menor de 0.10 del diámetro interno de la tubería, en donde d es el tirante de flujo y D es el diámetro. El caudal de diseño será menor que el caudal a sección llena.

Las anteriores especificaciones hidráulicas determinarán la pendiente apropiada de la tubería, que se deberán adaptar a la pendiente del terreno.

2.7.4. Dotación

Está relacionada con factores propios de la comunidad, dentro de los cuales están: clima, actividad productiva, nivel de vida, costumbres, calidad del agua. Se expresa en litros/habitante/día, que determina la cantidad de agua que utiliza un habitante durante el día. Para la aldea Tocache se determinó una dotación de 110 Lts/hab/día.

2.7.5. Factor de retorno

El factor de retorno se aplica bajo el criterio de que el agua utilizada por los habitantes de una vivienda, no retorna el 100 % al sistema, debido a que es utilizado para riego, lavado de ropa y patios, perdiéndose por infiltración y evaporación. Para el presente proyecto el factor de retorno es del 85 %.

2.7.6. Factor de Harmond

2.7.6.1. Descripción

El factor de Harmond es una probabilidad, que involucra a la población a servir en horas de mayor utilización del drenaje.

Fórmula

La fórmula de Harmond es adimensional y viene dada por.

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

Donde:

P = Población futura acumulada en miles

2.7.7. Caudal domiciliar

Es el caudal proveniente de las viviendas, luego de ser utilizado para limpieza, es desechada al sistema, esto se relaciona con la dotación estimada para dicha población, parte del agua de abastecimiento no será llevada al alcantarillado, teniendo un factor de retorno que varía entre 0.70 a 0.90. El caudal domiciliar está dado por la siguiente fórmula.

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

Donde:

Dot = 110 lts/hab/día

No. Hab = 2,223 habitantes

FR. = 0.85

$$Q_{dom} = \frac{110\text{ lts / hab / dia} * 2,223\text{ Habitantes} * 0.85}{86,400}$$

$$Q_{dom} = 2.40\text{ lts / s}$$

2.7.8. Caudal de conexiones ilícitas

Se puede aplicar diferentes métodos siendo estos: método racional, Reglamento de Drenaje ciudad de Guatemala y del INFOM.

En este caso se tomó como base el método dado por el INFOM, el cual especifica que se tomará el 10% del caudal domiciliar, sin embargo en áreas donde no hay drenaje pluvial se podrá utilizar un valor más alto. El valor utilizado para el diseño fue de 25%, quedando el caudal por conexiones ilícitas total integrado de la siguiente manera:

$$Q_{ilicitas} = 25\% * Q_{Dom} = 0.25 * 2.40 = 0.60\text{ lts/s}$$

2.7.9. Caudal de infiltración

Para este estudio no se tomará en cuenta, ya que en el diseño se utilizará tubería de PVC y este material es impermeable.

2.7.10. Caudal industrial

Es el agua proveniente del interior de todas las industrias existentes en el lugar, como procesadores de alimentos, fábrica de textiles, licoreras, etc. Puesto que la aldea carece de ellos, no se contempla caudal industrial alguno.

2.7.11 Caudal comercial

Conformado por las aguas negras resultantes de las actividades de los comercios, comedores, restaurantes, hoteles, Puesto que la Aldea carece de ellos, no se contempla caudal comercial alguno.

2.7.12 Factor de caudal medio

Este es un regulador a la sumatoria de caudales domésticos de conexiones ilícitas, de infiltración, comercial e industrial. Estas se encuentran dentro del siguiente rango permitido por la D.G.O.P.

$$0.002 \leq FQM \leq 0.005$$

Si el valor obtenido es menor al rango anterior se asignará 0.002, si es mayor se asignará 0.005. El factor está dado por la siguiente fórmula:

$$FQM = Q_m / \text{No. de habitantes futuros}$$

Donde:

$$Q_m = \text{Caudal sanitario}$$

$$Q_m = Q_{\text{dom.}} + Q_{\text{inf.}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{industrial}}$$

Para el presente proyecto no se tomaron en cuenta los caudales provenientes por infiltración, comerciales e industriales, debido a que la tubería es de PVC y por la carencia de negocio en el lugar respectivamente.

$$Q_m = 2.40 \text{ lts/s} + .60 \text{ lts/s} = 3.0 \text{ lts/s}$$

$$FQM = \frac{3.0 \text{ lts/s}}{2,255 \text{ habitantes}}$$

$$FQM = 0.00133$$

El factor de caudal medio está por debajo del rango establecido, por lo cual se adopta 0.002 para el presente proyecto.

2.7.13 Caudal de diseño

2.7.13.1 Descripción

El caudal de diseño se obtiene multiplicando el factor de Harmond, el número de habitantes a servir y el factor de caudal medio, involucrando caudales máximos de origen doméstico, caudal comercial, caudal industrial, caudal de infiltración y caudal de conexiones ilícitas. Para el proyecto presente se tomaron en cuenta los caudales máximos de origen doméstico y caudal de conexiones ilícitas.

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

Donde:

FH. = Factor de Harmond

No. Hab. = Número de habitantes futuros acumulados

FQM = Factor de caudal medio

2.7.14 Fórmula de Manning

2.7.14.1 Descripción

La fórmula es experimental y se deriva de la expresión algebraica de CHEZY, utilizada para flujos uniformes y permanentes, en la cual involucra factores de velocidad y caudal que ocurren en un canal.

La ecuación que más se utiliza es la de Manning, la cual es:

$$V = \frac{0.03429 \sqrt[3]{R^2} * \sqrt{S}}{N}$$

Donde:

V= Velocidad (m/s)

R= Radio hidráulico

S =Pendiente

$$R = \frac{\text{Area de sección circular}}{\text{Perímetro mojado}}$$

n= Coeficiente de rugosidad, depende del material que está construido el canal.

Para el presente proyecto se utilizó tubería PVC, con un coeficiente de rugosidad de 0.010.

2.8. Cálculo de cotas invert

2.8.1. Descripción

Se refiere a la utilización de colectores con un cierto porcentaje de pendiente, en el cual la cota en la parte mas baja donde transita el agua se llama cota invert y es medida del nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería, siguiendo la siguiente regla:

- La cota invert de salida de un pozo o caja de registro, será colocada la cota invert de salida por lo menos tres centímetros debajo de la tubería.

Ecuaciones para calcular cotas invert.

$$CTf = CTI - (Do * S\% \text{ terreno})$$

$$S\% = (Cti - CTf / Do) * 100 (\%)$$

$$Et = (\text{Diámetro} * 0.30) / 100 = (m) \text{ c —d}$$

$$CI = C_{ti} - H_{\text{mínima}} + Et + \text{Diámetro tubo}$$

$$CIE2 = CI - D_o * S\% \text{ tubo}$$

$$CIS2 = \text{Dependerá de las condiciones especificadas}$$

$$CIE3 = CIS2 - D_i * S\% \text{ tubo}$$

$$H_{\text{pozo}} = CT - CIS$$

Donde:

$$H_{\text{min}} = \text{Altura mínima que depende del tránsito que circula por la calle}$$

$$CI = \text{Cota invert inicial}$$

$$CT_i = \text{Cota del terreno inicial}$$

$$CT_f = \text{Cota del terreno final}$$

$$CIS = \text{Cota invert de la tubería de salida}$$

$$CIE = \text{Cota invert de la tubería de entrada}$$

$$D_o = \text{Distancia horizontal}$$

$$S\% = \text{Pendiente del terreno o tubería}$$

$$Et = \text{Espesor de la tubería}$$

$$H_{\text{pozo}} = \text{Altura del pozo}$$

2.9. Obras accesorias

2.9.1. Colectores

Son las tuberías que conducen las aguas residuales hacia un cuerpo receptor, estas son de origen doméstico, comercial, industrial, conexiones ilícitas y de infiltración, diseñado por normas que cumplan con las especificaciones técnicas descritas anteriormente. Las normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal y de la Dirección General de Obras Públicas, indican que el diámetro mínimo de tubería que debe utilizar en el diseño de alcantarillado sanitario es de 8 pulgadas, con tubos de cemento, debido a requerimientos de flujo, limpieza y así evitar obstrucciones. Para tuberías de PVC el diámetro mínimo es de 6 pulgadas.

2.9.2. Pozos de visita

Los pozos de visita se ubican en lugares estratégicos, como medida preventiva para limpieza y mantenimiento, cuando el sistema sea obstruido, éstos son de gran ayuda para el taponamiento. Son construidos de concreto, mampostería y PVC

Las partes y dimensiones que lo conforman son: el ingreso es circular, tiene un diámetro entre 0.60 a 0.75 metros, la tapadera es sobrepuesta en un brocal, construido ambos de concreto reforzado. El cono tiene altura de 1.20 metros, con un diámetro de 1.20 metros en la base, la altura del cilindro estará en función de la profundidad de la tubería. La base del pozo será de concreto, en la pared se colocará escalones empotrados, con acero número 6.

Se colocarán pozos de visita bajo los siguientes criterios:

- Al inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Cambio de pendiente
- Donde exista cambio de diámetro
- En distancia no mayor de 100 m para diámetro menor a 24 pulgadas
- En distancias no mayores a 300 metros en diámetro superior a 24 pulgadas

En el diseño se deben considerar los siguientes enunciados, referentes a las cotas invert de entrada y salida:

- a) La diferencia de alturas, entre la tubería de entrada y salida en el pozo de visita, será como mínimo de 0.03 metros.

- b) Cuando la diferencia de cotas invert entre la tubería sea mayor a 0.70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.
- c) Cuando al pozo de visita ingrese una tubería y salgan dos tuberías del mismo diámetro, una de inicio y otra de continuidad, la tubería de continuidad se colocará por lo menos un diámetro debajo de la tubería del ramal inicial y mayor o igual a 0.03 metros de la tubería de llegada.
- d) Cuando la tubería de salida de un pozo de visita sea del mismo diámetro a las que ingresan, se colocará la tubería de salida a 0.03 metros mínimo de la cota más baja que entre al pozo.

2.10. Conexiones domiciliarias

2.10.1. Tubería secundaria

Es la tubería que interconecta la caja o candela a la tubería principal, con el objetivo de evacuar las aguas provenientes de las viviendas, es de 6 pulgadas en tubos de concreto y 4 pulgadas para PVC, teniendo una pendiente mínima de 2%, para este proyecto se utilizó tubería de 4 pulgadas de PVC.

2.10.2. Caja o candela

Esta es colocada para inspección y limpieza, su función es recibir y depositar las aguas provenientes de las viviendas al colector principal, por medio de la tubería secundaria. Se construyen de mampostería y tubos de concreto en posición vertical, con un diámetro mayor de 12 pulgadas, con tapadera de concreto reforzado para la inspección, en este caso se utilizó tubo de concreto de 12 pulgadas y tapadera de concreto reforzado.

2.11. Normas y recomendaciones

En las siguientes tablas se establecen los valores de la profundidad de tubería y ancho de zanja, que dependen del diámetro y profundidad de la tubería.

Tabla II. Profundidad mínima de cota invert (m)

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
Trafico normal	1.2 2	1.28	1.38	1.41	1.50	1.58	1.66	1.84	1.99	2.14	2.25	2.55
Trafico pesado	1.4 2	1.48	1.58	1.51	1.70	1.78	1.86	2.04	2.19	2.34	2.45	2.75

Tabla III. Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro (m)

Prof. De zanja (m)	De 0.0 a 1.30	De 1.31a 1.85	De 1.86a 2.35	De 2.36a 2.85	De 2.86a 3.35	De 3.36a 3.85	De 3.86a 4.35	De 4.36a 4.85	De 4.86a 5.35	De 5.36a 5.85	De 5.86a 6.35
6"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10"		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12"		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15"		90	90	90	90	90	110	90	90	90	90
18"		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
21"		110	110	110	110	110	135	110	110	110	110
24"		135	135	135	135	135	155	135	135	135	135
30"		135	155	155	155	155	175	155	155	155	155
36"			175	175	175	175	180	175	175	175	175
42"				190	190	190	210	180	180	190	190
48"				210	210	210	245	210	210	210	210
60"				245	245	245	280	245	245	245	245

2.12. Principios hidráulicos

La conducción de agua de desecho es por medio de alcantarillados, en donde la superficie está en contacto con el aire, a los cuales se les llama canales, que está determinado por la pendiente y la superficie del material con que está construido.

Los canales pueden ser abiertos o cerrados, para alcantarillados sanitarios se utilizan cerrados circulares, donde la superficie está expuesta a la presión atmosférica y a gases que se originan en el canal.

2.13. Relaciones hidráulicas

Para determinar los cálculos para una sección parcialmente llena en tuberías y obtener resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial, de los resultados se elabora el gráfico y tablas utilizando para esto la fórmula de Manning, las cuales se presentan adelante.

Se determinan los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones establecidas anteriormente, seguido se obtiene la relación de caudales (q/Q), caudal de diseño entre caudal de sección llena, el resultado se busca en la gráfica en el eje de las abscisas, desde allí se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales, el valor de la relación (d/D), se obtiene en la intersección de la curva con la vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas, la profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando el valor por el diámetro de la tubería.

La relación (v/V) , velocidad parcial entre velocidad a sección llena, se ubica el punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales que se estableció anteriormente, se traza una horizontal hasta llegar a interceptar la gráfica de velocidades, en este nuevo punto se traza una vertical hacia el eje de las abscisas y se toma la lectura de la relación de velocidades, la cual se multiplica por la velocidad de sección llena y obtener la velocidad a sección parcial.

En las tablas se determina primero, la relación (q/Q) , si no está el valor exacto se busca uno que sea aproximado, en la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V) , de la misma forma se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a sección llena y obtener la velocidad a sección parcial.

Se consideran las siguientes especificaciones hidráulicas, que evitarán que la tubería trabaje a presión

- Q diseño < sección llena
- La velocidad debe estar comprendida entre:

$$0.4 < v < 5.0 \text{ (mls)}$$

$0.4 < V$ Para que existan fuerzas de tracción y arrastre de los sólidos, para PVC

$V \leq 5.0$ Para evitar deterioro de la tubería debido a la fricción producida por la velocidad y la superficie de la tubería de PVC.

- El tirante debe estar entre:

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

Tabla IV. Elemento hidráulico de una de sección transversal circular.

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.088	0.00015
0.0125	0.0237	0.103	0.00024
0.0150	0.0031	0.116	0.00036
0.0175	0.0039	0.129	0.00050
0.0200	0.0048	0.141	0.00067
0.0225	0.0057	0.152	0.00087
0.0250	0.0067	0.163	0.00108
0.0275	0.0077	0.174	0.00134
0.0300	0.0087	0.184	0.00161
0.0325	0.0099	0.194	0.00191
0.0350	0.0110	0.203	0.00223
0.0375	0.0122	0.212	0.00258
0.0400	0.0134	0.221	0.00223
0.0425	0.0147	0.230	0.00338
0.0450	0.0160	0.239	0.00382
0.0475	0.0173	0.248	0.00430
0.0500	0.0187	0.256	0.00479
0.0525	0.0201	0.264	0.00531
0.0550	0.0215	0.273	0.00588
0.0575	0.0230	0.271	0.00646
0.0600	0.0245	0.289	0.00708
0.0625	0.0260	0.297	0.00773
0.0650	0.0276	0.305	0.00841
0.0675	0.0292	0.312	0.00910
0.0700	0.3080	0.320	0.00985
0.0725	0.0323	0.327	0.01057
0.0750	0.0341	0.334	0.01138
0.0775	0.0358	0.341	0.01219
0.0800	0.0375	0.348	0.01304
0.0825	0.0392	0.355	0.01392
0.0850	0.0410	0.361	0.01479
0.0875	0.0428	0.368	0.01574

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.5396	0.408	0.02202
0.1050	0.05584	0.414	0.02312
0.1075	0.05783	0.42	0.02429
0.1100	0.05986	0.426	0.02550
0.1125	0.06186	0.432	0.02672
0.1150	0.06388	0.439	0.02804
0.1175	0.06591	0.444	0.02926
0.1200	0.06797	0.450	0.03059
0.1225	0.07005	0.456	0.03194
0.1250	0.07214	0.463	0.03340
0.1275	0.07426	0.468	0.03475
0.1300	0.0764	0.473	0.03614
0.1325	0.07855	0.479	0.036763
0.1350	0.08071	0.484	0.03906
0.1375	0.08509	0.495	0.40620
0.1400	0.08509	0.495	0.00430
0.1425	0.08732	0.501	0.04375
0.1450	0.09129	0.507	0.04570
0.1475	0.09129	0.511	0.04665
0.1500	0.09406	0.517	0.04863
0.1525	0.09638	0.522	0.05031
0.1550	0.09864	0.528	0.05208
0.1575	0.10095	0.533	0.05381
0.1600	0.10328	0.538	0.05556
0.1650	0.3080	0.548	0.05916
0.1700	0.10796	0.327	0.01057
0.1750	0.117954	0.568	0.06677
0.1800	0.12241	0.577	0.07063
0.1850	0.12733	0.587	0.07474
0.1900	0.13229	0.696	0.07885
0.1950	0.13725	0.601	0.08304
0.2000	0.14238	0.615	0.08756

Continuación

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.01631	0.651	0.10619
0.2250	0.1684	0.659	0.11098
0.2300	0.1436	0.669	0.11611
0.2350	0.1791	0.676	0.12109
0.2400	0.1846	0.684	0.12623
0.2450	0.1900	0.692	0.13148
0.2500	0.1955	0.702	0.13726
0.2600	0.2066	0.716	0.14793
0.2700	0.2178	0.730	0.15902
0.3000	0.2523	0.776	0.19580
0.3100	0.2640	0.790	0.20858
0.3200	0.2459	0.804	0.22180
0.3300	0.2879	0.817	0.23516
0.3400	0.2998	0.830	0.24882
0.3500	0.3123	0.843	0.26327
0.3600	0.3241	0.856	0.27744
0.3700	0.3364	0.868	0.29197
0.3800	0.3483	0.879	0.30649
0.3900	0.3611	0.891	0.32172
0.4000	0.3435	0.902	0.33693
0.4100	0.3860	0.913	0.35246
0.4200	0.3986	0.921	0.36709
0.4400	0.4238	0.943	0.39963
0.4500	0.4365	0.955	0.41681
0.4600	0.4991	0.964	0.43296
0.4800	0.4745	0.983	0.46647
0.4900	0.4874	0.991	0.48303
0.5000	0.5000	1.000	0.50000
0.5100	0.5126	1.009	0.51719
0.5200	0.5255	1.016	0.53870
0.5300	0.5382	1.023	0.55060
0.5400	0.5509	1.029	0.56685

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.5900	0.6140	1.07	0.65488
0.6000	0.6265	1.07	0.64157
0.6100	0.6389	1.08	0.68876
0.6200	0.6513	1.08	0.70537
0.6300	0.6636	1.09	0.72269
0.6400	0.6759	1.09	0.73947
0.6500	0.6877	1.10	0.75510
0.6600	0.7005	1.10	0.44339
0.6700	0.7122	1.11	0.78913
0.7000	0.7477	1.12	0.85376
0.7100	0.7596	1.12	0.86791
0.7200	0.7708	1.13	0.88384
0.7300	0.7822	1.13	0.89734
0.7400	0.7934	1.13	0.91230
0.7500	0.8045	1.13	0.92634
0.7600	0.8154	1.14	0.93942
0.7700	0.5262	1.14	0.95321
0.7800	0.8369	1.39	0.97015
0.7900	0.8510	1.14	0.98906
0.8000	0.8676	1.14	1.00045
0.8100	0.8778	1.14	1.00045
0.8200	0.8776	1.14	1.00965
0.8400	0.8967	1.14	1.03100
0.8500	0.9059	1.14	1.04740
0.8600	0.9149	1.14	1.04740
0.8800	0.9320	1.13	1.06030
0.8900	0.9401	1.13	1.06550
0.9000	0.948	1.12	1.07010
0.9100	0.9554	1.12	1.07420
0.9200	0.9625	1.12	1.07490
0.9300	0.9692	1.11	1.07410

2.14. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Datos para diseño:

Tipo de sistema:	Alcantarillado sanitario
Período de diseño:	26 años
Viviendas actuales	142 casas
Densidad de vivienda	7 habitantes/vivienda
Población actual	994 habitantes
Tasa de crecimiento poblacional	3.2% anual
Población de diseño	2,255 habitantes
Forma de evacuación	Gravedad
Tipo y diámetro de tubería	Tubería PVC 6" Y 8", ASTM 3034
Conexión domiciliar	Tubería PVC 4" ASTM 3034
Pozos de visita	Ladrillo tayuyo
Dotación	110 Litros/habitante/día
Factor de retorno	0.85
Velocidad mínima	0.40 m/s para tubería PVC
Velocidad máxima	5.00 m/s para tubería PVC

2.14.1. Ejemplo de diseño de un tramo

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV 1 y PV 2

- **Características**

Tipo de sistema : Alcantarillado sanitario

Tramo: De PV 1 a PV 2

Distancia: 62.86 m

Número de casas del tramo: 5 Casas acumuladas: 35

Densidad de vivienda: 7 hab/vivienda

Total de habitantes a servir: actuales: 35 Futuros: 79

- **Cotas del terreno**

Inicial 1000.0 m
Final 997.4 m
- **Pendiente del terreno**

$$P = \frac{(CT_{Inicial} - CT_{Final})}{Distancia} * 100$$

$$P = \frac{(1000.0 - 997.4)}{62.86} * 100 = 4.1\%$$
- **Pendiente del terreno**

$$P = \frac{(CT_{Inicial} - CT_{Final})}{Distancia} * 100$$

$$P = \frac{(1000.0 - 997.4)}{62.86} * 100 = 4.1\%$$
- **Población a futuro (Pf):**

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

$$Pf = 35(1 + 0.032)^{26} = 79 \text{ hab}$$
- **Caudal medio**

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

$$Q_{dom} = No.Hab. * Dotación * F.R / 86400$$

$$Q_{dom} = 35 * 110 * 0.85 / 86400 = 0.037 \text{ l/s} \rightarrow \text{actual}$$

$$Q_{dom} = 79 * 110 * 0.85 / 86400 = 0.085 \text{ l/s} \rightarrow \text{futuro}$$

$$Q_{C.I} = 25\% Q_{dom} = 0.25 * 0.037 = 0.0095 \text{ l/s} \rightarrow \text{actual}$$

$$Q_{C.I} = 25\% Q_{dom} = 0.25 * 0.085 = 0.021 \text{ l/s} \rightarrow \text{futuro}$$

$$Q_{med} = 0.037 + 0.0095 = 0.0465 \text{ l/s} \rightarrow \text{actual}$$

$$Q_{med} = 0.085 + 0.021 = 0.106 \text{ l/s} \rightarrow \text{futuro}$$
- **Factor de caudal medio**

$$FQM = Q_{med} / No.Hab.$$

$$FQM = 0.0465 / 35 = 0.00132 \rightarrow \text{actual}$$

$$FQM = 0.106/79 = 0.00134 \rightarrow \text{actual}$$

Para este proyecto se tomó el valor de 0.002, como factor de caudal medio.

- **Factor de Harmond**

$$FH = (18 + P^{1/2}) / (4 + P^{1/2}) \text{ y } P = 35/1000$$

$$FH = (18 + 0.035^{1/2}) / (4 + .035^{1/2})$$

$$FH = 4.34 \rightarrow \text{actual}$$

$$FH = 4.27 \rightarrow \text{futuro}$$

- **Caudal de diseño**

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

$$Q_{dis} = 35 * 0.002 * 4.34$$

$$Q_{dis} = .303l / s \rightarrow \text{actual}$$

$$Q_{dis} = .649l / s \rightarrow \text{futuro}$$

- **Diámetro de tubería**

6" (Tuvo PVC)

- **Pendiente de tubería**

4.1%

- **Velocidad a sección llena**

$$V = \frac{.03429D^{2/3}(S/100)^{1/2}}{N}$$

$$V = \frac{.03429(6)^{2/3}(4.1/100)^{1/2}}{.010}$$

$$V = 2.29m / s$$

- **Caudal a sección llena**

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

$$A = 5.067 * 10^{-4} (D^2) = 0.0182mt^2$$

$$Q_{sec\ llena} = 0.0182 * 2.29 = 0.0416mt^3 / seg = 41.6 l/s$$

- **Relación de caudales**

$$Q_{dis} / Q_{sec\ llena} = .303 / 41.6 = 0.0072 \rightarrow \text{actual}$$

$$Q_{dis} / Q_{sec\ llena} = .649 / 41.6 = 0.015 \rightarrow \text{futuro}$$

- **Relación de velocidad** $v/V = 0.298 \rightarrow$ actual
 $v/V = 0.377 \rightarrow$ futuro
- **Relación de tirante** $d/D = 0.060$ Por ser tramo inicial no cumple
 $d/D = 0.088$ Por ser tramo inicial no cumple

- **Velocidad a sección parcial** $v = V * v/V$
 $v = 2.29 * 0.298 = .67 \text{ m/s} \rightarrow$ actual
 $v = 2.29 * 0.377 = .85 \text{ m/s} \rightarrow$ futuro

- **Chequeos:**

- Para caudales $q_{dis} < Q_{sec \text{ llena}}$ $.303 \text{ l/s} < 40.67 \text{ l/s}$ Cumple
- Para velocidad $0.4 \leq v \leq 5.00 \text{ m/s}$ $0.4 \leq .68 \leq 5.00 \text{ m/s}$ Cumple
- Para diámetros $0.1 \leq d/D \leq 0.75$ $0.1 \leq 0.060 \leq 0.75$ No cumple

Por ser tramo inicial, se acepta esta condición.

- **Cota invert de salida del pozo 1 (C_{is})**

$$C_{is} = \text{cota del terreno} - H_{\text{pozo minima}}$$

$$C_{is} = 1000 - 1.4 = 998.6$$

- **Cota invert de entrada al pozo 2 (C_{ie})**

$$C_{ie} = \text{cota invert de salida del pozo 1 (} C_{is} \text{)} - (\text{Stubo}^* \text{ distancia efectiva)}$$

$$C_{ie} = 998.6 - (0.041 * 62.86) = 996.02$$

- **Profundidad del pozo 1**

Alt. Pv1 = cota del terreno – cota invert de salida
del pozo 1

$$\text{Alt. Pv1} = 1000 - 998.6 = 1.4\text{mt}$$

- **Profundidad del pozo 2**

Alt. Pv2 = cota del terreno – cota invert de entrada
del pozo 2

$$\text{Alt. Pv2} = 997.4 - 996.02 = 1.38\text{mt}$$

Los datos y resultados del cálculo hidráulico para todos los ramales, realizado con el procedimiento anteriormente descrito, se presentan en la tabla VI del diseño hidráulico.

PROYECTO: Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario
 LOCALIZACIÓN: Aldea Tocache, San Pablo, San Marcos
 CÁLCULO Y DISEÑO: ROBERT GUDIEL FUENTES GOMEZ

período de diseño: 26 años
 longitud del sistema: 2769.25 mt.

Tabla V. Diseño de alcantarillado sanitario

RAMAL I FOSA I		CALCULO DE RELACIONES HIDRAULICAS															
DE	A	COTA DE TERRENO		D.H.	%	HAB. A SERVIR			FACTOR DE HARMONO		FOM	Q. DOMESTICO		QCI.	Q SANITARIO	Q DE DISEÑO	
PV	PV	INICIO	FINAL	(mts)	TERRENO	NO. DE CASAS	ACUMULADA	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	FUTURO	ACTUAL	FUTURO			ACTUAL	FUTURO
1	2	1000	997.448	62.86	4.06	5	35	79	4.34	4.27	0.002	0.04	0.09	0.06	0.14	0.30	0.68
2	3	997.45	994.1	111.64	3.00	3	56	127	4.30	4.21	0.002	0.06	0.14	0.09	0.23	0.48	1.07
3	4	994.1	987.36	47.93	14.06	3	77	175	4.27	4.17	0.002	0.08	0.19	0.12	0.31	0.66	1.46
4	5	987.36	983.31	25.21	16.07	5	112	254	4.23	4.11	0.002	0.12	0.27	0.18	0.45	0.95	2.09
5	6	983.31	977.55	39.03	14.76	3	133	302	4.21	4.08	0.002	0.14	0.33	0.21	0.54	1.12	2.46
6	7	977.55	973.04	139.18	3.24	4	161	365	4.18	4.04	0.002	0.17	0.40	0.25	0.65	1.35	2.95
7	8	973.04	967.62	51.36	10.55	4	189	429	4.16	4.01	0.002	0.20	0.46	0.30	0.76	1.57	3.44
8	9	967.62	964.39	109.24	2.96	3	210	476	4.14	3.98	0.002	0.23	0.52	0.33	0.85	1.74	3.80
9	10	964.39	960.84	85.81	4.14	4	238	540	4.12	3.96	0.002	0.26	0.58	0.37	0.96	1.96	4.27
10	11	960.84	954.44	51.13	12.52	3	259	587	4.10	3.94	0.002	0.28	0.64	0.41	1.04	2.13	4.63
11	12	954.44	951.77	93.03	2.87	3	280	635	4.09	3.92	0.002	0.30	0.69	0.44	1.13	2.29	4.98
12	13	951.77	945.46	75.4	8.37	2	294	667	4.08	3.91	0.002	0.32	0.72	0.46	1.18	2.40	5.21
13	14	945.46	938.84	71.3	9.28	1	301	683	4.08	3.90	0.002	0.33	0.74	0.47	1.21	2.45	5.33
14	15	938.84	937.26	25.84	6.11	3	322	730	4.07	3.88	0.002	0.35	0.79	0.51	1.30	2.62	5.67
15	16	937.26	934.3	37.7	7.85	4	350	794	4.05	3.86	0.002	0.38	0.86	0.55	1.41	2.83	6.13
16	17	934.3	927.52	89.12	7.61	3	371	841	4.04	3.85	0.002	0.40	0.91	0.58	1.49	3.00	6.47
17	18	927.52	918.02	59.35	16.01	3	392	889	4.03	3.83	0.002	0.42	0.96	0.62	1.58	3.16	6.81
18	19	918.02	909.037	121.36	7.40	2	406	921	4.02	3.82	0.002	0.44	1.00	0.64	1.64	3.26	7.04
19	20	909.04	903.132	50.19	11.77	4	434	984	4.01	3.80	0.002	0.47	1.07	0.68	1.75	3.48	7.49
20	21	903.13	899.31	115	3.32	2	448	1016	4.00	3.80	0.002	0.48	1.10	0.71	1.81	3.58	7.71
21	22	899.31	893.78	48.25	11.46	4	476	1080	3.99	3.78	0.002	0.52	1.17	0.75	1.92	3.79	8.16
22	23	893.78	888.95	84.74	5.70	4	504	1143	3.97	3.76	0.002	0.55	1.24	0.79	2.03	4.00	8.60
23	24	888.95	887.34	108.58	1.48	4	532	1207	3.96	3.75	0.002	0.58	1.31	0.84	2.14	4.21	9.04
24	25	887.34	882.55	71.61	6.69	4	560	1270	3.95	3.73	0.002	0.61	1.37	0.88	2.26	4.42	9.48
25	26	882.55	879.52	39.7	7.63	4	588	1334	3.94	3.72	0.002	0.64	1.44	0.93	2.37	4.63	9.91
26	27	879.52	877.76	37.89	4.65	4	616	1397	3.93	3.70	0.002	0.67	1.51	0.97	2.48	4.84	10.34
27	28	877.76	873.55	51.28	8.21	2	630	1429	3.92	3.69	0.002	0.68	1.55	0.99	2.54	4.94	10.56
28	29	873.55	870.35	89.27	3.58	3	651	1477	3.91	3.68	0.002	0.70	1.60	1.03	2.62	5.09	10.88
29	30	870.35	866.95	48.7	6.98	2	665	1508	3.91	3.68	0.002	0.72	1.63	1.05	2.68	5.20	11.09
30	31	866.95	858.94	64.9	12.34	1	672	1524	3.90	3.67	0.002	0.73	1.65	1.06	2.71	5.25	11.20
31	32	858.94	853.82	108.3	4.73	2	686	1556	3.90	3.67	0.002	0.74	1.68	1.08	2.76	5.35	11.41
32	33	853.82	845.92	91.23	8.66	3	707	1604	3.89	3.66	0.002	0.77	1.74	1.11	2.85	5.50	11.73

PROYECTO: Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario
 LOCALIZACIÓN: Aldea Tocache, San Pablo, San Marcos
 CÁLCULO Y DISEÑO: ROBERT GUDIEL FUENTES GOMEZ

período de diseño: 26 años
 longitud del sistema: 2769.25 mt.

DE	A	COTA DE TERRENO		D.H. (mts)	DIAMETRO		S% TUBO	SECCIÓN LLENA		V. DE DISEÑO		RELACION DE VELOCIDADES		RELACIONES q/D		RELACIO d/D		COTAS INVERT		ALTURA DE POZO	
		INICIO	FINAL		PLG.	TUBO		V(m/s)	D(l/s)	ACTUAL	FUTURO	v/V ACTUAL	v/V FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
1	2	1000	997.448	62.86	6	4	2.26	41.31	0.67	0.85	0.298	0.377	0.007	0.016	0.060	0.088	998.6	996.09	1.4	1.36	
2	3	997.45	994.1	11.64	6	3	1.96	35.77	0.70	0.88	0.356	0.449	0.013	0.030	0.080	0.118	996.06	992.71	1.39	1.39	
3	4	994.1	987.36	47.93	6	14	4.24	77.28	1.32	1.66	0.311	0.392	0.009	0.019	0.064	0.094	992.68	985.97	1.42	1.39	
4	5	987.36	983.31	25.21	6	16	4.53	82.61	1.54	1.94	0.339	0.427	0.011	0.025	0.074	0.109	985.94	981.90	1.42	1.41	
5	6	983.31	977.55	39.03	6	14	4.24	77.28	1.54	1.94	0.363	0.457	0.014	0.032	0.083	0.122	981.87	976.41	1.44	1.14	
6	7	977.55	973.04	139.18	6	3.5	2.12	38.64	0.99	1.25	0.470	0.591	0.035	0.076	0.127	0.187	976.38	971.51	1.17	1.53	
7	8	973.04	967.62	51.36	6	10	3.58	65.31	1.51	1.90	0.421	0.530	0.024	0.053	0.106	0.156	971.48	966.34	1.56	1.28	
8	9	967.62	964.39	109.24	6	3	1.96	35.77	1.02	1.28	0.518	0.651	0.049	0.106	0.150	0.220	966.31	963.03	1.31	1.36	
9	10	964.39	960.84	85.81	6	4	2.26	41.31	1.16	1.46	0.514	0.646	0.047	0.103	0.148	0.217	963.00	959.57	1.39	1.27	
10	11	960.84	954.44	51.13	6	12.5	4.00	73.02	1.78	2.24	0.446	0.559	0.029	0.063	0.117	0.171	959.54	953.15	1.30	1.29	
11	12	954.44	951.77	93.03	6	3	1.96	35.77	1.10	1.38	0.561	0.704	0.064	0.139	0.172	0.251	953.12	950.33	1.32	1.44	
12	13	951.77	945.46	75.4	6	8.5	3.30	60.22	1.61	2.02	0.488	0.613	0.040	0.087	0.136	0.199	950.30	943.89	1.47	1.57	
13	14	945.46	938.84	71.3	8	10	4.34	140.66	1.66	2.09	0.384	0.481	0.017	0.038	0.091	0.133	943.86	936.73	1.60	2.11	
14	15	938.84	937.26	25.84	8	5	3.07	99.46	1.33	1.66	0.433	0.543	0.026	0.057	0.111	0.162	936.70	935.41	2.14	1.85	
15	16	937.26	934.3	37.7	8	8	3.88	125.81	1.60	2.01	0.413	0.518	0.023	0.049	0.103	0.150	935.38	932.36	1.88	1.94	
16	17	934.3	927.52	89.12	8	7	3.63	117.68	1.55	1.95	0.428	0.537	0.025	0.055	0.109	0.159	932.33	926.09	1.97	1.43	
17	18	927.52	918.02	59.35	8	16	5.49	177.92	2.11	2.65	0.385	0.483	0.018	0.038	0.092	0.133	926.06	916.57	1.46	1.45	
18	19	918.02	909.037	121.36	8	7.5	3.76	121.81	1.63	2.05	0.435	0.545	0.027	0.058	0.112	0.163	916.54	907.44	1.48	1.60	
19	20	909.04	903.132	50.19	8	12	4.75	154.08	1.96	2.46	0.414	0.518	0.023	0.049	0.103	0.150	907.41	901.38	1.63	1.75	
20	21	903.13	899.31	115	8	3	2.38	77.04	1.21	1.52	0.511	0.640	0.047	0.100	0.147	0.213	901.35	897.90	1.78	1.41	
21	22	899.31	893.78	48.25	8	12	4.75	154.08	2.02	2.52	0.424	0.531	0.025	0.053	0.108	0.156	897.87	892.08	1.44	1.70	
22	23	893.78	888.95	84.74	8	5.5	3.22	104.32	1.55	1.94	0.483	0.604	0.038	0.082	0.134	0.194	892.05	887.39	1.73	1.56	
23	24	888.95	887.34	108.58	8	1.5	1.68	54.48	1.00	1.25	0.593	0.742	0.077	0.166	0.188	0.273	887.36	885.73	1.59	1.61	
24	25	887.34	882.55	71.61	8	7	3.63	117.68	1.74	2.18	0.480	0.600	0.038	0.081	0.132	0.192	885.70	880.69	1.64	1.86	
25	26	882.55	879.52	39.7	8	7.5	3.76	121.81	1.81	2.26	0.482	0.602	0.038	0.081	0.133	0.193	880.66	877.68	1.89	1.84	
26	27	879.52	877.76	37.89	8	4.5	2.91	94.36	1.53	1.91	0.526	0.657	0.051	0.110	0.154	0.223	877.65	875.95	1.87	1.81	
27	28	877.76	873.55	51.28	8	8	3.88	125.81	1.89	2.36	0.486	0.607	0.039	0.084	0.135	0.196	875.92	871.82	1.84	1.73	
28	29	873.55	870.35	89.27	8	3.5	2.57	83.21	1.42	1.77	0.554	0.692	0.061	0.131	0.168	0.243	871.79	868.66	1.76	1.69	
29	30	870.35	866.95	48.7	8	6.5	3.50	113.40	1.78	2.22	0.509	0.635	0.046	0.098	0.146	0.211	868.63	865.47	1.72	1.48	
30	31	866.95	858.94	64.9	8	12.5	4.85	157.26	2.25	2.81	0.464	0.579	0.033	0.071	0.125	0.181	865.44	857.32	1.51	1.62	
31	32	858.94	853.82	108.3	8	4.5	2.91	94.36	1.58	1.97	0.542	0.676	0.057	0.121	0.162	0.234	857.29	852.42	1.65	1.40	
32	33	853.82	845.82	91.23	8	9	4.11	133.44	2.03	2.53	0.493	0.616	0.041	0.088	0.138	0.200	852.39	844.18	1.43	1.74	

PROYECTO: Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario
 LOCALIZACIÓN: Aldea Tocache, San Pablo, San Marcos
 CALCULÓ Y DISEÑÓ: ROBERT GUDIEL FUENTES GOMEZ

periodo de diseño: 26 años
 longitud del sistema: 2769.25 mt.

RAMAL I FOSA I			CALCULO DE RELACIONES HIDRAULICAS														
DE	A	COTA DE TERRENO		D.H.	S%	HAB. A SERVIR			FACTOR DE HARMOND		FQM	Q. DOMESTICO		QCI.	Q SANITARIO	Q DE DISEÑO	
PV	PV	INICIO	FINAL	(mts)	TERRENO	NO. DE CASAS	ACUMULADA	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	FUTURO	ACTUAL	FUTURO			ACTUAL	FUTURO
34	35	856.12	853.066	32.26	9.47	3	21	48	4.38	4.32	0.002	0.02	0.05	0.03	0.08	0.18	0.41
35	36	853.066	847.27	30.3	19.13	2	35	79	4.34	4.27	0.002	0.04	0.09	0.06	0.14	0.30	0.68
36	33	847.27	845.92	31.98	4.22	1	42	95	4.33	4.25	0.002	0.05	0.10	0.07	0.17	0.36	0.81
EJE CENTRAL											0.002		0.00				
33	37	845.92	844.98	31.95	2.94	5	784	1778	3.87	3.62	0.002	0.85	1.92	1.23	3.16	6.06	12.89
37	38	844.98	844.89	37.94	0.24	3	805	1826	3.86	3.62	0.002	0.87	1.98	1.27	3.24	6.21	13.21
38	39	844.89	845.84	46.84	-2.03	4	833	1889	3.85	3.60	0.002	0.90	2.04	1.31	3.36	6.41	13.62
RAMAL 2 SE UNE EJE CENTRAL											0.002		0.00				
40	39	846.89	845.84	24.22	4.34	4	28	64	4.36	4.29	0.002	0.03	0.07	0.04	0.11	0.24	0.55
EJE CENTRAL											0.002		0.00				
39	41	845.84	839.54	47.04	13.39	4	889	2016	3.83	3.58	0.002	0.96	2.18	1.40	3.58	6.81	14.45
41	42	839.54	837.17	27.86	8.51	4	917	2080	3.82	3.57	0.002	0.99	2.25	1.44	3.70	7.01	14.86
42	43	837.17	836.32	30	2.83	5	952	2159	3.81	3.56	0.002	1.03	2.34	1.50	3.84	7.26	15.37
43	44	836.32	835	12.89	10.24	3	973	2207	3.81	3.55	0.002	1.05	2.39	1.53	3.92	7.41	15.68
44	45	835	832.16	66.85	4.25	2	987	2239	3.80	3.55	0.002	1.07	2.42	1.55	3.98	7.51	15.88
45	DESFO	832.16	830.37	42.99	4.16	1	994	2255	3.80	3.54	0.002	1.08	2.44	1.57	4.01	7.56	15.98

PROYECTO: Diseñó hidráulico de alcantarillado sanitario
 LOCALIZACIÓN: Aldea Tocache, San Pablo, San Marcos
 CALCULÓ Y DISEÑÓ: ROBERT GUDIEL FUENTES GOMEZ

periodo de diseño: 26 años
 longitud del sistema: 2769.25 mt

DE	A	COTA DE TERRENO		D.H. (mts)	S% TERRENO	DIAMETRO		SECCION LLENA		V. DE DISEÑO		RELACION DE VELOCIDADES		RELACIONES q/D		RELACIO d/D		COTAS INVERT		ALTURA DE POZO	
		INICIO	FINAL			PLG.	TUBO	V(m/s)	Q(l/s)	ACTUAL	FUTURO	v/V ACTUAL	v/V FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
34	35	856.12	853.066	32.26	9.47	6	9.5	3.49	63.66	0.79	1.00	0.227	0.287	0.003	0.006	0.038	0.056	854.72	851.66	1.40	1.41
35	36	853.066	847.27	30.3	19.13	6	20	5.06	92.37	1.19	1.51	0.235	0.298	0.003	0.007	0.040	0.060	851.63	845.57	1.44	1.70
36	33	847.27	845.92	31.98	4.22	6	4	2.26	41.31	0.71	0.90	0.314	0.397	0.009	0.020	0.065	0.096	845.54	844.26	1.73	1.66
EJE CENTRAL																					
33	37	845.92	844.98	31.95	2.94	8	3	2.38	77.04	1.42	1.77	0.596	0.743	0.079	0.167	0.190	0.274	844.18	843.22	1.74	1.76
37	38	844.98	844.89	37.94	0.24	8	0.5	0.97	31.45	0.76	0.94	0.780	0.973	0.198	0.420	0.297	0.430	843.19	843.00	1.79	1.89
38	39	844.89	845.84	46.84	-2.03	8	0.5	0.97	31.45	0.76	0.95	0.788	0.982	0.204	0.433	0.302	0.437	842.97	842.74	1.92	3.10
RAMAL 2 SE UNE EJE CENTRAL																					
40	39	846.89	845.84	24.22	4.34	6	4	2.26	41.31	0.63	0.80	0.279	0.353	0.006	0.013	0.054	0.079	845.49	844.52	1.40	1.32
EJE CENTRAL																					
39	41	845.84	839.54	47.04	13.39	8	13	4.95	160.38	2.46	3.07	0.498	0.620	0.042	0.090	0.140	0.203	842.74	836.62	3.10	2.92
41	42	839.54	837.17	27.86	8.51	8	8	3.88	125.81	2.09	2.60	0.539	0.671	0.056	0.118	0.160	0.231	836.59	834.37	2.95	2.80
42	43	837.17	836.32	30	2.83	8	0.5	0.97	31.45	0.79	0.99	0.817	1.018	0.231	0.489	0.321	0.463	###	834.19	2.83	2.13
43	44	836.32	835	12.89	10.24	8	10	4.34	140.66	2.30	2.86	0.530	0.660	0.053	0.111	0.156	0.225	834.16	832.87	2.16	2.13
44	45	835	832.16	66.85	4.25	8	3.5	2.57	83.21	1.59	1.98	0.620	0.773	0.090	0.191	0.203	0.293	###	830.50	2.16	1.66
45	DESFO	832.16	830.37	42.99	4.16	8	4	2.74	88.96	1.67	2.08	0.610	0.759	0.085	0.180	0.197	0.284	830.47	828.75	1.69	1.62

2.15. Planteamiento del desfogue

Todo sistema de alcantarillado sanitario debe tener la ubicación y el método de desfogue hacia un cuerpo receptor, luego de ser tratado, el cual proviene del colector, respetando las normas establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente, para lograr mitigar daños al contexto natural.

Luego de realizar el estudio y diseño de este proyecto, se tomará en cuenta la propuesta de un tratamiento primario de las aguas provenientes de dicho sistema, para proceder luego, a su depuración o desfogue al medio ambiente, sin provocar daños significativos al descargarlo a la naturaleza.

2.16. Propuesta de tratamiento

En nuestro país, las aguas negras procedentes de los sistemas de alcantarillado, en la mayoría de los casos se descargan en corrientes naturales. A pesar de que las aguas negras están constituidas, aproximadamente, por 99% de agua y 1% de sólidos, su descarga en una corriente, cambia las características del agua que las recibe.

En esta forma los materiales que se depositan en el lecho impiden el crecimiento de plantas acuáticas; los de naturaleza orgánica se pudren robando oxígeno al agua con producción de malos olores y sabores.

Las materias tóxicas, compuestos metálicos, ácidos y álcalis afectan directa o indirectamente la vida acuática; las pequeñas partículas suspendidas (como fibras) pueden asfixiar a los peces por obstrucción de sus agallas; los aceites y grasas flotan en la superficie o se adhieren a las plantas e impiden su desarrollo. De esto se desprende la necesidad de reducir la descarga de aguas

negras en las corrientes naturales, a los límites de auto purificación de las aguas receptoras.

La auto-purificación es el lineamiento principal para determinar los procesos de tratamiento, el grado de tratamiento dependerá de un lugar a otro, pero existen tres factores que determinan éste:

- a. Las características y la cantidad de sólidos acarreados por las aguas negras.
- b. Los objetivos que se propongan en el tratamiento.
- c. La capacidad o aptitud del terreno cuando se dispongan las aguas para irrigación o superficialmente, o la capacidad del agua receptora, para verificar la auto purificación o dilución necesaria de los sólidos de las aguas negras, sin excederse a los objetivos propuestos.

En este proyecto se hace la recomendación de la construcción de una planta de tratamiento primario, ya que el objetivo de éstas unidades es la remoción de sólidos en suspensión, lo que se puede realizar por procesos físicos como la sedimentación (asentamiento), en los que se logra eliminar en un 40% a un 60% de sólidos, al agregar agentes químicos (coagulación y floculación) se eliminan entre un 80% a un 90% del total de los sólidos. Otro proceso es la filtración. Las unidades empleadas tratan de disminuir la velocidad de las aguas negras para que se sedimenten los sólidos, los dispositivos más utilizados son:

- Tanques sépticos o fosas sépticas
- Tanques Imhoff
- Tanques de sedimentación simple con eliminación de los lodos
- Reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA).

Para un tratamiento adecuado previo a la disposición de las aguas negras, hay que tener en cuenta factores como: espacio disponible para las instalaciones, topografía del terreno, costo de la construcción y mantenimiento requerido, para seleccionar las unidades adecuadas a la población.

El sistema propuesto consiste en tanques sépticos o fosas sépticas con sus respectivos pozos de absorción. Se propone esto porque el terreno ubicado dentro de la aldea Tocache, presenta las condiciones adecuadas tales como: extensión y ubicación.

2.17. Diseño de la fosa séptica

En la fosa séptica, las materias en suspensión en las aguas negras sufren una sedimentación, la materia orgánica se descompone en sustancias más simples por la acción de las bacterias anaeróbicas, que pueden realizar su metabolismo sin necesidad de oxígeno.

La fosa séptica es un estanque hermético, que puede construirse de ladrillo, piedra, concreto o cualquier otro material que se considere adecuado, es un tanque de escurrimiento horizontal y continuo de un solo piso.

Las fosas pueden ser de uno o doble compartimiento. Investigaciones realizadas en fosas con uno y con dos compartimientos, han demostrado que las de dos compartimientos proporcionan una mejor eliminación de los sólidos en suspensión, lo que es beneficio para una mayor protección del sistema de absorción.

Para el diseño de la fosa séptica debe tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- El período de retención, como mínimo de 12 horas
- Relación largo-ancho de la fosa L/A; de 2/1 a 4/1

- Lodos acumulados por habitante y por período de limpieza, es de 30 a 60 l/hab/año
- La capacidad máxima recomendable para que la fosa sea funcional debe ser de 60 viviendas.

Nomenclatura y fórmulas

$$T = V/Q \quad \Rightarrow \quad V=QT \quad \text{y,} \quad Q = q \cdot N$$

Donde:

T = Período de retención

V = Volumen en litros

Q = Caudal (L/día)

N = Número de personas servidas

Q = Gasto de aguas negras (L/hab/día)

q = Caudal domiciliar

Cálculo de volumen

Para el cálculo del volumen se asume una altura (H), que es la altura útil, es decir, el fondo de la fosa al nivel de agua se toma una relación L/A dentro de los límites recomendados, queda el volumen como:

$$V = ALH$$

Donde:

A = Ancho de fosa L = Largo de la fosa H = Altura útil.

Se conoce la relación L/A, se sustituye una de las dos en la fórmula de V y se determina el valor de la otra magnitud.

Por ejemplo.

Si L/A es igual a 2, entonces $L = 2A$, al sustituir L en la fórmula se tiene:

$V = 2 \cdot A^2 \cdot H$ de donde se obtiene el valor del ancho de la fosa

Cálculo de las fosas para el proyecto

Período de retención	24 horas
Gasto	110 L/hab/día
Número de habitante	420 habitantes (60 viviendas)
Lodos	30 L/hab/año
Relación largo / ancho	2/1
Período de limpieza	5 años

Volumen para el líquido

- **Cálculo del caudal**

$$Q = qN = 110 \text{ L/hab/día} \times 0.85 \times 420$$

$$Q = 39270 \text{ L/día}$$

$$Q = 39.27 \text{ m}^3/\text{día}$$

⇒ **Volumen**

$$V = QT = 39,270 \text{ L/día} \times 24 \text{ horas} \times 1\text{día}/24 \text{ horas}$$

$$V = 39270 \text{ litros}$$

$$V = 39.27 \text{ m}^3$$

Volumen de lodos

$$V = N \text{ gasto de lodos}$$

$$V = 420 \text{ hab} \times 30 \text{ l/hab/año}$$

$$V = 12,600 \text{ l}$$

$$V = 12.60 \text{ m}^3$$

$$V = 12.6 \times 5 \text{ años (período de limpieza)}$$

$$V = 63 \text{ m}^3; \text{ para período de limpieza de 5 años}$$

$$\text{Volumen total: } 39.27 \text{ m}^3 + 63 \text{ m}^3 = 103 \text{ m}^3$$

$$V = ALH$$

Como $L/A = 2$ entonces $L = 2A$ al sustituir L en la ecuación de V

$$V = 2 \cdot A^2 \cdot H$$

Se asume $H = 2.50$

$$A^2 = V/2H$$

$$A^2 = 103/2(2.50) = 20.6$$

$$A = 4.54 \text{ m}$$

$$\text{Como } L = 2A = 2(4.54) = 9.08 \text{ m}$$

Entonces:

$$A = 4.6 \text{ m}$$

$$L = 9.1 \text{ m}$$

$$H = 2.50 \text{ m}$$

Se construirán dos fosas sépticas con las mismas dimensiones

2.18. Pozos de absorción

Para este proyecto se tomó la decisión de construir dos pozos de absorción por cada fosa séptica, con el fin de darle un tratamiento adecuado a las aguas servidas, asegurando así una infiltración de estas a los mantos permeables, evitando así la contaminación de los mismos.

2.19. Administración, operación y mantenimiento

En este proyecto es necesario formar un comité en la aldea, encargado de administrar correctamente las actividades de operación y mantenimiento del sistema, para poder así disminuir los costos de estas actividades.

Este comité deberá ser electo anualmente o como la población lo decida, para así involucrar a toda la población en estas actividades

A medida que se produce el envejecimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario, el riesgo de deterioro, obstrucción y derrumbes se convierte en una consideración muy importante. Por esta razón las municipalidades de todo el mundo están haciendo esfuerzos para mejorar de antemano el nivel de desempeño de sus sistemas de alcantarillado.

La limpieza y la inspección de los colectores de agua residual son fundamentales para el mantenimiento y funcionamiento correcto del sistema, y además extienden la inversión de la comunidad en su infraestructura de alcantarillado.

- **Técnicas de limpieza**

El sistema de alcantarillado sanitario requiere un programa de limpieza para mantener su funcionamiento apropiado. Existen varias técnicas que son

usadas tradicionalmente para eliminar obstrucciones y como herramientas de mantenimiento preventivo. La tabla siguiente resume alguno de los métodos de limpieza de alcantarillado sanitario más comúnmente utilizados.

Tabla VI Métodos de limpieza de alcantarillado sanitario

TECNOLOGÍA	USOS Y APLICACIONES
Remoción mecánica	
Método de raspado	<ul style="list-style-type: none"> • Usa un motor y un eje de soporte con barras de raspado o en sección. • A medida que rotan las barras estas deshacen los depósitos de grasas, cortan las raíces y remueven basura • Las máquinas de raspado también ayudan a colocar los cables que se usan para inspecciones televisadas y las máquinas de baldes. • Es más efectivo en tuberías hasta de 300 mm (12 pulgadas) de diámetro.
Máquina de baldes	<ul style="list-style-type: none"> • Aparato cilíndrico, cerrado en un extremo y con dos mandíbulas opuestas de bisagra al otro extremo. • Las mandíbulas se abren, y raspan los materiales para depositarlos en el balde. • Remueve parcialmente depósitos de grandes de lodo, arena, grava y otros tipos de residuos sólidos.
Remoción hidráulica	
Máquina de esfera	<ul style="list-style-type: none"> • Una esfera de limpieza de caucho con estrías gira y limpia el interior de la tubería a medida que aumenta el flujo en la línea de alcantarillado. • Remueve depósito de material inorgánico sedimentado y acumulación de grasa. • Es de mayor eficiencia en tuberías de diámetro desde 13 a 60 cm (5 a 24 pulgadas)
Chorro a presión	<ul style="list-style-type: none"> • Dirige un chorro de agua de alta velocidad a la tubería desde un pozo de visita. • Remueve la acumulación de basura y grasas, remueve las obstrucciones y corta raíces en tuberías de diámetro pequeño. • Es eficiente para la limpieza rutinaria de tuberías de diámetro pequeño y con flujo reducido.

Continúa tabla VII

<p>Carretilla</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Escudo metálico circular con borde de caucho y articulación de bisagra montada sobre una carretilla de acero con ruedas pequeñas. El escudo funciona como un tapón para inducir una acumulación de agua. • Restriega la pared interna de la tubería. • Eficaz en la eliminación de escombros pesados y la limpieza de grasas en la línea.
<p>Método de vaciado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Introduce un flujo fuerte de agua a la línea desde un pozo de visita. • Remueve materiales flotantes y en cierta medida arena y grava. • Es de mayor eficacia cuando se usa en combinación con otras operaciones mecánicas como por ejemplo limpieza con máquina de baldes.
<p>Cometas, bolsas y "poly pigs"</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Similar en función a la máquina de esfera • Los bordes rígidos de la bolsa y la cometa inducen una acción de restregado. • Es eficaz para remover la acumulación de desechos en descomposición y las grasas y removilizarlos aguas abajo.

Si bien todos estos métodos han sido eficaces en el mantenimiento de sistemas de alcantarillado, el método ideal para reducir y controlar los materiales que se encuentran en las líneas de alcantarillado son los programas de educación y prevención de la contaminación. El público debe ser informado de que sustancias comunes de uso doméstico como las grasas y aceites deben desecharse en la basura usando recipientes cerrados, no en el alcantarillado. Este método no sólo ayudaría a minimizar problemas de plomería a los dueños de viviendas sino que también ayudaría a mantener limpios los colectores del alcantarillado.

El principal beneficio de realizar un programa de mantenimiento es la reducción de los desbordes del alcantarillado, el estancamiento en sótanos, y otras descargas de agua residual debidas a la condición sub-estándar del alcantarillado.

2.20. Elaboración de planos

Los planos constructivos para el sistema de alcantarillado sanitario se presentan en el apéndice 2, están conformados por planta topográfica, densidad de vivienda, planta general de la red de alcantarillado sanitario, plantas y perfiles, detalle de pozo de visita, conexión domiciliar, fosa séptica, y pozo de absorción.

2.21. Presupuesto

En la integración del presupuesto se consideraron como costos directos: la mano de obra calificada, no calificada, los materiales de construcción y el transporte de los mismos, se consideraron como costos indirectos: utilidades, administración, supervisión, imprevistos, equivalentes al 30%.

Los precios de los materiales se cotizaron en la cabecera municipal de san marcos en cuanto a salarios de mano de obra calificada y no calificada, se tomaron en cuenta las que la municipalidad asigna para estos casos.

Tabla VII. Presupuesto del alcantarillado sanitario

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO SANITARIO
UBICACIÓN:	ALDEA TOCACHE
MUNICIPIO:	SAN PABLO
DEPARTAMENTO:	SAN MARCOS

No.	DESCRIPCIÓN.	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO/UNIT.	TOTAL.
1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	2770	ML	Q 2.52	Q 6,979.92
2	EXCAVACIÓN	3248	M3	Q 43.61	Q 141,635.03
3	RELLENO Y COMPACTACIÓN	3248	M3	Q 27.32	Q 88,724.74
4	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE	279	M3	Q 7.20	Q 2,007.54
5	POZOS DE VISITA DE h: 1.20 mt A 2.20 mt	39	U	Q 4,981.00	Q 194,258.88
6	POZOS DE VISITA DE h: 2.20 mt A 3.20 mt	6	U	Q 5,178.57	Q 31,071.44
7	COLECTOR GENERAL, TUBERIA PVC DE 8" NORMA 30-34	1784	ML	Q 330.04	Q 588,790.23
8	COLECTOR GENERAL, TUBERIA PVC DE 6" NORMA 30-34	986	ML	Q 309.66	Q 305,325.00
9	CONEXIÓN DOMICILIAR	142	VIVIENDAS	Q 971.20	Q 137,910.4
10	FOSA SEPTICA + POZO DE ABSORCIÓN	2	GLOBAL	Q 98,663.76	Q 197,327.52
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 1,694,030.70

2.22. Estudio de impacto ambiental

2.22.1. Marco legal

DECRETO NÚMERO 68-86

Artículo 8.- (Reformado por el Decreto del Congreso Número 1-93). Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.

2.22.2. Impactos ambientales

Componente Social

Habitantes del barrio o aldeas beneficiadas donde se ubicará el proyecto, recibirán directamente el impacto de acarreo de materiales de construcción y molestias del proceso de zanjeo y construcción durante el tiempo que dure la misma.

Estética.

Ruido, movimiento de tierras, paisaje dañado y degradación visual.

2.22.3. Plan de gestión ambiental

Los impactos potenciales que las directrices del Banco Mundial consideran tener presentes para una evaluación del sistema de drenaje, tratamiento, reuso y disposición de aguas servidas, son las siguientes:

- a. Perturbación del curso de canales, hábitat de plantas y animales acuáticos, áreas de desolve y cría.
- b. Alteraciones en el balance de las aguas superficiales.
- c. Degradación de vecindades por donde atraviesan las aguas servidas o que reciben el flujo.
- d. Deterioro de aguas blancas que reciben el efluente de aguas servidas
- e. Riesgos a la salud en la vecindad del curso de las aguas servidas
- f. Contaminación del suelo en los sitios de aplicación.
 - 1. Suelos y cultivos: contaminación con patógenos y sustancias químicas.
 - 2. Aguas subterráneas: contaminación por patógenos y nitrógeno.
- g. Falla en la conducción y recepción de las aguas residuales.
- h. Malos olores.
- i. Criaderos de fauna nociva. (ratas, cucarachas, zancudos)
- j. Molestias y riesgos a la salud pública.
- k. Fracaso a no lograr los servicios de tratamiento en las áreas de servicio de drenaje.
- l. Derrames o rupturas a lo largo del cauce.
- m. Impacto adverso al paisaje.

2.22.4. Medidas de mitigación

En construcción

- a. Diseñar de acuerdo al entorno existente.
- b. En el momento de iniciar la construcción, señalizar el área.
- c. Repoblar con árboles de especies nativas de la región, las áreas libres.
- d. Restringir uso de maquinaria pesada a horas diurnas.
- e. Utilizar rutas alternas al centro de la población.
- f. Enterrar las bolsas (envases de cemento y cal) en vez de quemarlas.
- g. Fundir y trasladar materiales de construcción en días no festivos o días de plaza.
- h. Después de cada jornada de trabajo, limpiar el área (recoger: estacas de madera, tablas con clavos, restos de mezcla, pedazos de hierro etc.)
- i. Limitar mover tierra sólo durante la estación seca.
- j. Compactar la tierra removida.
- k. Establecer letrinas temporales para la cuadrilla de trabajadores.
- l. Garantizar uso de equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos).
- m. Diseñar drenaje para la evacuación de las aguas servidas con materiales compatibles con el medio ambiente.
- n. Incluir botiquín de primeros auxilios.

En operación

- a. Establecer plan de monitoreo ambiental.
- b. Capacitación permanente y continua a operadores del sistema.
- c. Mantenimiento preventivo.

2.23. Evaluación socio-económica

2.23.1. Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto indica el valor real del dinero, a través del tiempo; consiste en trasladar a una sola cantidad equivalente en el tiempo, los valores futuros y series de anualidad del flujo de efectivo de un proyecto.

Para el análisis del proyecto de alcantarillado sanitario en la aldea Tocache, se asume una tasa de interés del 6% debido a que el proyecto no es de carácter lucrativo, sino de carácter social, la tasa debe ser la más baja.

Para dicho proyecto se contará con el aporte comunitario, de dos maneras, el primero será el pago de la instalación de acometida domiciliar, que será de Q100.00 por vivienda, en el primer año; mientras que el segundo aporte, será de Q5.00 mensuales por cada vivienda, por concepto del mantenimiento de la fosa séptica; estos precios fueron establecidos por la alcaldía auxiliar de la comunidad en mutuo acuerdo con los habitantes beneficiados; recaudando una cantidad de Q60.00 por vivienda. Si se toma en cuenta que hay 142 hogares se obtiene los siguientes resultados:

$$142 * Q100.00 = Q. 14,200.00$$

$$142 * Q60.00 = Q.8,520.00$$

La anualidad se puede pasar al presente, a través del factor VPN, el cual es:

$$P = F \left(\frac{1}{(1+i)^n - 1} \right) \quad p = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right)$$

P= Valor de pago único en el valor inicial a la operación o valor presente.

F= Valor de pago único al final del período de la operación o valor de pago futuro.

A= Valor de pago uniforme en un período determinado o valor de pago constante o renta, de ingreso.

I= Tasa de interés de cobro por la operación o tasa de unidad por la inversión a

solución

N= período de tiempo que se pretende dure la operación.

$$P = 8,520 \frac{* (1.06)^{22} - 1}{0.06 * (1.06)^{22}}$$

$$P=141,996,6$$

El valor presente neto es exactamente el mismo para los ingresos como para los egresos durante los 22 años, por lo tanto, al realizar la suma algebraica se eliminan uno al otro.

Además, el aporte comunitario por la acometida domiciliar se convierte a un valor presente por medio del factor de pago único del valor presente, que se encuentra de la siguiente manera:

$$P = F \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right) \quad P = 8,520 \left(\frac{1}{(1.06)^1} \right)$$

$$P= 8,037.7$$

Entonces el Valor Presente Neto queda de la siguiente manera:

$$VPN = 8,037.7 - 1,694,030.7 + 8,520 - 8,520 = -1,685,993$$

Como se puede observar, el valor presente neto de este proyecto es negativo, sin producir ninguna utilidad, cumpliendo su objetivo de carácter social, promoviendo desarrollo en la aldea Tocache y teniendo como beneficiados a los habitantes de dicha comunidad, mediante saneamiento adecuado y la reducción de enfermedades. Con este se logra reducir los gastos en el área de salud pública provenientes del estado.

2.23.2. Tasa interna de retorno.(TIR)

La tasa interna de retorno se define como el valor presente neto, el cual se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias.

El cálculo de la tasa interna de retorno se puede realizar proponiendo dos tasas de utilidades diferentes, con las cuales se procede a calcular las respectivas cantidades que representan el valor presente neto.

Se propone una tasa -99.20%, entonces se obtiene:

$$P = \frac{8,520}{(1 - 0.992)^1} = 1,065,000.0$$

El valor presente neto es positivo, procediendo a sumar algebraicamente con el egreso de la inversión inicial, y las anualidades destinadas al funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario:

$$P = - 1,694,030.7 + 1,065,000.0 + 8,520 - 8,520 = - 629,030.7$$

Mientras que con una tasa de - 98%, se obtiene $p = 953,968$. y un valor presente neto $VPN = -1,254,675.0$

Con las dos tasas se obtuvieron los siguientes resultados.

$$TIR = -99.20 \% + 0.31 \% = -99.51 \%$$

En este proyecto, la tasa interna de retorno es negativa, por lo tanto, no existe utilidad alguna, siendo un proyecto de carácter social.

3. DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES DE LA ALDEA EL PORVENIR

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles el cual estará conformado por los siguientes ambientes:

Planta baja, tres aulas y un ambiente para servicios sanitarios.

Planta alta, tres aulas y un ambiente para servicios sanitarios .

Ambas plantas contarán con un pasillo y el módulo de gradas, situado a la izquierda del edificio, para aprovechar al máximo el espacio disponible

La estructura del edificio escolar, de concreto reforzado, el sistema estructural será a base de marcos espaciales dúctiles, losa tradicional, los muros de división serán de mampostería de block pómez, ventanales amplios para proporcionar una buena ventilación, pisos de cemento líquido y puertas de metal.

3.2. Investigación preliminar

3.2.1 Terreno disponible

El predio destinado para la edificación escolar está ubicado en el sector sur, aproximadamente a cien metros del centro de la aldea. La forma del terreno es rectangular.

3.2.2. Analisis del suelo

El suelo encontrado en esta área es limo ligeramente plástico con presencia de materia orgánica café claro, este se define como granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial y cuyas partículas varían entre .001mm y 0.01mm de diámetro.

Las arenas estando limpias no se contraen al secarse. En combinación con la arcilla, son poco plásticas si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea.

3.2.2.1 Determinación del valor soporte

Para evaluar la calidad y el valor soporte del suelo, se realizó una excavación a 1.50 metros de profundidad, donde se extrajo una muestra inalterada de 1 pie³ que se sometió al ensayo de compresión triaxial; mediante la prueba de no consolidado y no drenado, para obtener los parámetros de corte, siendo éstos:

Ángulo de fricción interna ϕ = 18.02°

Cohesión CU = 3.70 ton/m²

Descripción del suelo = Limo ligeramente plástico con presencia de materia orgánica color café claro

Densidad seca = 0.79 ton/m³

Para el cálculo del valor soporte del suelo se utilizó el método propuesto por el Dr. Karl Terzaghi

Datos:

Base B= 1.00mts

Peso específico del suelo $\rho_{\text{suelo}} = 1.40 \text{ ton/m}^3$

Ángulo de fricción interna $\phi = 18.02^\circ = 0.3145 \text{ rad}$

Carga última CU= 3.70 ton/m²

Desplante (profundidad a la que se tomó la muestra) D= 1.50mts

Factor de flujo de carga (Hq)

$$Hq = \frac{e(3\pi/2 - \phi) \tan \phi}{2 \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$Hq = \frac{e(3\pi/2 - 0.3145) \tan 18.02}{2 \cos^2(45 + 18.02/2)}$$

$$Hq = 6.05 \text{ Ton/m}^2$$

factor de flujo de carga última Nc

$$Nc = c \cot(\phi) (Hq + 1)$$

$$Nc = \cot(18.02) (6.05 \text{ ton/m}^2 + 1 \text{ ton/m}^2)$$

$$Nc = 15.54 \text{ Ton/m}^2$$

Factor de flujo del suelo N γ

$$N\gamma = 2(Hq + 1) \tan(\phi)$$

$$N\gamma = 2(6.05 \text{ ton/m}^2 + 1) \tan(18.02)$$

$$N\gamma = 4.59 \text{ ton/m}^2 \quad \text{como el suelo es limo } N\gamma = 0$$

Valor soporte último q_0

$$q_0 = 0.4 \rho_{\text{suelo}} B N\gamma + 1.3 C_u Nc + s \rho_{\text{suelo}} D Hq$$

$$q_0 = 0.4 \cdot 1.40 \text{ ton/m}^3 \cdot 1 \text{ m} \cdot 0 \text{ ton/m}^2$$

$$+ 1.3 \cdot 3.70 \text{ ton/m}^2 \cdot 15.54 \text{ ton/m}^2 + 1.40 \text{ ton/m}^3 \cdot 1.50 \text{ m} \cdot 6.05 \text{ ton/m}^2$$

$$q_0 = 90.02 \text{ ton/m}^2$$

Valor soporte neto último q_u

$$q_u = q_o - \gamma * D$$
$$q_u = 90.02 \text{ ton/m}^2 - 1.40 \text{ ton/m}^3 * 1.50 \text{ m}$$
$$q_u = 87.92 \text{ ton/m}^2$$

El factor de seguridad FS es un número que puede estar comprendido entre 3 y 4.5, dependiendo del tipo de suelo, para este cálculo del valor soporte del suelo se utilizará el valor de 3.

Valor soporte de diseño q_d

$$q_d = q_u / FS$$
$$q_d = 87.92 \text{ ton} / 3 \text{ m}^2$$
$$q_d = 29.3 \text{ ton/m}^2.$$

Por lo tanto, se diseñará utilizando un valor soporte de 29.3ton/m².

3.2.2.2. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico se refiere a 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 arquitectónicos, principalmente para este caso, del Reglamento de Construcción de Centros Educativos.

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

Para el caso del centro educativo de aulas se necesita: 6 aulas de enseñanza – aprendizaje, módulo de baños y área de limpieza.

Los resultados de su diseño arquitectónico se pueden ver en el apéndice 2.

3.2.2.3. Ubicación del edificio en el terreno

La escuela se ubica en el extremo norte del terreno, para lograr una mejor ventilación e iluminación, según lo sugiere el Reglamento. Además, se quiere aprovechar la forma horizontal y vertical del terreno.

3.2.2.4. Distribución de ambientes

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hace del modo tradicional de edificios educativos, por ser ésta la que más se ajusta a las necesidades existentes y al espacio disponible.

3.2.2.5. Altura del edificio

Se escoge hacer el edificio de dos niveles por razón de espacio disponible; esto cumple con la norma de tres niveles máximo.

La altura de todos los ambientes es de 2.8 mt. se deja con esas medidas para dar confort, tanto a los ambientes como a los espacios de circulación.

3.2.2.6. Selección del sistema estructural a usar

No se requieren fórmulas matemáticas para seleccionar un sistema estructural, todo es conceptual. Luego se hace el cálculo, que comprueba el sistema garantizando su seguridad y economía.

En la elección del sistema estructural influyen, los factores de resistencia, economía, estética, los materiales disponibles en el lugar y la técnica para realizar la obra. El resultado debe comprender el tipo estructural, formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución.

Para este caso, se ha elegido un sistema estructural a base de marcos dúctiles con nudos rígidos, losas planas de concreto reforzado y muros tabiques de mampostería con block de pómez; además, todo el sistema se construirá en obra usando los métodos tradicionales.

3.3. Análisis estructural

Análisis estructural es el proceso que se realiza para determinar las respuestas de la estructura ante las acciones exteriores que puedan afectarla, en otras palabras, se determina los efectos de las cargas aplicadas a una estructura. Para el edificio de aulas se hace el análisis estructural de la forma siguiente:

3.3.1. Predimensionamiento estructural

Predimensionar la estructura es darle medidas preliminares a los elementos que la componen, es decir, los que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas. Para esto se puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos cortos. En este caso se aplican los métodos siguientes:

a) **Columnas:** El método que se utiliza para predimensionar las columnas, calcula 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, por tal razón se toma la columna crítica, o sea la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas las demás.

Fórmulas: $P = 0.8 (0.225F_cA_g + F_yA_s)$

$$1\%A_g \leq A_s \leq 8\%A_g$$

Solución $P = 33,600\text{Kg}$, (tomado de áreas tributarias)

$$33,600 = 0.8 ((0.225*210*Ag) + (2,810*0.01Ag))$$

$$Ag = 509.86\text{cm}^2$$

Proponiendo una columna de $30*30\text{cm} = 900\text{cm}^2 > Ag$

b) **Vigas:** Para predimensionar las vigas, el método utilizado calcula el peralte o altura de la viga, dependiendo esta de la luz que cubre la viga. La base de la viga queda a criterio del diseñador, usando aquí el ancho de las columnas. En este caso sólo se calcula la viga crítica, o sea la de mayor longitud, quedando las otras con igual sección.

$$t_{\text{VIGA}} = \text{luz libre de viga} * 0.08 = 5.4*0.08 = 0.43$$

$$\text{Base de viga } b = 0.30$$

$$\text{sección de viga} = 0.30*0.45$$

c) **Losas:** Aquí se predimensiona el peralte o grosor de la losa. El método usa como variables las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene. En este caso, todas las losas están apoyadas en cuatro lados, pero se tienen dos medidas de losas, por tanto, se toma la crítica y el peralte resultante se usa en ambas.

$$t_{\text{LOSA}} = (\text{perímetro de losa}) / 180$$

$$t_{\text{LOSA}} = (21)/180 = 0.116 \approx 0.12 \text{ m.}$$

$$\text{Usamos } t_{\text{LOSA}} = 0.12 \text{ m.}$$

d) **Cimientos:** Para la cimentación se usan zapatas aisladas. El método de predimensionamiento se incluye en el diseño de las zapatas.

Con los resultados obtenidos anteriormente, se presenta a continuación las figuras 1, 2 y 3, que muestran la distribución de las columnas y las vigas con sus respectivas medidas, del edificio de aulas que se analiza y diseña estructuralmente en el resto del capítulo.

Figura 1. **Planta típica, edificio de aulas**

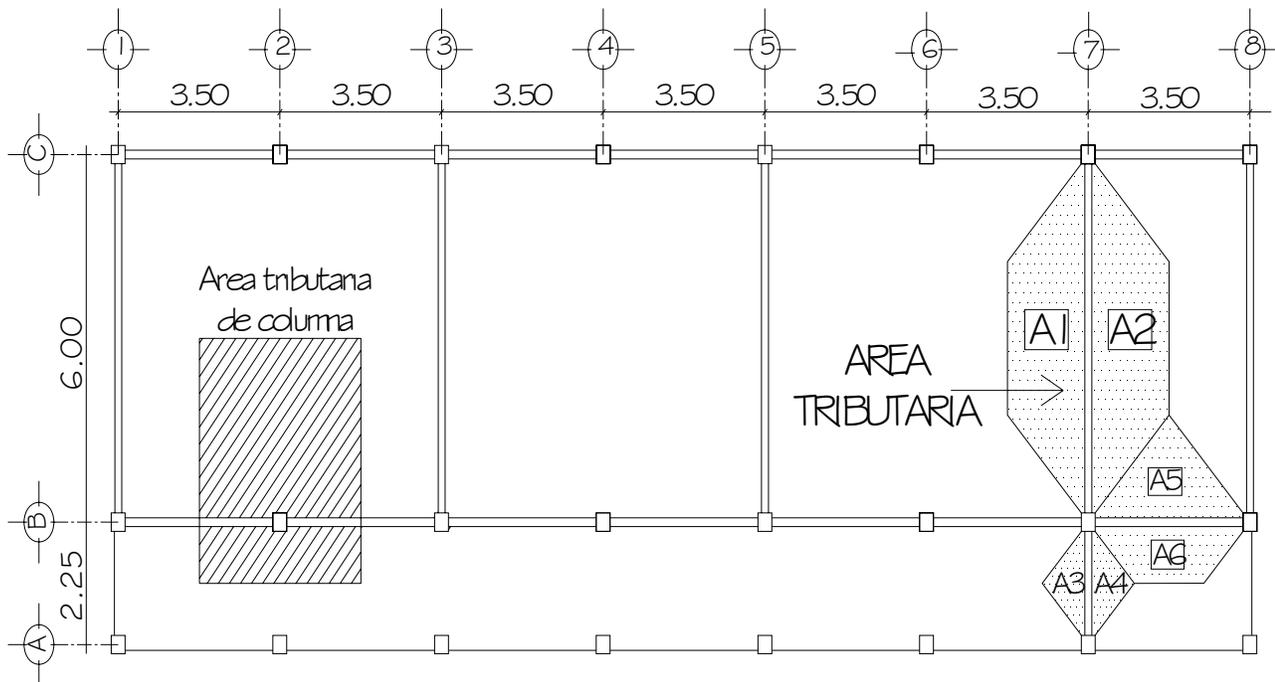


Figura 2. Marco dúctil típico sentido x, edificio de aulas

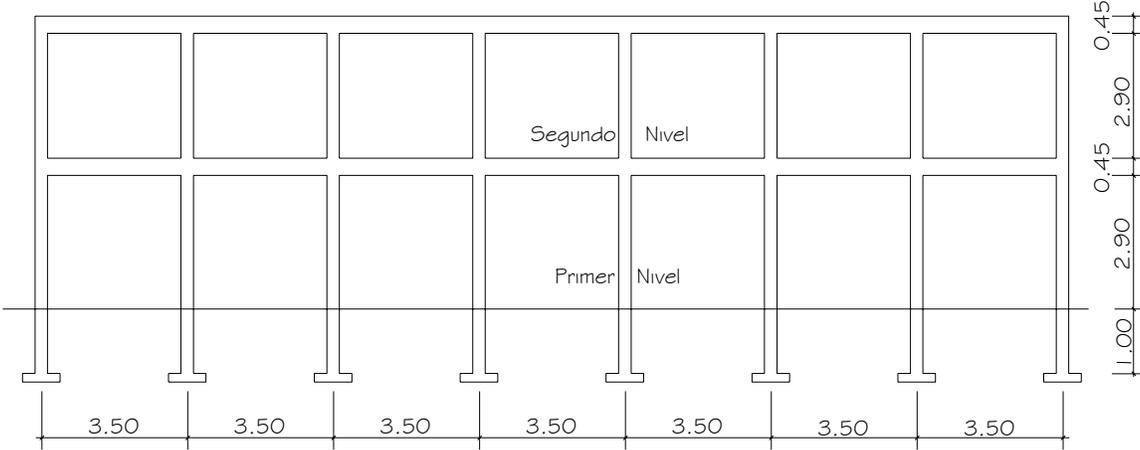
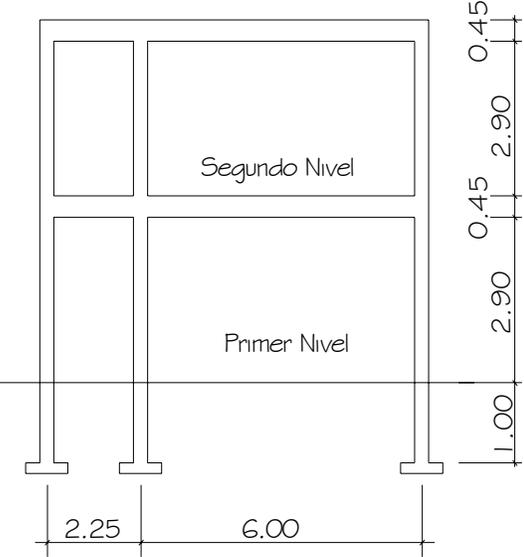


Figura 3. Marco dúctil típico sentido y, edificio de aulas



3.3.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles

El modelo matemático de un marco dúctil, es una gráfica que representa tanto la forma como las cargas que soporta el marco, que sirve para hacer el análisis estructural del mismo.

En este caso, por la similitud de los marcos dúctiles, en geometría y en las cargas aplicadas, se analizan únicamente los críticos en los sentidos x y y, ver figuras 4y 5.

Figura 4. Modelo matemático, marco dúctil típico sentido x

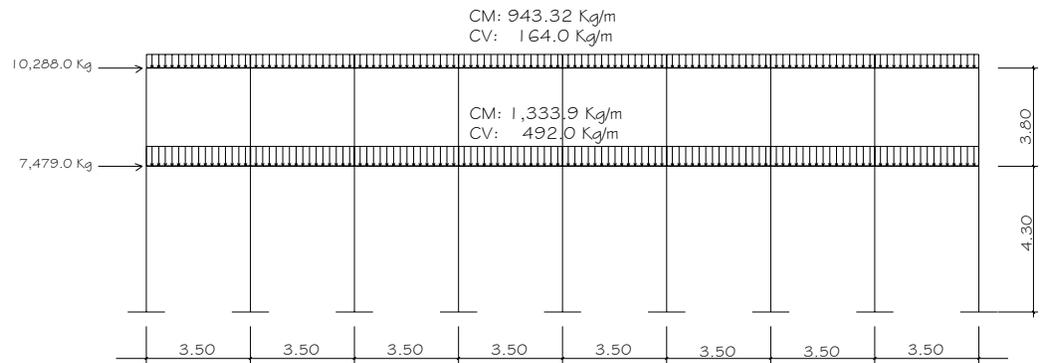
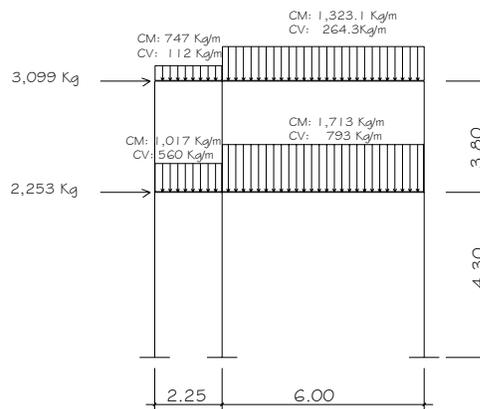


Figura 5. Modelo matemático, marco dúctil típico sentido y



3.3.3. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

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

3.3.3.1. Cargas verticales

Los valores que se usan en este caso, fueron tomadas de las normas establecidas por AGIES.

CARGA MUERTA (CM)

Peso del concreto = 2,400 Kg/m³

Peso de acabados = 90 Kg/m²

Peso de muros = 150 Kg/m²

CARGA VIVA (CV)

En techo = 100 Kg/m²

En pasillos = 500 Kg/m²

En aulas = 300 Kg/m²

Las cargas distribuidas que se muestran en los modelos matemáticos, fueron calculadas tomando en cuenta los valores anteriores y siguiendo el procedimiento siguiente:

Marco dúctil típico sentido x:

$$\text{Nivel 1 CM} = W_{\text{LOSAS}} + W_{\text{VIGAS}} + W_{\text{MUROS}} + W_{\text{ACABADOS}}$$

$$(3.07 + 2.67) * 0.12 * 2400 / 3.5 + (0.30 * 0.45 * 2400) + (150 * (3.5 * 2.6) / 3.5) + (3.07 + 2.67 * 90 / 3.50)$$

$$\text{CM} = 1,333.92 \text{ Kg/m}$$

$$CV = W_{AULA} + W_{PASILLO}$$

$$CV = 492 \text{ Kg/m}$$

Nivel 2

$$CM = 943.32 \text{ Kg/m};$$

$$CV = 164.00 \text{ Kg/m}.$$

Los otros valores de cargas distribuidas que se observan en el marco dúctil típico sentido Y, que aparecen en la figura 5, página 64 fueron calculados usando el procedimiento anterior.

3.3.3.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles

Existen dos fuerzas horizontales, de viento y de sismo, a las que está expuesto comúnmente un edificio. Regularmente, se considera en el análisis estructural únicamente una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Además, el análisis realizado con una cubre los efectos que podría causar la otra cuando se presenta. Guatemala es un país con riesgo sísmico, por tal razón se diseñan los edificios tomando en cuenta este fenómeno. Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas al edificio de aulas se utiliza el método SEAOC, de la manera siguiente:

MÉTODO SEAOC – EN EDIFICIO DE AULAS

a) Corte basal (V): Es la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. Para obtener su valor se usa la fórmula siguiente:

$$\text{Fórmula: } V = Z * I * C * S * K * W$$

Donde: **Z** coeficiente que depende de la zona, para San Marcos = 1

I coeficiente de importancia de la obra después de un sismo, para este caso usar 1.40

C= coeficiente que depende del período natural de vibración.

$$C = 1 / (15t^{1/2}); t = (0.0906 * \text{ALTURA DEL EDIFICIO}) / \text{BASE}^{1/2}$$

S= coeficiente, depende del tipo de suelo, si se desconoce usar 1.5

Si $C * S$ es mayor que 0.14, usar $C * S = 0.14$

K= coeficiente, depende del sistema estructural usado = 0.67

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

NOTA: El sismo no actúa en una dirección determinada con respecto al edificio. Por tal razón se necesita evaluar el corte basal en las direcciones x e y (longitudinal y transversal respectivamente), con los valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

Solución: $W = W_{\text{NIVEL1}} + W_{\text{NIVEL2}}$

$W_{\text{NIVEL } i} = (W_{\text{COLUMNAS}} + W_{\text{PAREDES}} + W_{\text{VIGAS}} + W_{\text{LOSAS}} + W_{\text{ACABADOS}})$ calculados anteriormente en los marcos dúctiles en ambos sentidos .

+ (0.25 * CARGA VIVA)

$$W_{\text{NIVEL2}} = 139,956.4 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{NIVEL1}} = 186,091.0 \text{ Kg}$$

$$W = 186,091.0 + 139,956.4 = \mathbf{326,047.4 \text{ Kg}}$$

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{C} \left\{ \begin{array}{l} t_x = (0.0906 \cdot 5.80) / 24.50^{1/2} = 0.04 \\ t_y = (0.0906 \cdot 5.80) / 8.25^{1/2} = 0.12 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \mathbf{C}_x = 1 / (15 \cdot 0.04^{1/2}) = \mathbf{0.33} \\ \mathbf{C}_y = 1 / (15 \cdot 0.12^{1/2}) = \mathbf{0.19} \end{array} \\
 \mathbf{CS} \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{CS}_x = 0.33 \cdot 1.50 = \mathbf{0.49} \\ \mathbf{CS}_y = 0.19 \cdot 1.50 = \mathbf{0.28} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{usar } \mathbf{CS}_x = 0.14 \\ \text{usar } \mathbf{CS}_y = 0.14 \end{array}
 \end{array}$$

$$\mathbf{V} = V_x = V_y = 0.50 \cdot 1.40 \cdot 0.14 \cdot 0.67 \cdot 326,041.4 = \mathbf{42,816.54 \text{ Kg}}$$

b) Fuerzas por nivel (F_{n_i}):

$$\text{Fórmula: } \mathbf{F_{n_i} = (V - F_T) W_{h_i} / \sum W_i h_i}$$

Donde:

$\mathbf{F_{n_i}}$ = fuerza por nivel

\mathbf{V} = corte basal

$\mathbf{F_T}$ = fuerza de techo, cuando t (periodo natural de vibración)

es menor que 0.25, entonces $F_T = 0$

\mathbf{W} = peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas

$\mathbf{W_i}$ = peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas por nivel

$\mathbf{h_i}$ = Altura medida desde la cimentación al nivel considerado

Solución: Como $V_x = V_y$, entonces F_n en $x = F_n$ en y

$$F_{n1} = (42,816.54 * 186,091 * 3.80) / (186,091 * 3.80 + 139,956.4 * 6.95)$$

$$= 18,024.02 \text{ Kg}$$

$$F_{n2} = (42,816.54 * 139,956.4 * 6.95) / (186,091 * 3.80 + 139,956.4 * 6.95)$$

$$= 24,792.5 \text{ Kg}$$

c) Fuerzas por marco (FM):

Fórmulas: $FM = FM' \pm FM''$

$$FM' = (R * F_{ni}) / \sum R$$

$$FM'' = (e * F_{ni}) / ((\sum R_i * d_i^2) / (R_i d_i))$$

$e = C_m - CR$; $e_{\text{MÍNIMO}} = 0.05 * \text{lado perpendicular a donde actúa el sismo}$

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

Donde:

R_i = rigidez de marco

d_i = distancia de CR a marco considerado

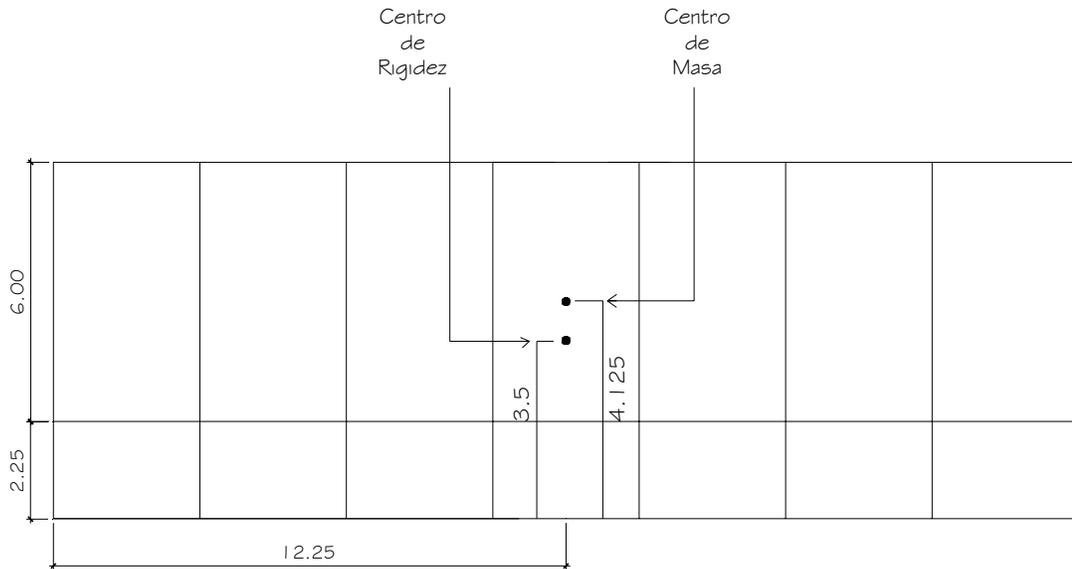
e = excentricidad

C_m = centro de masa

CR = centro de rigidez

Solución: La figura 6 muestra la distribución de los marcos rígidos, que sirve para calcular los valores de R_i , d_i , C_m y CR y e .

Figura 6. Planta típica (niveles 1 y 2) de distribución de marcos dúctiles



SENTIDO x: Por simetría, la rigidez en los marcos es la misma y para simplificar los cálculos se usa $R=1$, en todos los marcos y .

$$CR = (1 \cdot 8.25 + 1 \cdot 2.25 + 1 \cdot 0) / (3 \cdot 1) = 3.5 \text{ m}$$

$$Cm = (8.25) / 2 = 4.125 \text{ m}$$

$$e = 4.125 - 3.5 = 0.625 \text{ m}$$

$$e_{MINIMA} = 0.05 \cdot 8.25 = 0.41 \text{ m},$$

usar e = 0.625 m

Con los valores obtenidos se procede a calcular los datos de la siguiente tabla IX:

Tabla IX. Fuerzas por marco en cada nivel, marcos dúctiles sentido x

FUERZAS POR MARCO EN EL SENTIDO X										
MARCO	R _i	d _i	R _i d _i	R _i d _i ²	NIVEL 1			NIVEL 2		
					FM'	FM''	FM _{NIV.1}	FM'	FM''	FM _{NIV.2}
3	1	4.75	4.75	25.56	6,008	1,471.2	7,479.2	8,264	2,024	10,288
2	1	-1.25	-1.25	1.56	6,008	-387.1	5,620.9	8,264	-532.5	7,731.5
1	1	-3.5	-3.5	12.25	6,008	-1084.0	4.924.0	8,264	-1,491	6,773

SENTIDO y: Por simetría se usa R=1, en todos los marcos

$$CR = 12.5 \text{ m}$$

$$Cm = 12.5 \text{ m}$$

$e = 0$, esto significa que no hay torsión en el sentido **y**

NIVEL 1

$$FM' = (1 \cdot 18,024) / (1 \cdot 8) = 2,253 \text{ Kg,}$$

Este valor se aplica en todos los marcos y en el nivel 1

$FM'' = 0$, esto por que no hay excentricidad (e) en **y**

$$FM_{\text{NIVEL 1}} = 2,253 + 0 = \mathbf{2,253 \text{ Kg}}$$

NIVEL 2

$$FM' = (1 \cdot 24,793) / (1 \cdot 8) = \mathbf{3,099 \text{ Kg}},$$

Este valor se aplica en todos los marcos **y** en el NIVEL 2

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

$$FM_{\text{NIVEL 2}} = 3,099 + 0 = \mathbf{3,099 \text{ Kg}}$$

3.3.3.3. Análisis de marcos dúctiles utilizando el Software ETABS.

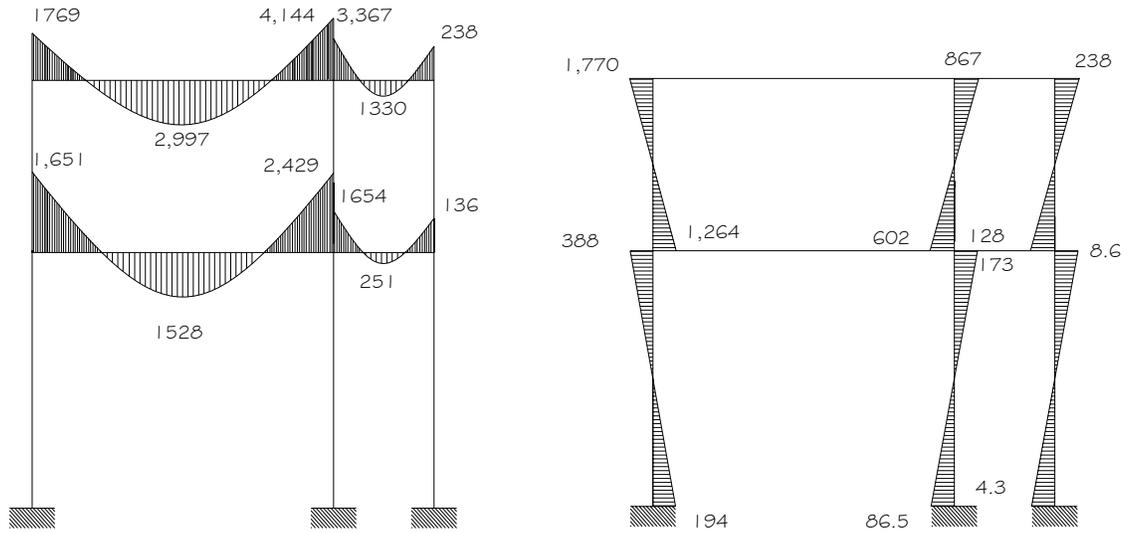
Propuesto el tipo de sección que se usará en el análisis y diseño, se procede a la determinación de las cargas que actuarán sobre la estructura; estas producen esfuerzos de corte, flexión, torsión, etc.

En este caso, se consideran únicamente las cargas verticales producidas por los entresijos, que se suponen uniformemente distribuidas sobre vigas, y las fuerzas horizontales de sismo.

El análisis de marcos dúctiles resistentes a momentos, se realizó por medio del Software ETABS, a manera de comprobación se analizó la estructura por el método de Kanni; llegando a la conclusión de que los resultados variaron en un margen del 3%, para efecto de diseño se tomaron los resultados del método de Kanni.

El análisis estructural se realizó para las diferentes cargas utilizadas: muerta, viva y sismo. Los siguientes modelos presentan los resultados del análisis para cada tipo de carga.

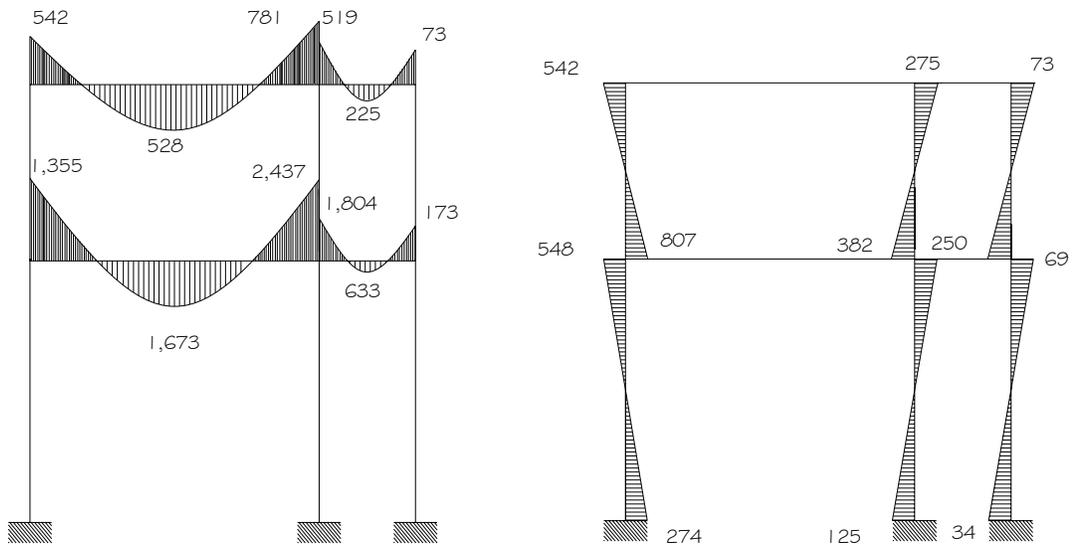
Figura 7. Diagrama de momentos (Kg-m) - carga muerta - marco dúctil y.



VIGAS

COLUMNAS

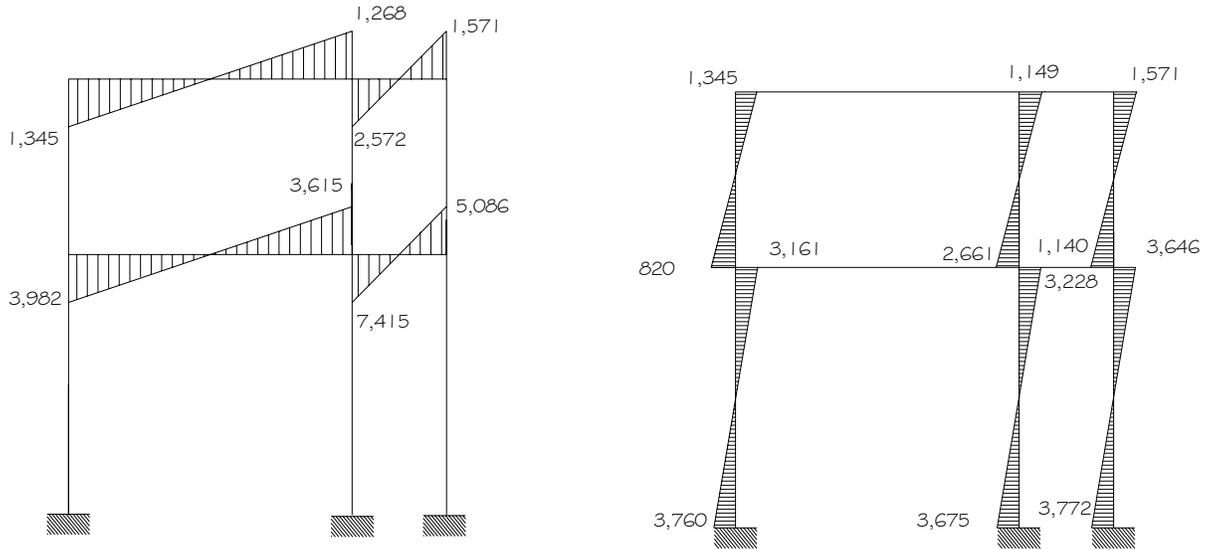
Figura 8. Diagrama de momentos (Kg-m) - carga viva - marco dúctil y.



VIGAS

COLUMNA

Figura 9. Diagrama de momentos (Kg-m) - fuerza sísmica - marco dúctil y.

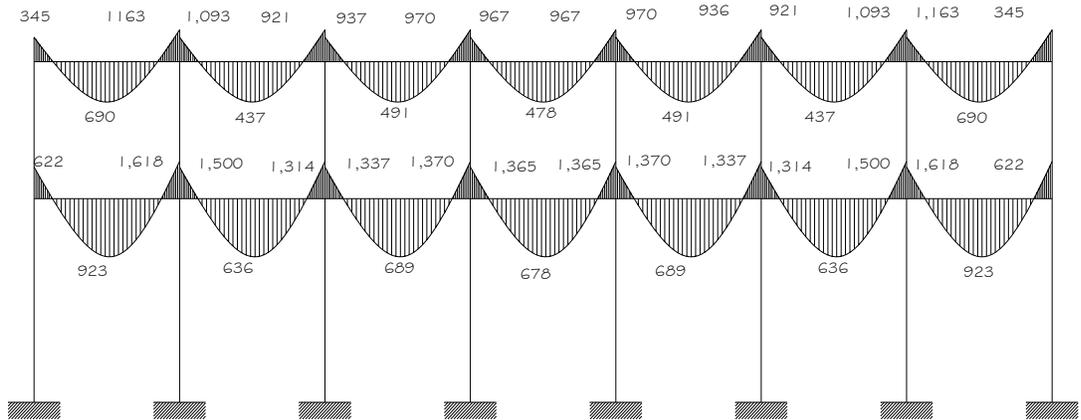


VIGAS

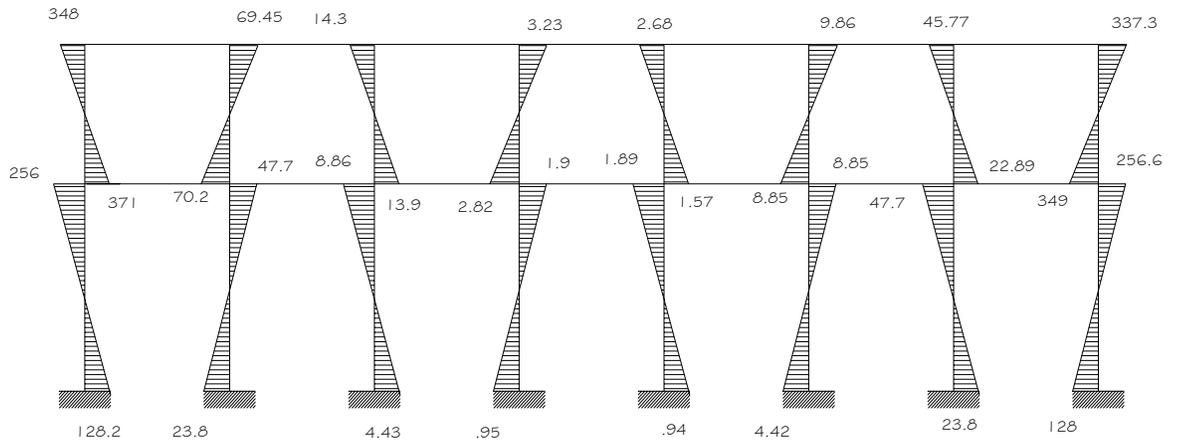
COLUMNAS

Marco dúctil típico sentido x

Figura 10. Diagrama de momentos (Kg-m) - carga muerta - marco dúctil X.

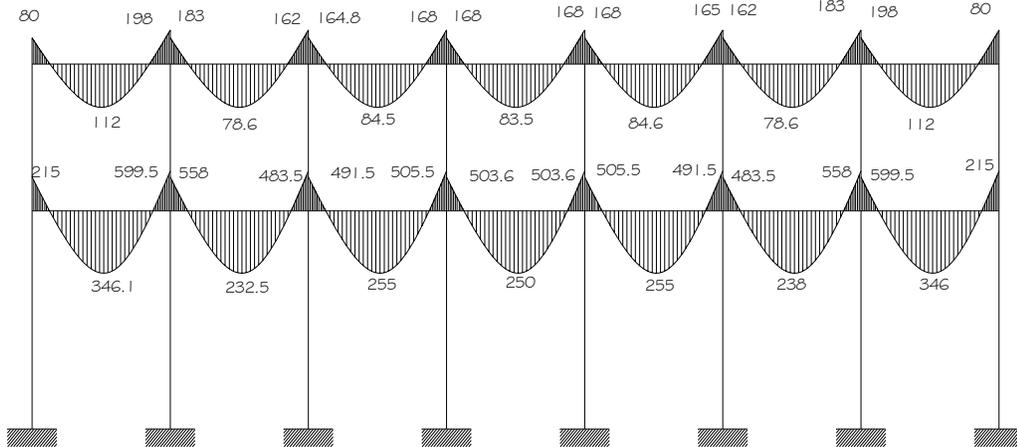


VIGAS

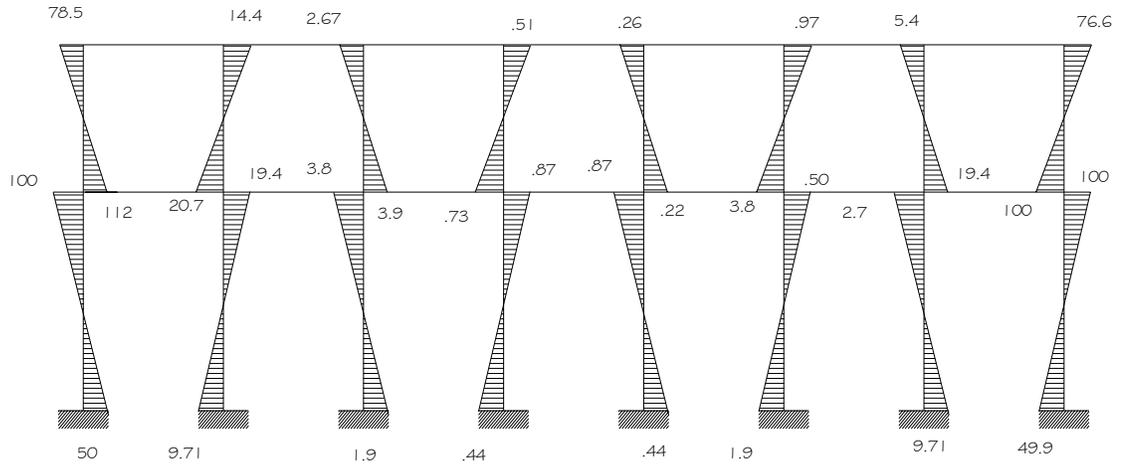


COLUMNAS

Figura 11. Diagrama de momentos (Kg·m) - carga viva - marco dúctil X.

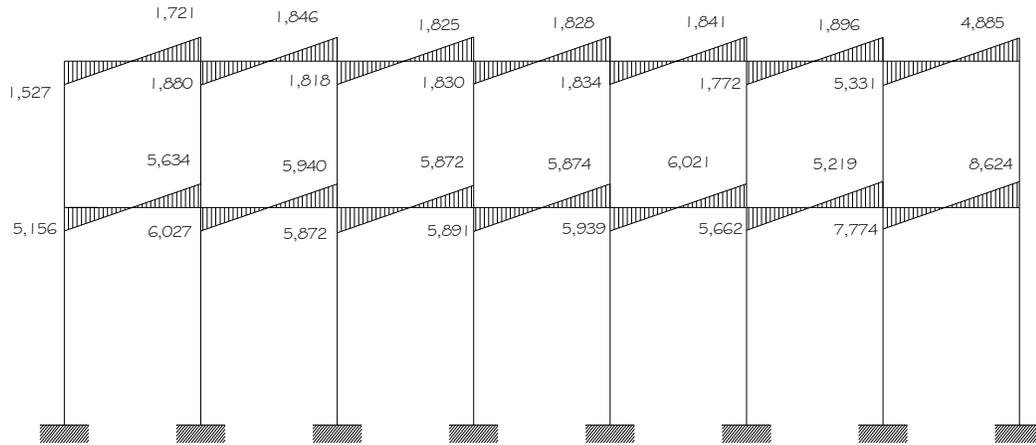


VIGAS

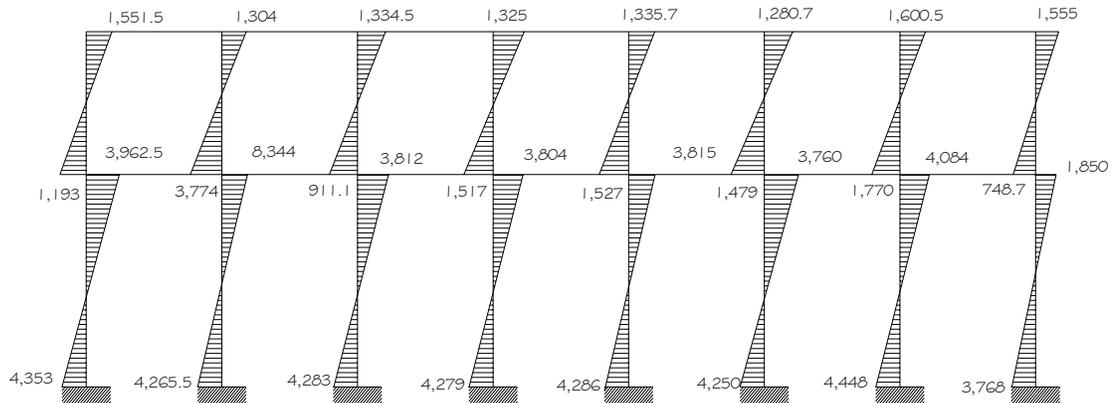


COLUMNAS

Figura 12. Diagrama de momentos (Kg-m) - carga sísmica - marco dúctil X.



VIGAS



COLUMNAS

3.3.3.4. Momentos últimos por envolvente de momentos

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

Para considerar la superposición de efectos, el código ACI propone las siguientes combinaciones:

a) Fórmulas utilizadas para realizar la envolvente de momentos

- Para los momentos últimos negativos en vigas:

$$M_{(-)} = 0.75(1.4M_{CM} + 1.7M_{CV} + 1.87M_S)$$

$$M_{(-)} = 0.75(1.4M_{CM} + 1.7M_{CV} - 1.87M_S)$$

- **Para los momentos últimos de inversión en vigas:**

$$M_i = 0.90M_{CM} + 1.43M_S$$

$$M_i = 0.90M_{CM} - 1.43M_S$$

- **Para los momentos últimos positivos en vigas:**

$$M_{(+)} = ((1.4M_{CM} + 1.7M_{CV}) L^2 / 8) - ((\Sigma M_{(-)}) / 2)$$

- **Para los momentos últimos en las columnas:**

$$M_C = 0.75(1.4M_{CM} + 1.7M_{CV} + 1.87M_S)$$

$$M_C = 0.75(1.4M_{CM} + 1.7M_{CV} - 1.87M_S)$$

b) Envolvente de momentos, marco dúctil típico sentido y

Vigas:

$$M_{CD(-)} = 0.75((1.4*1,770)+(1.7*541.8)+(1.87*1,344.6)) = 4,435 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{CD(+)} = 1.4(2997)+1.7(527.9) = 5093 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{DC(-)} = 0.75((1.4*4144)+(1.7*781)+(1.87*1268)) = 7126 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Columnas:

$$M_{BC} = 0.75 ((1.4*1263.6)+(1.7*806.9)+ (1.87*819.8)) = 3,505 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{CB} = 0.75 ((1.4*1769.7)+(1.7*541.9)+ (1.87*1344.7)) = 4,435 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

c) Resultados de la envolvente de momentos en marcos dúctil típicos

Utilizando las ecuaciones mostradas en el inciso a), se calculan todas las envolventes de momentos para los marcos dúctiles x e y , cuyos resultados pueden observarse en las figuras 10 y 11 respectivamente.

Figura 13. Diagrama de momentos últimos (Kg·m) - marco dúctil x

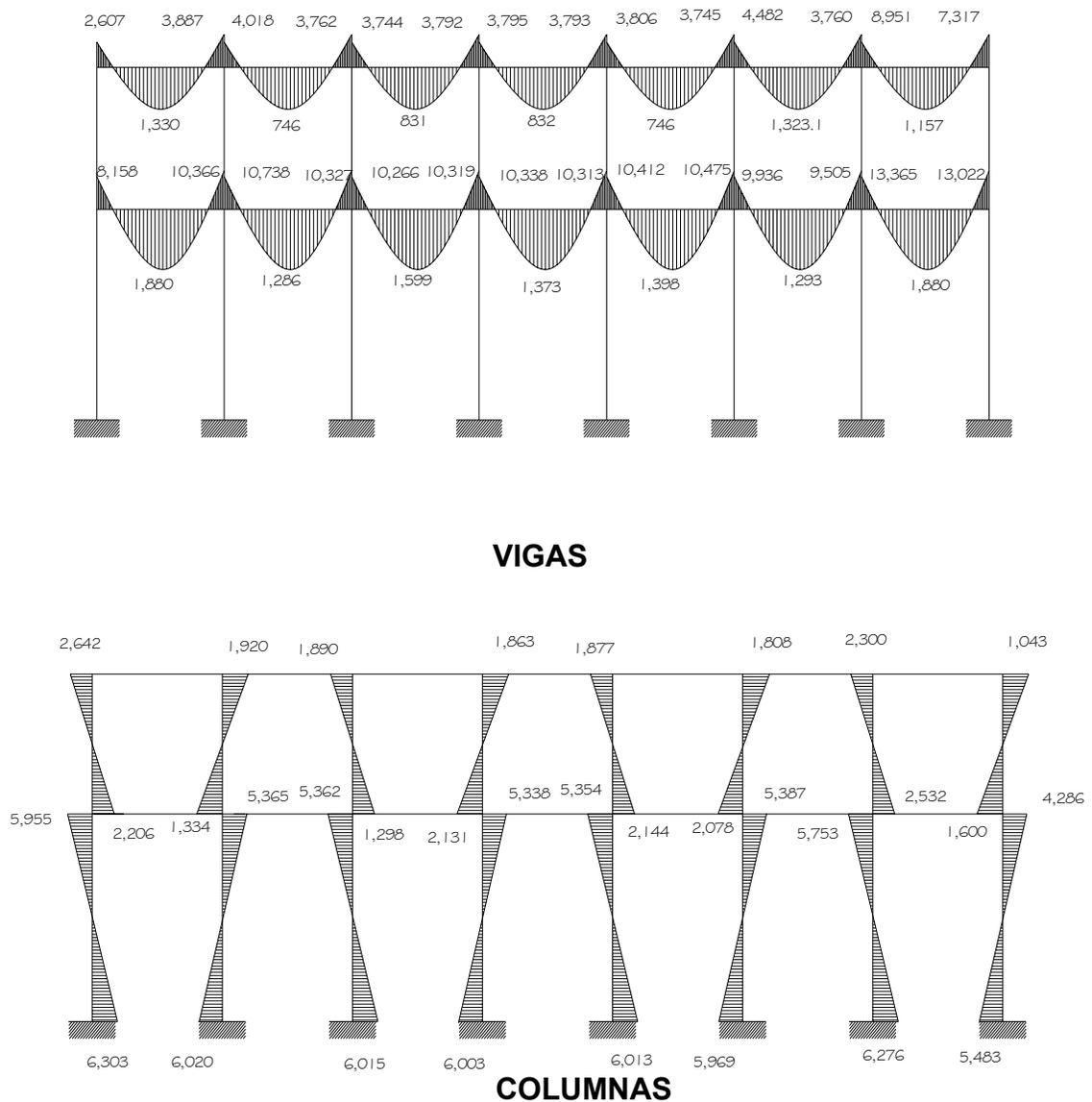
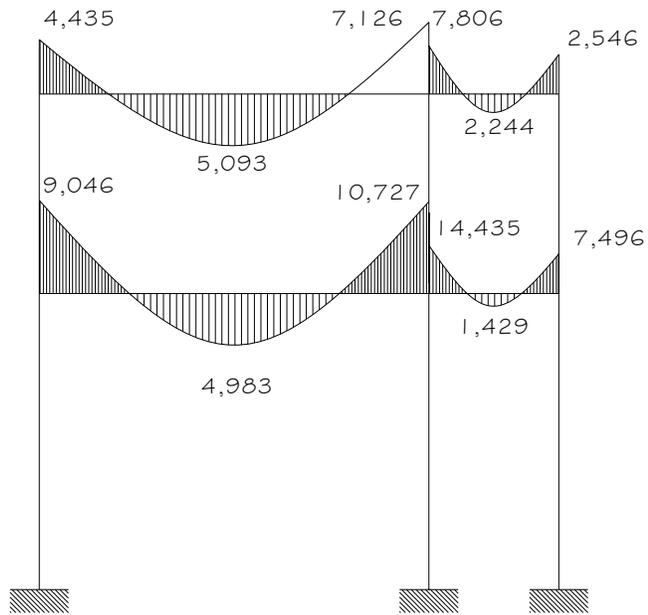
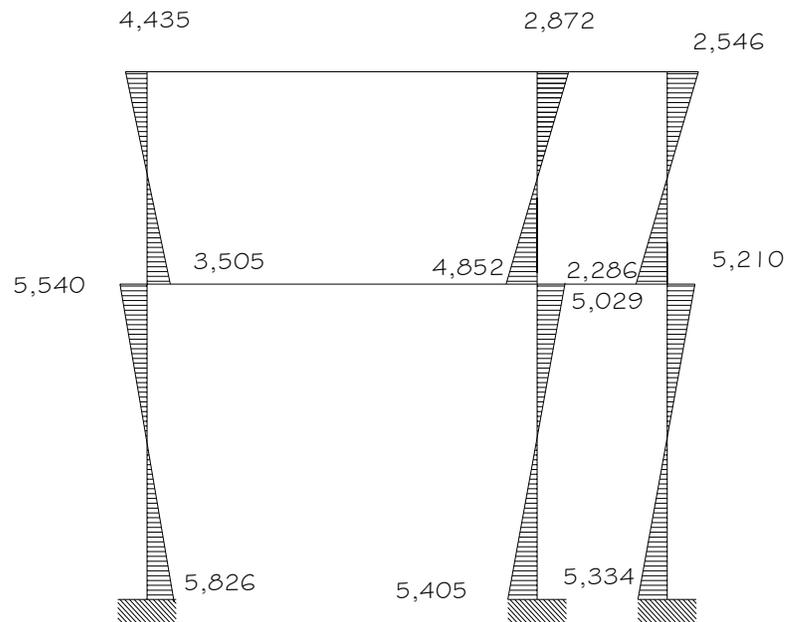


Figura 14. Diagrama de momentos últimos (Kg-m) - marco dúctil y



VIGAS



COLUMNAS

3.3.3.5 Diagramas de corte en marcos dúctiles típicos

a) **Fórmulas utilizadas:** para calcular los cortes en los marcos se utilizan las fórmulas siguientes:

3. Corte en vigas:

$$V_V = 0.75 (1.4 ((W_{CM} * L) / 2) + 1.7 ((W_{CV} * L) / 2) + 1.87 ((\Sigma M_S) / L))$$

- Corte en columnas:

$$V_C = (\Sigma MC) / L$$

b) Cortes en marcos ductiles típicos

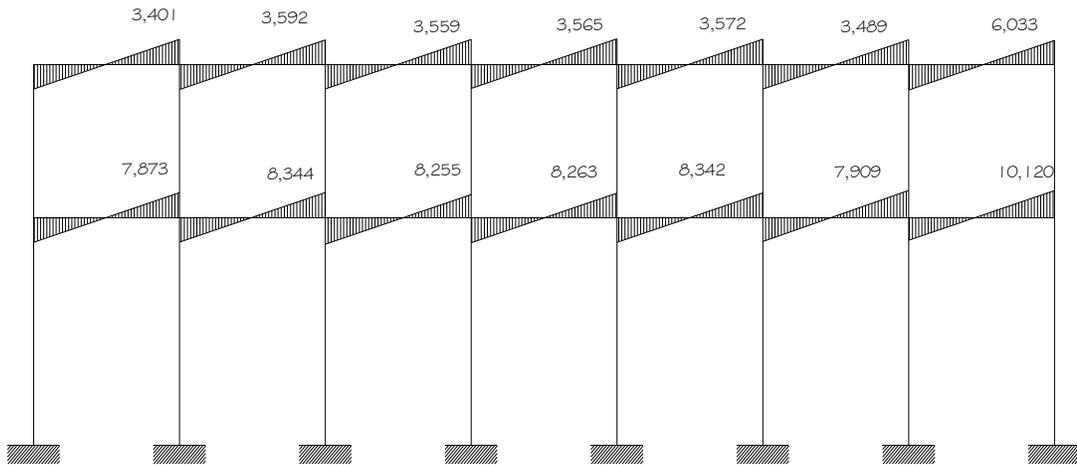
Vigas en y: Tramo C-D = $0.75 (1.4 (1,323.1 * 6) / 2 + 1.7 (264.3 * 6) / 2 + 1.87 (1,268 + 1,344.6) / 6) = 5,790 \text{ kg}$

Columnas en y: Tramo B-C = $(4,435 + 3,505) / 3.40 = 1,918.04 \text{ Kg}$

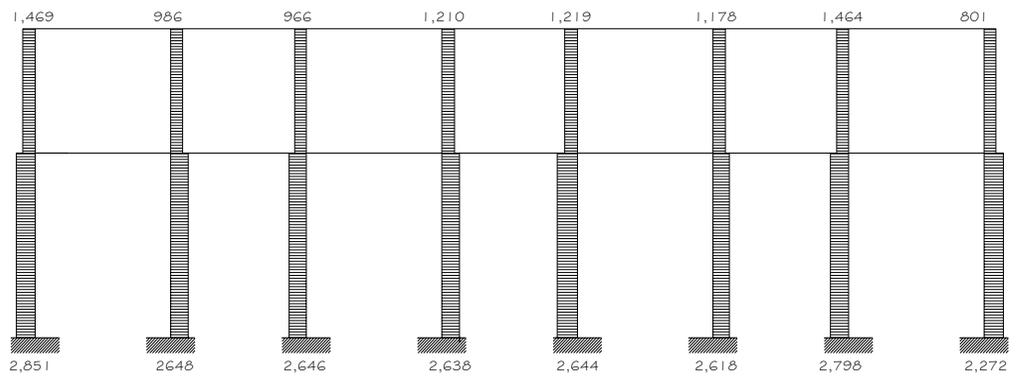
Resultados:

Los resultados de los cálculos realizados para obtener los cortes en los marcos dúctiles típicos, en los sentidos x e y, se observan en las figuras 12 y 13 respectivamente.

Figura 15. Diagrama de cortes últimos (Kg) - marco dúctil x

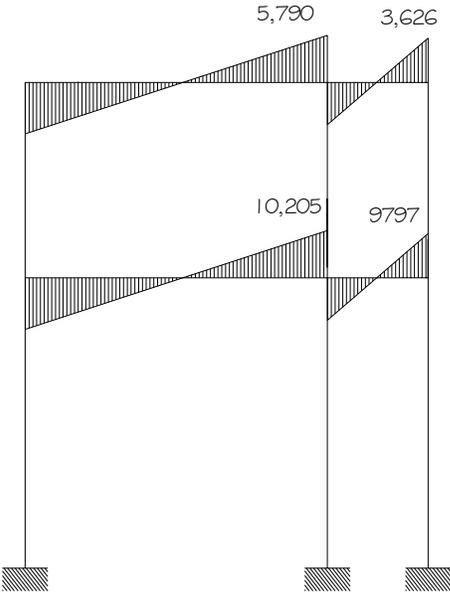


VIGAS

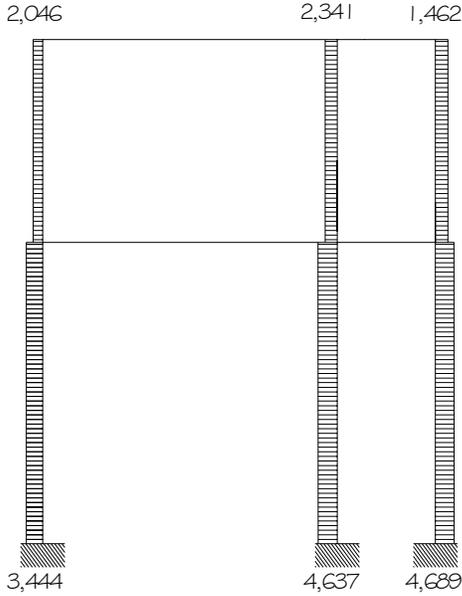


COLUMNAS

Figura 16. Diagrama de cortes últimos (Kg) - marco dúctil y



VIGAS



COLUMNAS

3.4. Diseño estructural

Diseño estructural es la actividad que se realiza, por medio de una serie de cálculos, con el fin de definir las características detalladas de los distintos elementos que componen una estructura, siendo esta la parte de la edificación que se destina para soportar las cargas que se presentaran en su vida útil.

Para el diseño estructural de este edificio, se usan los siguientes datos generales:

MATERIALES:	$F_y = 2,810 \text{ Kg/cm}^2$	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
	$E_s = 2.1 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2$	$E_c = 15,100(F_c)^{1/2} \text{ Kg/cm}^2$
	$W_c = 2,400 \text{ Kg/m}^3$	$W_s = 1,500 \text{ Kg/m}^3$
	$W_m = 150 \text{ Kg/m}^2$	
RECUBRIMIENTOS:	Cimientos = 0.075 m	Columnas = 0.025 m
	Vigas = 0.025 m	Losas = 0.025 m
OTROS:	$V_s = 29,300 \text{ Kg/m}^2$	

3.4.1. Diseño de losas

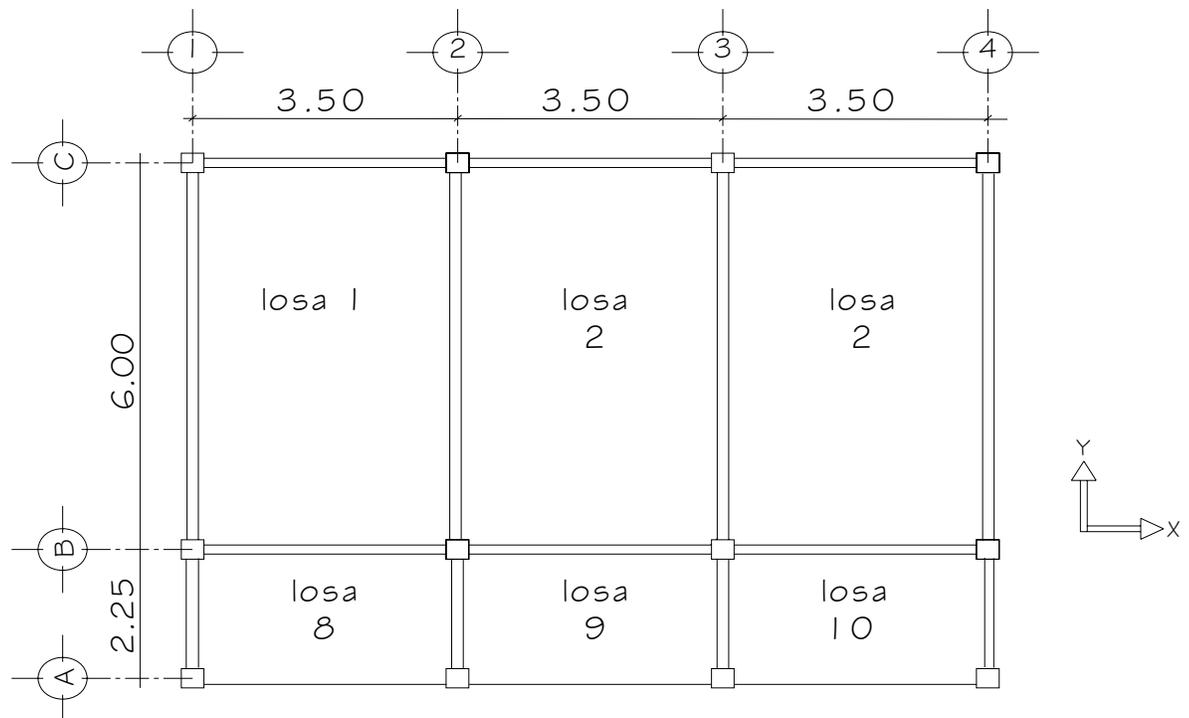
Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie, como entrepisos para transmitir cargas verticales, o como diafragmas para transmitir cargas horizontales. Por su espesor, pueden dividirse en: cascarones ($t < 0.09$), planas ($0.09 \leq t \leq 0.12$) y nervadas ($t > 0.12$). Para diseñarlas existen varios métodos, en éste caso se utiliza el método 3 ACI descrito en la sección siguiente.

En esta sección se detalla el procedimiento seguido para el diseño de las losas del edificio de aulas, aplicado a las losas del nivel 1; El procedimiento es el siguiente:

a) **Datos:** Los datos geométricos pueden observarse en la figura 1 página 62

b) **Esesor de la losa (t):** El cálculo del esesor de las losas se encuentra en la sección 3.1.5.1, dando como resultado $t = 0.12\text{cm}$.

Figura 17. Planta típica de distribución de losas, edificio de aulas



Carga muerta:

Peso de losa: (espesor * peso de concreto) = $0.12\text{m} * 2400\text{Kg/m}^3 = 288 \text{ Kg/m}^2$

Peso de techos: = $\frac{100 \text{ Kg/m}^2}{388 \text{ Kg/m}^2}$

Carga viva:

Aulas: 300 Kg/m^2

Pasillos: 500 Kg/m^2

Carga última = $1.4 * CM + 1.7 * CV$
= $1.4 * 388 \text{ Kg/m}^2 + 1.7 * 300 \text{ Kg/m}^2$

Carga última = **1,053.2 Kg/m² (en aulas)**

Carga última = **1,393.2 Kg/m² (en pasillos)**

Cálculo de los momentos actuantes:

Para los momentos se consideran franjas unitarias de un metro de ancho, con lo que se calculan los momentos positivos y negativos, por la simetría solo se calcularán cuatro losas por nivel.

Momentos negativos:

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

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

Momentos positivos:

$$M_{a(+)} = C_{a+} * CM_U * a^2 + C_{a+} * CV_U * a^2$$

$$M_{b(+)} = C_{b+} * CM_U * b^2 + C_{b+} * CV_U * b^2$$

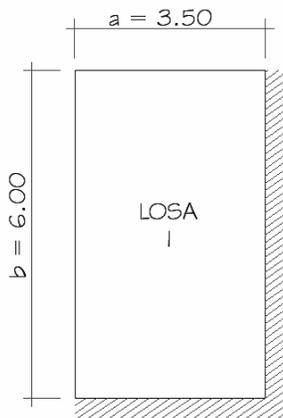
Donde:

M = momento actuante

C = coeficiente de tablas de ACI 318-99

CVu, CMu = carga viva y muerta últimas

a, b = dimensión considerada en el análisis



Losa 1:

$$m = 3.50/6.00 = 0.58 \rightarrow \text{caso 4.}$$

$$M_{X(-)} = 0.092 * 1,053.2 * 2.25^2 = 1,186.9 \text{ Kg-m}$$

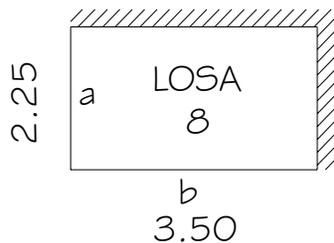
$$M_{Y(-)} = 0.008 * 1,053.2 * 6.0^2 = 303.3 \text{ Kg-m}$$

$$M_{X(+)} = 0.056 * 543.2 * 3.5^2 + 0.0722 * 510 * 3.5^2 = 823.7 \text{ Kg-m}$$

$$M_{Y(+)} = 0.005 * 543.2 * 6^2 + 0.007 * 510.0 * 6^2 = 226.29 \text{ Kg-m}$$

Losa 2:

$$m = 2.25/3.50 = 0.64 \rightarrow \text{caso 4.}$$



$$M_{X(-)} = 0.085 * 1,053.2 * 3.5^2 = 1,096.6 \text{ Kg-m}$$

$$M_{Y(-)} = 0.014 * 1,053.2 * 6.0^2 = 530.8 \text{ Kg-m}$$

$$M_{X(+)} = 0.052 * 543.2 * 3.5^2 + 0.070 * 510 * 3.5^2 = 783.3 \text{ Kg-m}$$

$$M_{Y(+)} = 0.005 * 543.2 * 6^2 + 0.007 * 510.0 * 6^2 = 226.2 \text{ Kg-m}$$

Losa 3:

$$M_{X(-)} = 1,096.6 \text{ Kg-m}$$

$$M_{Y(-)} = 530.8 \text{ Kg-m}$$

$$M_{X(+)} = 783.3 \text{ Kg-m}$$

$$M_{Y(+)} = 226.2 \text{ Kg-m}$$

Losa 9:

$$M_{X(-)} = 599.5 \text{ Kg-m}$$

$$M_{Y(-)} = 239 \text{ Kg-m}$$

$$M_{X(+)} = 444 \text{ Kg-m}$$

$$M_{Y(+)} = 106 \text{ Kg-m}$$

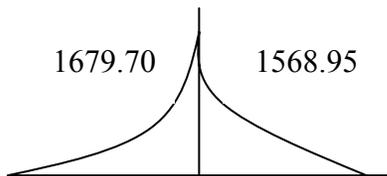
Balance de momentos:

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

Si $0.8 * M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$; entonces $M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}) / 2$

Si $0.8 * M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$; entonces $M_B =$ proporcional a su rigidez

Balance de momentos entre losas 1 y 2:

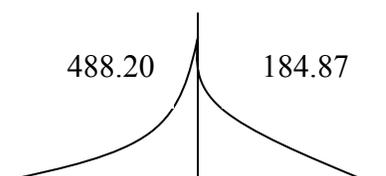


$$0.8 * 1679.70 = 1343.76 < 1568.95$$

$$\rightarrow M_B = (1679.70 + 1568.95) / 2$$

$$M_B = 1624.32 \text{ Kg-m}$$

Balance de momentos entre losas 1 y 9:



$$0.8 * 488.20 = 390.56 > 184.87$$

el balance se hace por rigideces

Balance de momentos entre losas 3 y 4:

$$0.8 (342.4) = 273.92 > 214.00$$

$$D2 = (1/2.25) / (1/2.25 + 1/6) = 0.72$$

$$D1 = (1/6) / (1/6 + 1/2.5) = 0.28$$

$$dM = 342.4 - 214.00 = 128 \text{ Kg.m}$$

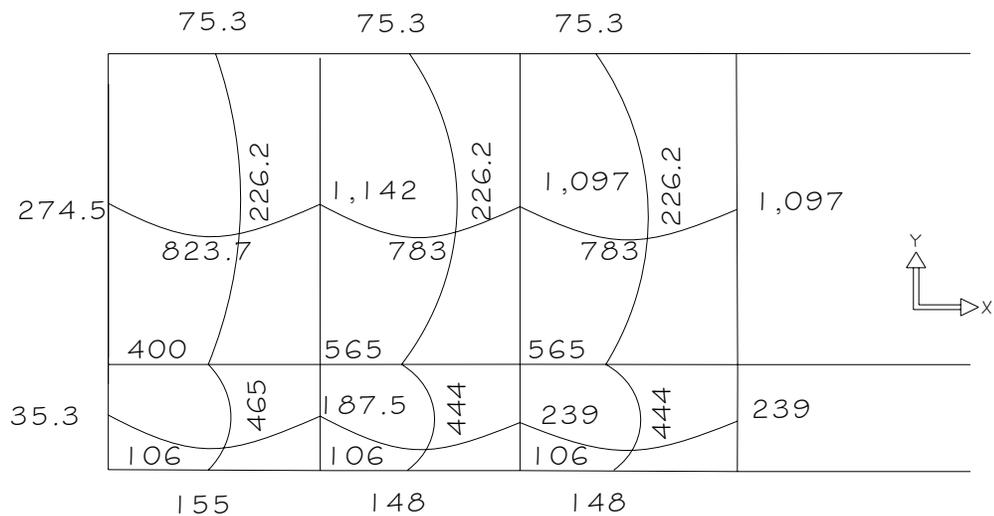
$$D1 = 0.5; \quad M = 649 - 345.7 * 0.72 = \mathbf{400.1}$$

$$D2 = 0.5; \quad M = 303.3 + 345.7 * 0.28 = \mathbf{400.1}$$

$$\text{Entre losas 2 y 9: } M_B = 565.1 \text{ Kg-m}$$

$$\text{Entre losas 8 y 9: } M_B = 187.5 \text{ Kg-m}$$

Figura 18. Momentos balanceados (Kg.m) en losas de entrepiso



Diseño del acero de refuerzo:

Se calcula como si se estuviera diseñando una viga con un ancho unitario de 1.00 mt, se propone utilizar para el armado, varillas de Ø3/8" (área = 0.71cm²).

Peralte efectivo:

$$d = t - \text{recubrimiento} - \text{diametro varilla} / 2 = 12 - 2.5 - .95/2 = 8.98 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d = \frac{14.1}{f_y} * b * d = (14.1/2810) * 100 * 8.98 = 4.5 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento S para $A_{s_{\min}}$.

$$\begin{aligned} 4.5 \text{ cm}^2 & \text{-----} 100 \text{ cm} \\ 0.71 \text{ cm}^2 & \text{-----} S \rightarrow 15 \text{ cms} \end{aligned}$$

Calculo del momento que resiste el $A_{s_{\min}}$.

$$M_{s_{\min}} = \phi \left(A_{s_{\min}} * f_y * \left(d - \frac{A_{s_{\min}} * f_y}{1.7 * f'_c * b} \right) \right); \text{ con } \phi = 0.90$$

$$M_{s_{\min}} = 98166 \text{ Kg-cm} = 981.6 \text{ Kg-m}$$

Según ACI 318 - 99 capítulo 13 sección 13.3.2 el espaciamento de la armadura en secciones criticas no debe exceder de 2 veces el espesor de la losa.

$$S_{\max} = 2t = 2(0.12) = 0.24 \text{ mt}$$

Cálculo de las áreas de acero requerido

Para los momentos menores que resiste el momento A_{smin} . Se usa A_{smin} . Y con un espaciamiento de S_{max} . Para los momentos mayores al A_{smin} .

$$A_s = (B*d - ((B*d)^2 - (M*B / 0.003825F_c))^{1/2} (0.85F_c / F_y)$$

Tabla X. Áreas de acero requeridas en las losas típicas del nivel 1

MOMENTO (m)	AREA ACERO	ESPACIAMIENTO
1,142 kg-m	5.27 Cm ²	0.14 m
1,097 kg-m	5.05 Cm ²	0.14 m
823.7 kg-m	4.41 Cm ²	0.16 m
783 kg-m	3.6 Cm ²	0.20 m

Chequeo por corte:

Las losas están sometidas a esfuerzos de corte, por lo que debe comprobarse si el espesor resiste este esfuerzo.

$$V_{\text{máximo actuante}} < V_{\text{resistente}}$$

$$V_{\text{max act}} = \frac{CU * L}{2}; = \frac{1,053.2 * 6}{2} = 3,160Kg$$

$$V_{res} = 45 * t * \sqrt{f'c} = 45 * 12 * \sqrt{210} = 7825.34Kg; \quad V_r > V_{act}.$$

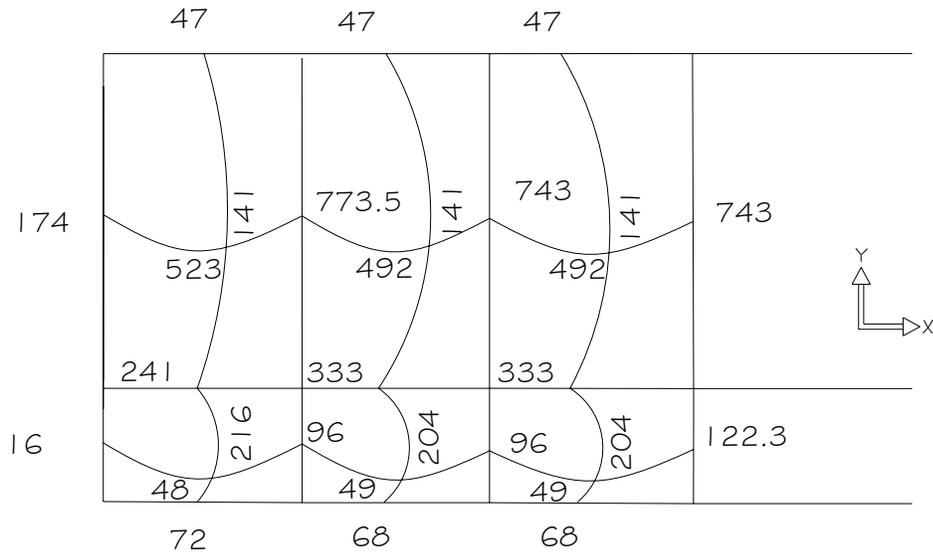
El espesor es adecuado para soportar los esfuerzos de corte.

Utilizar para el refuerzo, varillas Ø3/8" con un espaciamiento de 14 cms

Diseño de losas del nivel 2

Las losas del techo se diseñaron de la misma forma que las del entrepiso, en la figura 22 se presenta un esquema de los momentos actuantes balanceados.

Figura 19. Momentos balanceados (Kg.m) en losas de techo



Se utilizaron para el refuerzo, varillas $\varnothing 3/8''$ con un espaciamiento de 14 cms.

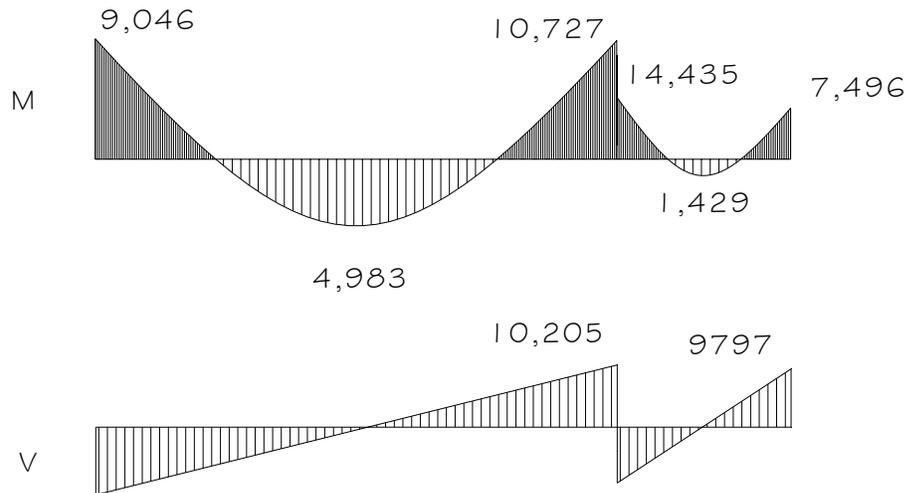
3.4.2. Diseño de vigas

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

Viga tipo 3

Los datos para el diseño del refuerzo, momentos y cortes se toman del análisis estructural.

Figura 20. Momentos (Kg.m) y cortes (Kg) de diseño, viga tipo 3



Peralte efectivo = $h - rec - \varnothing_{est} = 41 \text{ cms}$

Límites de acero:

$$A_{s_{min}} = (14.1/2810) * 30 * 41 = 6.1 \text{ cms}^2$$

$$A_{s_{MÁX}} = 0.50 \rho_{BAL} * b * d$$

$$\rho_{BAL} = \phi \rho_{MAX} = \phi ((0.003 * E_s * 0.85^2 F_c) / ((F_y + 0.003 * E_s) * F_y))$$

$\phi = 0.5$ en zona sísmica; $= 0.75$ en zona no sísmica

$$\rho_{BAL} = 0.036$$

$$A_{s_{MÁX}} = 0.5 * 0.036 * 30 * 41 = 22.14 \text{ cm}^2$$

Cálculo del acero longitudinal, momento negativo

$$A_{s_{long}} = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right) * \frac{0.85 * f'c}{f_y}$$

$$A_{s_{long}} (+) = \left(30 * 41 - \sqrt{(30 * 41)^2 - \frac{9,046 * 30}{0.003825 * 210}} \right) * \frac{0.85 * 210}{2810} = 4.96 \text{ cms}^2$$

$$A_{s_{long}} (-) = 9.27 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{long}} (-) = 11.13 \text{ cm}^2$$

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

a) Cama superior al centro:

$$33\% (A_{s_{req}} M_{(-)_{mayor}}) = 33\%(11.13 \text{ cms}^2) = 3.67 \text{ cms}^2$$

$$A_{s_{min}} = 6.1 \text{ cms}^2$$

Se debe optar por el valor mayor = 6.1 cms², esto se cubre con 2Ø3/4" + 1Ø1/2" = 6.97 cms²

b) Cama inferior en apoyos:

$$50\% (A_{s_{req}} M_{(-)_{mayor}}) = 50\%(11.13 \text{ cms}^2) = 5.56 \text{ cms}^2$$

$$50\% (A_{s_{req}} M_{(+)}) = 50\%(4.96 \text{ cms}^2) = 2.48 \text{ cms}^2$$

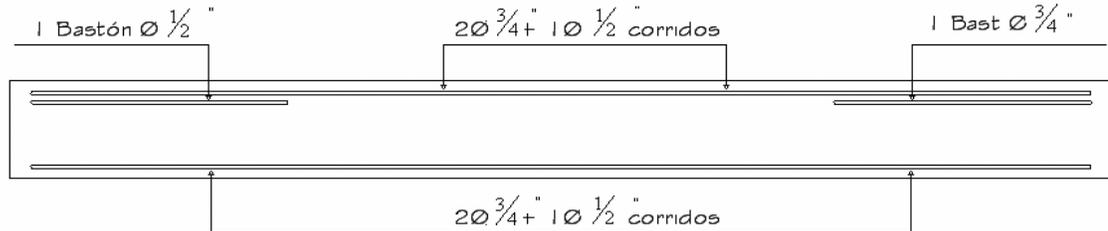
$$A_{s_{min}} = 6.1 \text{ cms}^2$$

Se debe optar por el valor mayor = 6.1 cms², esto se cubre con 2Ø3/4" + 1Ø1/2" = 6.97 cms²

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

En el esquema siguiente se ejemplifica el armado de la viga tipo 3.

Figura 21. Detalle de refuerzo longitudinal, viga tipo 3.



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.

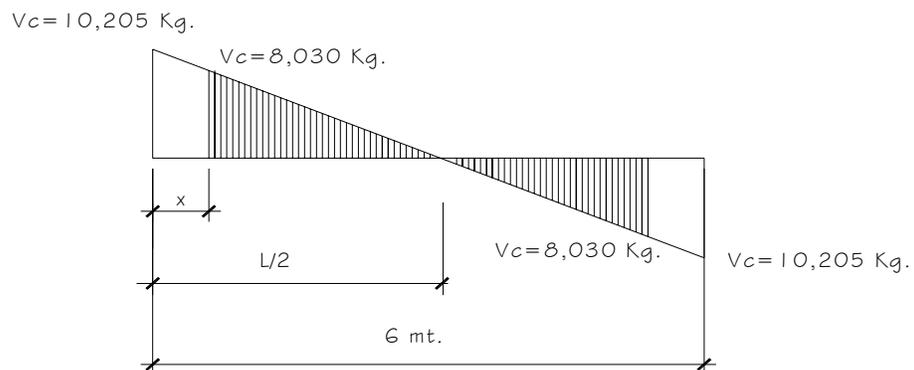
Corte que resiste el concreto = $V_c = \phi * 0.53 * b * d * \sqrt{f_c}$

$V_c = 0.85 * 0.53 * 30 * 4 * \sqrt{210} = 8,030 \text{ Kg}$

$V_u =$ corte último, según análisis estructural. = 10,205 kg

$V_c < V_u$; la viga necesita refuerzo por corte

Figura 22. Diagrama de corte.



$$\frac{10,205 \text{ kg}}{8,030 \text{ kg}} = \frac{3\text{mt}}{y}$$

y = 2.36 mt la distancia a confinar es de x = 0.64 mt por lo que

$$s = \frac{2A_v F_y d}{V_u} = 16 \text{ cm} = \frac{2 \cdot 0.71 \cdot 2,810 \cdot 41}{10,205} = 16 \text{ cm}$$

Smax = 41cm/2 = 20.5 cm, usar 20cm.

ACI determina que deben colocarse estribos en una longitud igual a dos veces la altura de los elementos pertenecientes a marcos, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión.

Debe seguirse las siguientes recomendaciones:

El primer estribo debe estar situado a no mas de 5 centímetros de la cara del elemento de apoyo.

El espaciamiento máximo de los estribos no debe exceder de:

$$d/4 = 8.9 \text{ cm}$$

$$8 \varnothing_{\text{var longitud}} = 10.16 \text{ cm}$$

$$24 \varnothing_{\text{var transv}} = 22.8 \text{ cm}$$

30 centímetros

La separación de los estribos en la región confinada será = 8.5 cms el resto a 20 cms.

Vigas tipo 1, 2, 4

Tabla XI. Resumen de área de acero de la viga tipo 3, primer nivel eje Y.

Momento (Kg-m)	As requerido (cms ²)	Armado propuesto		Refuerzo Transversal Ø3/8"
		As corrido	Bastones	
(-) 9,046	9.27	2#6 + 1#4	2#4	1er. @ 5 cms el resto en zona confinada @ 8.5 cms + resto @ 20cms
(-) 10,727	11.13	2#6 + 1#4	1#4	
(+) 4,983	4.96	2#6 + 1#4	—	
(-) 14,435	15.4	2#6 + 1#4	3#6	
(-) 7,496	7.59	2#6 + 1#4	1#4	
(+) 1,429	1.39	2#6 + 1#4	—	

Tabla XII. Resumen de área de acero de la viga tipo 4, segundo nivel eje Y.

Momento (Kg-m)	As requerido (cms ²)	Armado propuesto		Refuerzo Transversal # 3/8"
		As corrido	Bastones	
(-) 4,435	4.40	2#6 + 1#4	—	1er. @ 5 cms el resto en zona confinada @ 8.5 cms + resto @ 20cms
(-) 7,126	7.2	2#6 + 1#4	1#4	
(+) 5,093	5.07	2#6 + 1#4	—	
(-) 7,806	7.93	2#6 + 1#4	1#4	
(-) 2,546	2.49	2#6 + 1#4	—	
(+) 2,244	2.19	2#6 + 1#4	—	

En las tablas siguientes se detalla el resumen de los armados de las vigas 1 y 2

Tabla XIII. Resumen de área de acero para la viga tipo 1 eje x primer nivel

Momento (Kg-m)	As requerido (cms ²)	Armado propuesto		Refuerzo Transversal Ø3/8"
		As corrido	Bastones	
(-) 8,158	8.3	2#6+ 1#4	1#5	1er. @ 5 cms el resto en zona confinada @ 8.5 cms + resto @ 20cms
(-) 10,366	10.73	2#6+ 1#4	2#6	
(+) 1,880	1.83	2#6+ 1#4	—	
(-) 10,730	11.15	2#6+ 1#4	2#6	
(-) 10,327	10.69	2#6+ 1#4	3#4	
(+) 1,286	1.25	2#6+ 1#4	—	
(-) 10,266	10.68	2#6+ 1#4	3#4	
(-) 10,319	10.69	2#6+ 1#4	2#6	
(+) 1,599	1.83	2#6+ 1#4	—	
(-) 10,338	10.69	2#6+ 1#4	2#6	
(-) 10,313	10.69	2#6+ 1#4	2#4	1er. @ 5 cms el resto en zona confinada @ 8.5 cms + resto @ 20cms
(+) 1,373	1.83	2#6+ 1#4	—	
(-) 10,412	11.15	2#6+ 1#4	2#4	
(-) 10,475	11.15	2#6+ 1#4	2#6	
(+) 1,398	4.48	2#6+ 1#4	—	
(-) 9,936	10.25	2#6+ 1#4	2#6	
(-) 9,606	9.89	2#6+ 1#4	2#6	
(+) 1,293	1.25	2#6+ 1#4	—	
(-) 13,365	14.17	2#6+ 1#4	2#6+2#4	
(-) 13,022	13.77	2#6+ 1#4	2#6+2#4	
(+) 1,880	1.83	2#6+ 1#4	—	

Tabla XIV. Resumen de área de acero para la viga tipo 2 eje x segundo nivel

Momento (Kg-m)	As requerido (cms ²)	Armado propuesto		Refuerzo Transversal
		As corrido	Bastones	
(-) 2,607	2.55	2#6+ 1#4	—	1er. @ 5 cms el resto en zona confinada @ 8.5 cms + resto @ 20cms
(-) 3,887	3.84	2#6+ 1#4	—	
(+) 1,330	1.29	2#6+ 1#4	—	
(-) 4,018	3.97	2#6+ 1#4	—	
(-) 3,762	3.71	2#6+ 1#4	—	
(+) 746	0.72	2#6+ 1#4	—	
(-) 3,744	3.84	2#6+ 1#4	—	
(-) 3,792	3.74	2#6+ 1#4	—	
(+) 831	0.8	2#6+ 1#4	—	
(-) 3,795	3.74	2#6+ 1#4	—	
(-) 3793	3.74	2#6+ 1#4	—	
(+) 811	0.8	2#6+ 1#4	—	
(-) 3,806	3.76	2#6+ 1#4	—	
(-) 3,745	3.84	2#6+ 1#4	—	
(+) 832	0.8	2#6+ 1#4	—	1er. @ 5 cms el resto en zona confinada @ 8.5 cms + resto @ 20cms
(-) 4,482	4.44	2#6+ 1#4	—	
(-) 3,760	3.71	2#6+ 1#4	—	
(+) 746	4.48	2#6+ 1#4	—	
(-) 8,951	9.17	2#6+ 1#4	2#4	
(-) 7,317	7.4	2#6+ 1#4	1#4	
(+) 1,157	1.12	2#6+ 1#4	—	

3.4.3. Diseño de columnas y zapatas

Son elementos estructurales que trabajan principalmente a compresión, se encargan de recibir toda la carga actuante de losas, vigas y acabados, su refuerzo principal son barras longitudinales, colocadas en sentido paralelo a la aplicación de la carga.

Para este caso, se realizó el diseño de la columna crítica, el área tributaria se muestra en la figura 1, los momentos flexionantes y el corte actuante críticos se tomaron del análisis estructural, los datos de refuerzo se aplican a las columnas restantes del mismo nivel:

Diseño de columna del segundo nivel:

Datos:

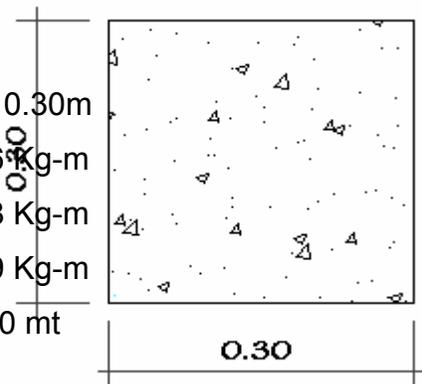
Sección de columna = 0.30m x 0.30m

Momento máximo en X = 2,906 Kg-m

Momento máximo en Y = 4,878 Kg-m

Corte actuante máximo = 1,469 Kg-m

Longitud efectiva = 2.90 mt



Sección de columna

Solución:

Área tributaria: = 14.00 m²

Carga última (CU):

$$CU = 1.4 * CM + 1.7CV = 1.4 * 378 + 1.7 * 100 = 699.2 \text{ Kg/m}^2$$

Peso de vigas (Pv):

$$P_v = (b * h * \gamma_{conc} * L); \text{ L= longitud de vigas unidas a la columna}$$
$$= (0.30 * 0.45 * 9 * 2,400) = 2,916 \text{ Kg/m}$$

Factor de carga última:

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV} = \frac{699.2 \text{ Kg/m}^2}{378 \text{ Kg/m}^2 + 100 \text{ Kg/m}^2} = 1.46$$

Carga axial última:

$$PU = A_{trib} * CU + P_v * FCU = 14 * 699.2 + 2,916 * 1.46 = 14,046 \text{ Kg}$$

Cálculo de esbeltez:

Una columna se considera esbelta cuando su relación B/L es muy grande, para clasificar una columna de acuerdo a su esbeltez se debe tomar en cuenta:

- Cortas; si $E < 21$
- Intermedias; $21 < E < 100$, 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

$$E = \frac{K * Lu}{R}$$

Donde:

K = coeficiente de rigidez de la columna

Lu = longitud efectiva de pandeo, depende del empotramiento de sus extremos

R = radio de giro

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:

Eje X:

$$\psi = \frac{\sum K_{columnas}}{\sum K_{vigas}} = \frac{\sum \frac{I_{col}}{L_{col}}}{\sum \frac{I_{vigas}}{L_{vigas}}}$$

$$I_{col} = \frac{1}{12}(0.30)(0.30)^3 = 0.000675$$

$$I_{vig} = \frac{1}{12}(0.30)(0.45)^3 = 0.00227$$

$$K_{col} = \frac{0.0002045}{3.3} = 0.0002045$$

$$K_{vig} = \frac{0.00227}{6} = 0.0003783$$

$$\psi_A = \frac{0.0002045}{(0.0003783 + 0.0002045)} = 0.35 \quad \psi_b = \frac{0.0002045 + 0.0002045}{(0.0003783 + 0.0001008)} = 0.29$$

$$\psi_{prom} = 0.32$$

$$K = \frac{20 - \psi_{prom}}{20} * \sqrt{1 + \psi_{prom}} = \frac{20 - 0.32}{20} * \sqrt{1 + 0.32} = 1.13$$

$$\text{Esbeltéz } E = \frac{1.13 * 2.9}{0.30 * 0.30} = 36.41$$

Eje Y:

Los resultados se resumen a continuación

$$\psi_A = 0.15$$

$$\psi_b = 0.31, \quad \rightarrow \psi_{prom} = 0.23$$

$$K = 1.1$$

$$E = \frac{1.1 * 2.90}{0.30 * 0.30} = 35.44$$

Los valores de esbeltez en los dos ejes se encuentran dentro del rango de 21 a 100, la columna se cataloga como intermedia, por lo cual es necesario magnificar los momentos actuantes.

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}}, \text{ donde } P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * Lu)^2} \quad \text{y} \quad EI = \frac{0.4 * E_c * I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{\text{Momento máximo de carga muerta}}{\text{Momento máximo último}},$$

$$\beta_d = \frac{529.2}{699.2} = 0.75, \quad E_c = 15100 * \sqrt{210} = 218819.80 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$EI = \frac{218819.8 * 67500}{1 + 0.75} = 337.6 \text{ T} - \text{m}^2, \quad P_{cr} = \frac{\pi^2 * 337.6}{(1.13 * 290)^2} = 310.27 \text{ Kg}$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{14.04}{0.70 * 310.27}} = 1.1$$

El momento de diseño en el sentido x está dado por:

$$M_{dx} = \delta_x * M_x = 1.1 * 2,906.2 = \mathbf{2962.70 \text{ Kg-m}}$$

Eje y, momento de diseño:

$$M_{dy} = \delta_y * M_y = 1.1 * 4,435 = \mathbf{4,878.5 \text{ Kg-m.}}$$

Cálculo del acero longitudinal:

El diseño del acero longitudinal de la columna se realiza por medio de la fórmula de Bresler, desarrollada para calcular los valores máximos de la carga de compresión que actúa a excentricidades e_x y e_y en secciones con refuerzo simétrico, la expresión utilizada es:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} - \frac{1}{P'o} \quad \text{Donde:}$$

$P'u$ = carga normal máxima que actúa a excentricidades e_x y e_y ;

$P'x$ = carga normal máxima cuando se encuentra presente la excentricidad “ e_y ” ($e_x = 0$) $P'x = k'_x * f_c * \text{sección del elemento}$;

$P'y$ = carga normal máxima cuando se encuentra presente la excentricidad “ e_x ” ($e_y = 0$) $P'y = k'_y * f_c * \text{sección del elemento}$;

$P'o$ = carga axial máxima que puede resistir la columna, o la carga concéntrica que resiste la misma, ($e_x = 0, e_y = 0$) $= 0.70 * (0.85 * f_c * A_g + A_s * f_y)$

k'_x y k'_y = coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para el diseño de columnas.

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.

Datos:

$$P_u = 14,046 \text{ Kg}$$

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

$$M_{dx} = 2,906.2 \text{ Kg-m}$$

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

$$M_{dy} = 4,878.5 \text{ Kg-m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2.5 \text{ cm.}$$

Según ACI: $1\%A_g \leq A_s \leq 6\%A_g$ para zonas sísmicas; usando 4#3/4" + 4#1/2" = 16.48 cm², se tiene

a) $Y_x = d_x/h_x = 24/30 = 0.8$

$$Y_y = d_y/h_y = 24/30 = 0.8$$

b) Valor de la curva: $\rho_u = \frac{A_s * f_y}{A_g * 0.85 * f'_c} = \frac{16.48 * 2810}{30 * 30 * 0.85 * 210} = 0.35$

c) Excentricidades:

$$e_x = M_{dx} / P_u = 2,906/14,046 = 0.20$$

$$e_y = M_{dy} / P_u = 4,878.5/14,046 = 0.34$$

d) Valor de las diagonales:

$$e_x / h_x = 0.20 / 0.30 = 0.66$$

$$e_y / h_y = 0.34 / 0.30 = 1.13$$

Con los incisos a, b y d se encuentran los valores de los coeficientes en el diagrama de interacción (ver anexos):

$$k_x = 0.28 \quad \& \quad k_y = 0.14$$

$$P'_x = 0.28 * 210 * 30 * 30 = 52,920 \text{ Kg}$$

$$P'_y = 0.14 * 210 * 30 * 30 = 26,460 \text{ Kg}$$

$$P'_o = 0.70 * (0.85 * 210 * (900 - 16.48)) + 16.48 * (2,810) = 142,811.9 \text{ Kg}$$

Calculando P'u:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{52,920} + \frac{1}{26,460} - \frac{1}{142,811.9} = P'u = 20,161.2 \text{ Kg}$$
$$PU = 14,046 \text{ Kg}$$

P'u > Pu; por lo tanto si resiste las cargas aplicadas.

Refuerzo a corte:

El refuerzo a corte consistirá en estribos perpendiculares a la dirección de la carga axial, las 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.

a) Corte resistente:

$$V_r = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 27.5 = 5,386 \text{ Kg}$$

$V_r > V_{act}$; si se soporta el esfuerzo de corte, colocar refuerzo mínimo a espaciamiento máximo = $d/2 < 30 \text{ cms}$.

b) Espaciamiento en zona no confinada:

$S = d/2 = 27/2 = 13.5 \text{ cms}$, se usará un espaciamiento de estribos a 13cms.

c) confinamiento:

Según ACI la longitud de confinamiento es la mayor de estas opciones:

$$L_o = \begin{cases} L / 6 = 3.30 / 6 = 0.55\text{m} \\ \text{Lado mayor} = 0.30 \text{ m} \end{cases}$$

Longitud de confinamiento = 55 cms, en ambos extremos de la columna.

d) Espaciamiento de estribos en zona confinada:

Relación volumétrica:

$$\rho_s = 0.45 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{0.85 * f'_c}{f_y} \right)$$

Donde: A_{ch} = Área chica = $dx * dy = 24 * 24 = 576 \text{ cm}^2$

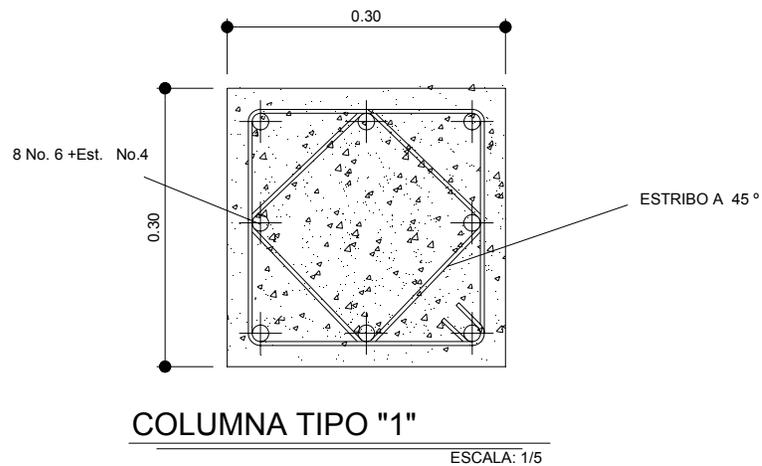
$$\rho_s = 0.45 * \left(\frac{900}{625} - 1 \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right) = 0.01257$$

$$S_c = \frac{2 * A_v}{\rho_s * L_e} = \frac{2 * 1.27}{0.01257 * 24} = 8.4 \text{ cm}$$

Espaciamiento en confinamiento (con estribos # 1/2") = 8.4 cm. colocar a 8 cm.

Por tener varillas en las caras de la columna, se colocaron estribos rotados a 45 °.

Figura 23. Detalle de la colocación de los estribos.



Diseño de columna del primer nivel:

Datos:

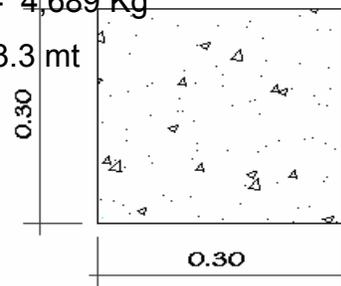
Sección de columna = 0.30m x 0.30m

Momento máximo en X = 7,437.5 Kg-m

Momento máximo en Y = 6,874.6 Kg-m

Corte actuante máximo = 4,689 Kg

Longitud efectiva = 3.3 mt



Sección de columna

Solución:

$$\text{Área tributaria:} = 14.00 \text{ m}^2$$

Carga última (CU):

$$CU = 1.4 * CM + 1.7 CV = 1.4 * 378 + 1.7 * 300 = 1,039.2 \text{ Kg/m}^2$$

Peso de vigas (Pv):

$$Pv = (b * h * \gamma_{conc} * L); L = \text{longitud de vigas unidas a la columna}$$
$$= (0.30 * 0.45 * 9 * 2,400) = 2,916 \text{ Kg/m}$$

Factor de carga última:

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV} = \frac{1,039.2 \text{ Kg/m}^2}{378 \text{ Kg/m}^2 + 300 \text{ Kg/m}^2} = 1.53$$

Carga axial última:

$$PU = A_{trib} * CU + Pv * FCU + \text{Carga acolumna nivel superior} + P_{propio columna nivel superior} * FCU$$
$$= 14 * 1,039.2 + 14,046 + 2,916 * 1.46 + 669.6 * 1.53 = 34,080.6 \text{ Kg}$$

Cálculo de esbeltez:

Eje X:

$$\psi = \frac{\sum K_{columnas}}{\sum K_{vigas}} = \frac{\sum \frac{I_{col}}{L_{col}}}{\sum \frac{I_{vigas}}{L_{vigas}}}$$

$$I_{col} = \frac{1}{12} (0.30)(0.30)^3 = 0.000675$$

$$I_{vig} = \frac{1}{12} (0.30)(0.45)^3 = 0.00227$$

$$K_{col} = \frac{0.0002045}{3.3} = 0.0002045$$

$$K_{vig} = \frac{0.00227}{6} = 0.0003783$$

$$\psi_A = \frac{0.0002045 + 0.0002045}{(0.0003783 + 0.0001008)} = 0.29 \quad \psi_b = \frac{0.000675}{0} = 0$$

$$\psi_{prom} = 0.14$$

$$K = \frac{20 - \psi_{prom}}{20} * \sqrt{1 + \psi_{prom}} = \frac{20 - 0.14}{20} * \sqrt{1 + 0.14} = 1.06$$

$$\text{Esbeltez } E = \frac{1.06 * 3.1}{0.30 * 0.30} = 36.51$$

Eje Y:

Los resultados se resumen a continuación

$$\psi_A = 0.15$$

$$\psi_b = 0.31, \quad \rightarrow \psi_{prom} = 0.32$$

$$K = 1.1$$

$$E = \frac{1.1 * 3.1}{0.30 * 0.30} = 37.88$$

Los valores de esbeltez en los dos ejes se encuentran dentro del rango de 21 a 100, la columna se cataloga como intermedia, por lo cual es necesario magnificar los momentos actuantes.

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi Pcr}}, \text{ donde } Pcr = \frac{\pi^2 * EI}{(K * Lu)^2} \text{ y } EI = \frac{0.4 * Ec * Ig}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{\text{Momento máximo de carga muerta}}{\text{Momento máximo último}},$$

$$\beta_d = \frac{529.2}{1,039.2} = 0.50, \quad Ec = 15100 * \sqrt{210} = 218819.80 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$EI = \frac{218819.8 * 67500}{1 + 0.5} = 393.86 \text{ T} - \text{m}^2, \quad Pcr = \frac{\pi^2 * 393.86}{(1.06 * 3.1)^2} = 317.6 \text{ Kg}$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{34.08}{0.70 * 317.6}} = 1.18$$

El momento de diseño en el sentido x está dado por:

$$Mdx = \delta_x * M_x = 1.18 * 6,303 = \mathbf{7,437.5 \text{ kg-m}}$$

Eje y, momento de diseño:

$$Mdy = \delta_y * M_y = 1.18 * 5,826 = \mathbf{6,874.6 \text{ kg-m.}}$$

Cálculo del acero longitudinal:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} - \frac{1}{P'o} \quad \text{Donde:}$$

Datos:

$$\begin{array}{ll} P_u = 34,081 \text{ Kg} & f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \\ M_{dx} = 7,437.5 \text{ Kg-m} & f_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2 \\ M_{dy} = 6,874.6 \text{ Kg-m} & \text{Recubrimiento} = 2.5 \text{ cms} \end{array}$$

Según ACI: $1\%A_g \leq A_s \leq 8\%A_g$; usando $8\#3/4" = 22.8 \text{ cm}^2$, se tiene

a) $Y_x = d_x/h_x = 24/30 = 0.8$
 $Y_y = d_y/h_y = 24/30 = 0.8$

b) Valor de la curva: $\rho_u = \frac{A_s * f_y}{A_g * 0.85 * f'_c} = \frac{22.8 * 2810}{30 * 30 * 0.85 * 210} = 0.70$

c) Excentricidades:

$$e_x = M_{dx} / P_u = 7,437.5/34,081 = 0.21$$

$$e_y = M_{dy} / P_u = 4,878.5/34,081 = 0.20$$

d) Valor de las diagonales:

$$e_x / h_x = 0.21 / 0.30 = 0.70$$

$$e_y / h_y = 0.20 / 0.30 = 0.66$$

Con los incisos a, b y d se encuentran los valores de los coeficientes en el diagrama de interacción (ver anexos):

$$k_x = 0.33 \quad \& \quad k_y = 0.36$$

$$P'_x = 0.33 * 210 * 30 * 30 = 62,370 \text{ Kg}$$

$$P'_y = 0.36 * 210 * 30 * 30 = 68,040 \text{ Kg}$$

$$P'o = 0.70 * (0.85*210(900 - 22.8) + 22.8(2,810)) = 154,453.7 \text{ Kg}$$

Calculando P'u:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{62,370} + \frac{1}{68,040} - \frac{1}{154,453.7} = P'u = 41,226.6 \text{ Kg}$$

$P'u > P_u$; por lo tanto si resiste las cargas aplicadas.

Refuerzo de corte:

a) Corte resistente:

$$V_r = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 27.5 = 5,386 \text{ Kg}$$

$V_r > V_{act}$; si se soporta el esfuerzo de corte, colocar refuerzo mínimo a espaciamiento máximo = $d/2 < 30 \text{ cms}$.

b) Espaciamiento en zona no confinada:

$S = d/2 = 27/2 = 13.5 \text{ cms}$, se usará un espaciamiento de estribos de 13cms.

c) Confinamiento:

Según ACI la longitud de confinamiento es la mayor de estas tres opciones:

$$L_o = \begin{cases} L / 6 = 3.30 / 6 = 0.55\text{m} \\ \text{Lado mayor} = 0.30 \text{ m} \end{cases}$$

Longitud de confinamiento = 55 cms, en ambos extremos de la columna.

d) espaciamiento de estribos en zona confinada:

Relación volumétrica:

$$\rho_s = 0.45 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{0.85 * f'_c}{f_y} \right)$$

Donde: A_{ch} = Área chica = $dx * dy = 24 * 24 = 576 \text{ cm}^2$

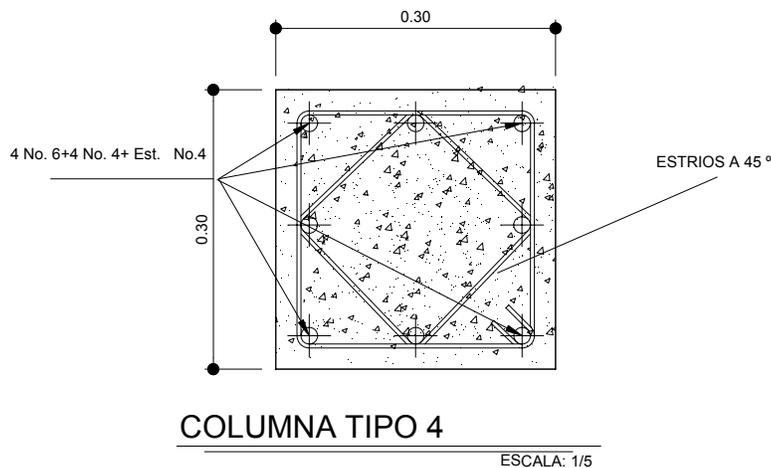
$$\rho_s = 0.45 * \left(\frac{900}{625} - 1 \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right) = 0.01257$$

$$S_c = \frac{2 * A_v}{\rho_s * L_e} = \frac{2 * 1.27}{0.01257 * 24} = 38.4 \text{ cm}$$

Espaciamiento en confinamiento (con estribos #1/2") = 8.4 cm colocar a 8 cm.

Por tener varillas en las caras de la columna, se colocaron estribos rotados a 45°.

Figura 24. Detalle de la colocación de los estribos.



Diseño de Cimientos (zapatas)

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

Diseño de Zapatas

Se consideró una sección cuadrada para simplificar el armado y construcción, los datos para diseño son: valor soporte del suelo y los momentos según el análisis estructural.

Datos:

$$\begin{aligned} P_u &= 34,081 \text{ Kg} & f'_c &= 210 \text{ Kg/cm}^2 \\ M_{dx} &= 6,303 \text{ Kg-m} & f_y &= 2810 \text{ Kg/cm}^2 \\ M_{dy} &= 5,826 \text{ Kg-m} & \text{Recubrimiento} &= 7.5 \text{ cms} \\ \text{Valor soporte del suelo} &= 29.3 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

Factor de carga última:

$$FCU = \frac{1.4CM + 1.7CV}{CM + CV} = 1.53$$

Cargas de trabajo:

$$P' = \frac{P_u}{FCU} = \frac{34.08T}{1.53} = 22.27T$$

$$M'_{x} = \frac{M_x}{FCU} = \frac{6.3T - m}{1.53} = 4.11T - m$$

$$M'_{y} = \frac{M_y}{FCU} = \frac{5.82T - m}{1.53} = 3.8T - m$$

Área de la zapata:

$$A_z = \frac{1.5 * P'}{V_s} = \frac{1.5 * 22.27 \text{ Ton}}{29.3 \text{ Ton}/m^2} = 1.14 m^2$$

Se propone una zapata cuadrada de 2 mt x 2 mt, con un área de 4mt²,
t = 0.40m.

Presión sobre el suelo:

$$q' = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'x}{S_x} \pm \frac{M'y}{S_y}$$

Donde:

$$S_x = S_y = (1/6) * b * h^2 = (1/6) * 2 * 2^2 = 1.33$$

$$P = P' + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$$

Cálculo de cargas aplicadas sobre el suelo:

$$P_{\text{columna}} = 0.30 * 0.30 * 1.5 * 2.4 = 0.32 \text{ Ton.}$$

$$P_{\text{suelo}} = 4 * 1.50 * 1.49 = 8.9 \text{ Ton.}$$

$$P_{\text{cimiento}} = 4 * 0.5 * 2.40 = 4.8 \text{ Ton.}$$

$$P' = \underline{\underline{22.27 \text{ T}}}$$

$$\text{Entonces } P = \mathbf{36.29 \text{ Ton.}}$$

La presión sobre el suelo no debe ser mayor que el valor soporte ni menor que 0.

$$q_{\text{max}} = < V_s$$

$$q_{\text{min}} = > 0$$

$$q' = 9.08 \frac{\text{Ton.}}{m^2} \pm 3.09 \frac{\text{Ton.}}{m^2} \pm 2.85 \frac{\text{Ton.}}{m^2}$$

$$q_{max} = 15.02 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow \text{menor que el valor soporte del suelo}$$

$$q_{min} = 3.14 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow \text{mayor que 0; no existe tensión del suelo}$$

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, pero si se quiere tomar un criterio conservador, se realiza el diseño con la presión máxima, esta debe estar afectada por el factor de carga última:

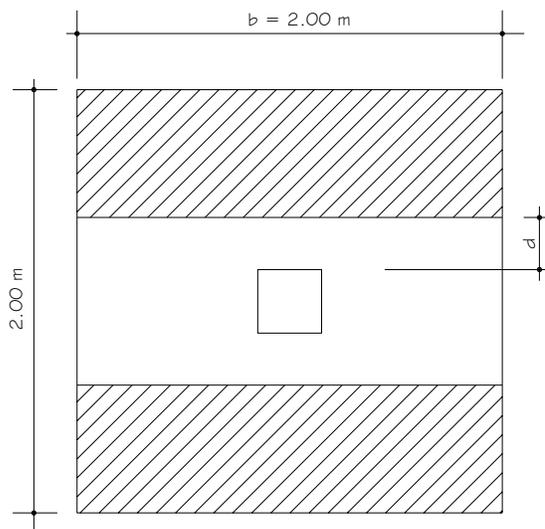
Presión última de diseño:

$$q_{dis} = q_{max} * FCU = 15.02T / m^2 * 1.53 = 22.98T / m^2$$

Chequeo por corte simple:

Ocurre a una distancia “d” del borde de la columna, por tal razón debe chequearse en ese punto si el peralte resiste el esfuerzo cortante, suponiendo un armado con varillas Ø5/8” se tiene:

Figura 25. Detalle de chequeo por corte simple.



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

$$= 40 - 8 - 1.9/2 = 31.05 \text{ cm.}$$

$$d1 = \frac{L_{zapata}}{2} - \frac{L_{columna}}{2} - d = \left(\frac{2}{2}\right) - \left(\frac{0.3}{2}\right) - 31.05 = 53.9 \text{ cm.}$$

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

$$V_{act} = 2 * 0.54 * 22.98 \text{ T/m}^2 = \mathbf{24.81 \text{ T}}$$

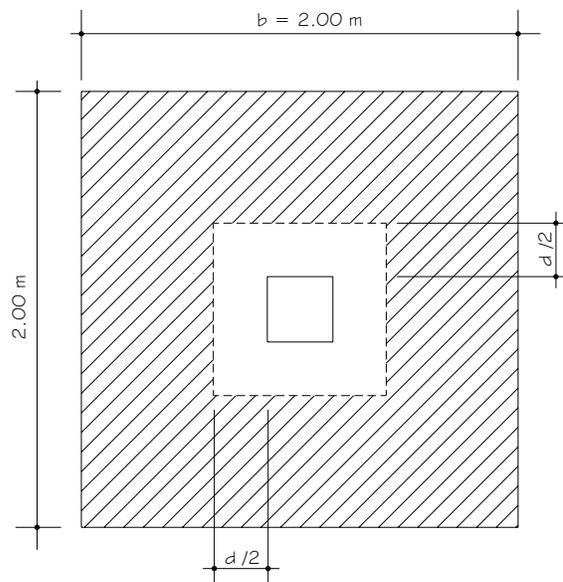
$$V_{res} = 0.53 * \phi * \sqrt{f'c} * b * d / 100$$

$$V_{res} = 0.85 * 0.53 * 210^{1/2} * 200 * 31.05 = \mathbf{40.54 \text{ T}}$$

$V_{res} > V_{act}$, 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 zapata.



$$V_{act} = \text{Área ashurada} * q_{dis} = (2^2 - (0.61 * 0.61)) * 22.98 \text{T/m}^2$$

$$V_{act} = 83.3 \text{Ton.}$$

$$V_{res} = 0.85 * 1.06 * f_c^{1/2} * b_o * d$$

b_o = perímetro de sección de punzonamiento

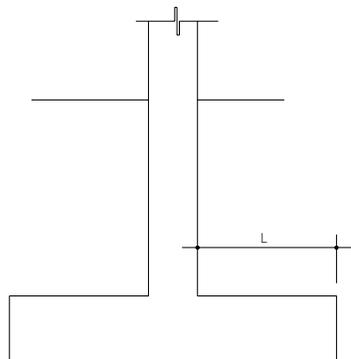
$$= 0.85 * 1.06 * 210^{1/2} * 244.2 * 31.05$$

$$= 99,001.4 \text{ Kg} = 99 \text{ Ton.}$$

$V_{res} > V_{act}$, resiste el corte punzonante, por lo tanto el peralte es correcto

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 en el sentido Y

$$Mu = \frac{W * L^2}{2} = \frac{22.98 \text{T/m}^2 * \left(\frac{2}{2} - \frac{0.3}{2}\right)^2}{2} = 8.3 \text{T} - m$$

Cálculo del área de acero:

$$As_{long} = \left(100 * 31.05 - \sqrt{(100 * 31.05)^2 - \frac{8,300 * 100}{0.003825 * 210}} \right) * \frac{0.85 * 210}{2810}$$

$$As_{long} = 10.86 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \rho_{min} * b * d = \frac{14.1 * 100 * 31.05}{2810} = 15.58 \text{ cm}^2$$

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

$$S = \frac{Av * 100}{As} = \frac{2.85 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{15.58 \text{ cm}^2} = 18.2 \text{ cm} = 18 \text{ cm}.$$

Reforzar las zapatas con varillas # 3/4" @18 cms, en ambos sentidos

3.4.4. Cimiento corrido para muros (tabiques)

a) **Datos:**

$$Fcu = 1.53$$

$$Vs = 29.3 \text{ T/m}^2$$

$$Ps = 1.4 \text{ T/m}^3$$

$$Pc = 2.4 \text{ T/m}^3$$

b) Carga última: $CU = CU_{\text{MUROS}}$

$$= 3,226.00 \text{ Kg/m}$$

c) Área del cimiento: $A = 1.50(CU/F_{cu})/V_s$

$$= 1.50(3,226/1.53)/29,300 = 0.107 \text{ m}^2$$

Usando una longitud unitaria de 1.00m y proponiendo

$$\text{Un ancho de } 0.400\text{m} \longrightarrow = 0.40 \times 1.00 = 0.40\text{m}^2$$

d) Chequeo de presión sobre el suelo: $q_{\text{MÁXIMA}} = P'/A$

$$P' = CU \times 1.00 / F_{cu} + P'_{\text{SUELO}} + P'_{\text{CIMIENTO}}$$

$$= 3,226.8 \times 1.00 / 1.53 + (0.60 \times 1.00 \times 0.40 \times 1,400)$$

$$+ (0.40 \times 0.20 \times 2,400) = 2,471 \text{ Kg}$$

$$q_{\text{MÁXIMA}} = 2,471 / 0.40 = 6,177 \text{ Kg} \quad q_{\text{MÁXIMA}} < V_s$$

e) Chequeo por corte simple:

$$V_A = AP \times q_{\text{máximo}} \times F_{cu}$$

$$= (0.15 \times 1) (6,177) \times 1.53 = 1,417.6 \text{ kg}$$

$$V_R = 0.85 \times 0.53 \times (F_c^{1/2}) \times b \times d$$

$$V_R = 0.85 \times 0.53 \times (210^{1/2}) \times 100 \times 12$$

f) Chequeo por flexión:

$$M = (q_u \times L^2) \times LU / 2 = (1.53 \times 6,177.00) (0.20^2) \times 1.00 / 2$$

$$M = 219.00 \text{ Kg.m} \quad A_s = 0.72 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{MÍNIMO}} = 0.002 * 100 * 20 = 4 \text{ cm}^2$$

Usar $A_{\text{MÍNIMO}}$ No.3 a 20 cm.

d) Acero en sentido longitudinal:

$$A_{\text{TEMPERATURA}} = 0.002 * 40 * 20 = 1.6 \text{ cm}^2$$

Usar 2.82 = 3 varillas No.3 corrida

3.4.5. Instalaciones Eléctricas

Constan de Iluminación y Fuerza, para iluminación se diseñaron dos circuitos por nivel con un máximo de 12 unidades, para fuerza dos circuitos por nivel con un máximo de 12 unidades.

3.4.6. Instalaciones Hidráulicas

Agua potable

Todo el sistema de agua potable será por medio de circuito cerrado, para que la presión sea la misma en cada punto, con tubería PVC $\phi \frac{3}{4}$ ", los abastos por medio de tubería PVC $\phi \frac{1}{2}$ ".

Drenajes

Las instalaciones de aguas negras y aguas pluviales se trabajaron en sistemas separativos, será por medio de tubería PVC de ϕ 4", 3" y 2". En la descarga del drenaje a la red municipal se utilizará tubería PVC de ϕ 6".

3.4.7. Planos constructivos

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Estos son representaciones gráficas que detallan todas las partes y los trabajos a realizar en el proyecto, que sirven para presupuestar, contratar y construir los diferentes trabajos del mismo.

Los planos elaborados para el edificio de aulas son:

Planta acotada, planta amueblada, planta de acabados, planta de cimentación y columnas, planta de armado de losa, planta de agua potable, planta de iluminación y fuerza y detalles.

3.4.8. Presupuesto

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 de. Para el proyecto que se está diseñando, se elaboró un presupuesto a base de precios unitarios

a) Renglones de trabajo: aquí se separan cada uno de los componentes por unidades de ejecución y se enumeran por renglones, tratando de ordenarlos siguiendo la secuencia lógica de ejecución.

b) Cuantificación de los renglones de trabajo: ya desglosado el proyecto, se procede a asignarle a cada renglón una unidad de medida, luego se calculan todas las cantidades de trabajo de cada renglón.

c) Precio unitario: el precio por unidad de medida o unidad de pago se obtuvo 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 necesarios 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 y cuyo valor es de 30%.

d) Costo total por renglón: el costo total de cada renglón se obtuvo multiplicando los valores obtenidos en los incisos b y c, o sea, multiplicando la cantidad de trabajo por el precio unitario en cada renglón.

e) Costo total del proyecto: para este costo se hizo la sumatoria de todos los costos totales por renglones del proyecto.

Tabla XV. Presupuesto escuela

PROYECTO:	EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES
UBICACIÓN:	ALDEA EL PORVENIR
MUNICIPIO:	SAN PABLO
DEPARTAMENTO:	SAN MARCOS

CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO Y PRECIOS UNITARIOS

No.	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Limpieza y chapeo	m ²	439.00	Q 14.05	Q 6,169.47
1.2	Trazo y nivelación	m ²	230.00	Q 8.73	Q 2,008.13
2	CIMENTACIÓN				
2.1	Excavación estructural	m ³	117.00	Q 36.46	Q 4,266.00
2.2	Zapatas	Unidad	24.00	Q 4,021.07	Q 96,505.71
2.3	Cimiento corrido tipo 1	ml	114.00	Q 169.36	Q 19,307.45
2.4	Solera hidrófuga	ml	133.50	Q 95.92	Q 12,805.75
2.5	Muro de cimentación	m ²	80.10	Q 78.81	Q 6,312.46
3	MUROS				
3.1	Levantado de muro	m ²	340.00	Q 109.65	Q 37,282.60
4	SOLERA INTERMEDIA				
4.1	Solera intermedia	ml	133.50	Q 147.11	Q 19,639.69
4.2	Solera sillar	ml	82.00	Q 99.21	Q 8,135.54
5	VIGAS				
5.1	Viga tipo 1	ml	84.00	Q 623.22	Q 52,350.06
5.2	Viga tipo 2	ml	84.00	Q 173.75	Q 14,595.19
5.3	Viga tipo 3	ml	72.00	Q 736.05	Q 52,995.61
5.4	Viga tipo 4	ml	72.00	Q 201.89	Q 14,536.31
6	COLUMNAS				
6.1	Columna tipo A	Unidad	27.00	Q 2,110.85	Q 56,992.94
6.2	Columna tipo B	Unidad	27.00	Q 1,736.56	Q 46,887.12
6.3	Columna tipo C	Unidad	5.00	Q 404.57	Q 2,022.85
6.4	Columna tipo D	Unidad	9.00	Q 3,231.46	Q 29,083.14
7	LOSAS				
7.1	Losa de techo 12 cms	m ²	224.00	Q 375.31	Q 84,069.71
7.2	Losa de entepiso 12 cms	m ²	224.00	Q 335.88	Q 75,238.22
8	ACABADOS				
8.1	Acabados en losa	m ²	448.00	Q 42.13	Q 18,874.28
8.2	Acabados en estructura	m ²	825.00	Q 40.32	Q 33,265.51

9	PISO					
9.1	Aulas, sanitarios y pasillos	m ²	448.00	Q	166.56	Q 74,620.29
10	MODULO DE GRADAS					
10.1	Losa en gradas	m ²	17.00	Q	303.04	Q 5,151.74
10.2	Columna + zapata	ML	15.00	Q	183.50	Q 2,752.50
10.3	Cimiento corrido	ML	2.00	Q	152.98	Q 305.95
11	JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN					
11.1	Juntas de construcción	Global	1.00	Q	4,510.40	Q 4,510.40
12	HERRERIA					
12.1	puertas tipo 1	unidad	10.00	Q	1,800.00	Q 18,000.00
12.2	puertas tipo 2	unidad	8.00	Q	1,400.00	Q 11,200.00
12.3	Ventanas	Global	1.00	Q	27,072.50	Q 27,072.50
12.4	Barandales y pasamanos	Global	1.00	Q	9,787.50	Q 9,787.50
13	INSTALACIONES SANITARIAS					
13.1	Instalación sanitaria	Unidad	1.00	Q	24,110.13	Q 24,110.13
14	INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE					
14.1	Agua potable y accesorios	Global	1.00	Q	23,114.69	Q 23,114.69
15	INSTALACIONES ELÉCTRICAS					
15.1	Instalación eléctrica	Global	1.00	Q	33,000.00	Q 33,000.00

Total Costos Directos	Q	648,878.58
Total Costos Indirectos 30% (Admon+fianzas+superv+utilidad)	Q	278,090.82
Total de Costos Directos e Indirectos	Q	926,969.40

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	Q	926,969.40
---------------------------------	----------	-------------------

CONCLUSIONES

1. Este trabajo de graduación contiene el desarrollo del diseño de un edificio escolar de dos niveles y de un alcantarillado sanitario, para lo cual se aplicaron los conocimientos adquiridos durante la formación académica, dichos proyectos surgieron como consecuencia de un diagnóstico participativo, practicado en el municipio de San Pablo, San Marcos.
2. Los presupuestos y cronogramas de ejecución son una referencia y no se deben tomar como definitivos al momento de cotizar, ya que están sujetos a cambios principalmente por las circunstancias económicas que existan al momento de construir.
3. Los proyectos desarrollados son factibles económicamente, debido a que son obras de primera necesidad para las aldeas, por lo que la inversión que se requiere puede ser financiada por distintas entidades de carácter gubernamental o privadas.
4. A través del Ejercicio Profesional Supervisado, el estudiante de Ingeniería Civil tiene la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, en la resolución de problemas reales, adquiriendo experiencia.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de San Pablo:

- 1 Realizar una campaña de educación sanitaria a la población de la aldea Tocache, sobre el buen uso del sistema de alcantarillado sanitario, no permitir botar basura dentro de los pozos de visita y sobre todo, que no deben de conectar las aguas de lluvia de sus viviendas al sistema de alcantarillado.
- 2 Asegurar la implementación de operación y mantenimiento preventivo y correctivo en ambos proyectos, ya que éstas inciden en la duración y buen funcionamiento para el período que fueron diseñados.
- 3 Garantizar la supervisión técnica en la ejecución de ambos proyectos, a través de la Oficina Municipal de Planificación OMP, para que se cumplan con las especificaciones técnicas y especificaciones contenidas en los planos, para así obtener mayor eficiencia y calidad de ambos proyectos.
- 4 Actualizar los precios presentados en los presupuestos, antes de su cotización, debido a que están sujetos a cambios ocasionados por variaciones en la economía

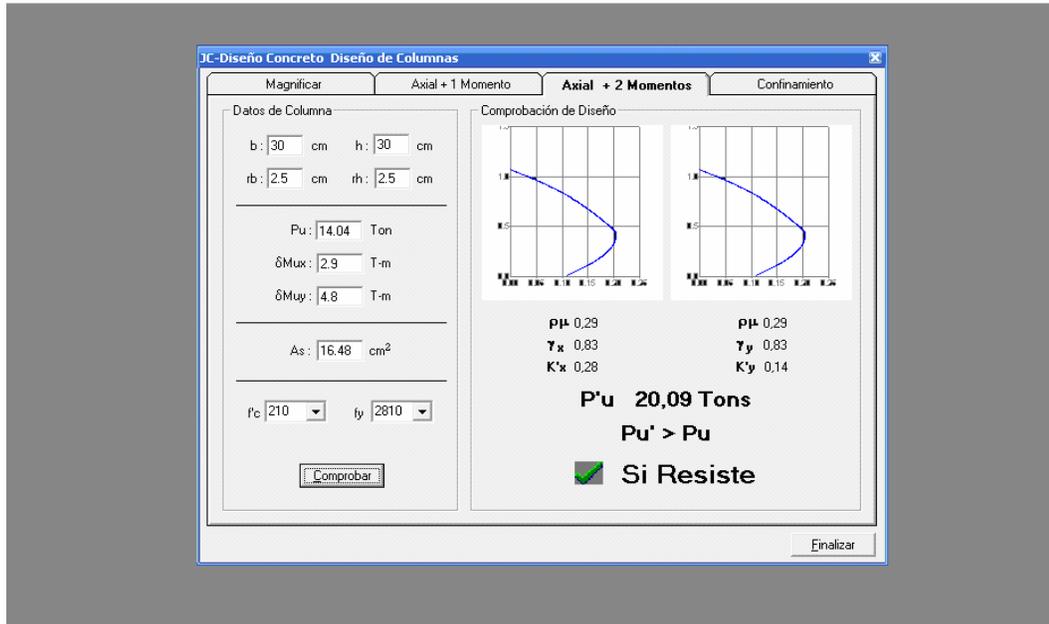
A COCODE de aldeas

- 5 Brindar el apoyo necesario para la construcción del proyecto sobre todo, con el aporte de mano de obra no calificada.

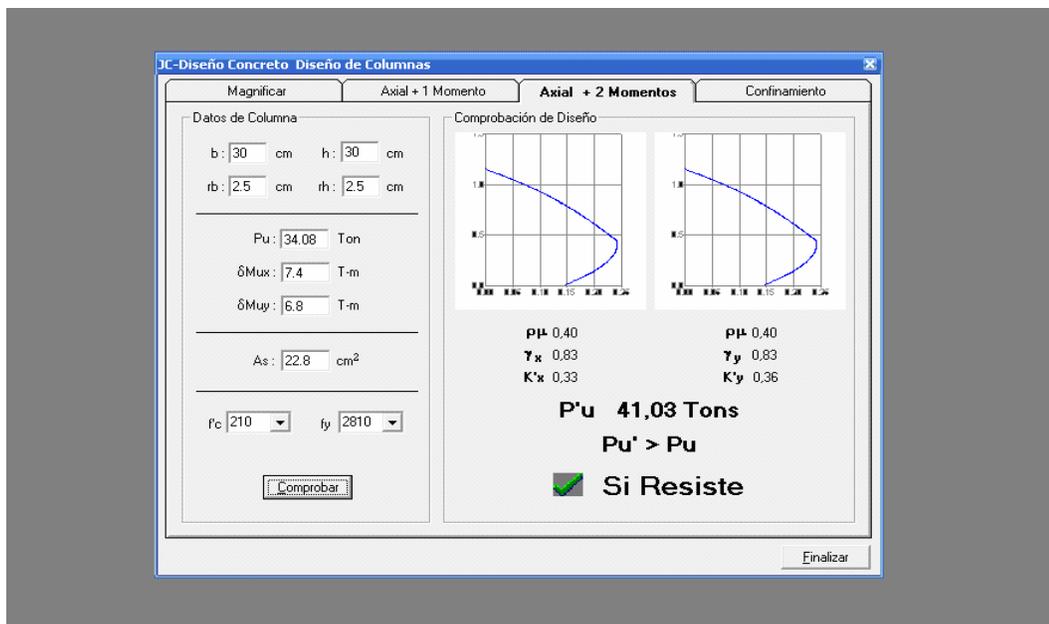
BIBLIOGRAFÍA

1. Código de diseño de hormigón armado ACI 318R-99. s.i. s.e 1999.
576pp.
2. Estrada Hurtarte, Gustavo Adolfo. Manual de cuantificación de materiales para urbanizaciones y edificaciones. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1990.
3. Nilson, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. 12ª edición.
Colombia: Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A. 1999. 722 pp
4. REGLAMENTO para construcciones de concreto reforzado. Mexico:
s.e, 1997
5. Analisis Estructural HIBBELER, RUSSEL CHARLES. 3ª edición México
Prentice-Hall, 1997.
6. Mecanica de suelos y cimentaciones CRESPO VILLALAZ, CARLOS.
5ª ed. Mexico: Limusa, 2004.

ANEXO 1
Figura 26 Valor de K_x e K_y Columna tipo 1



ANEXO 2
Figura 27 Valor de K_x e K_y Columna tipo 2



APÉNDICE 1

Figura 28 Estudio de suelos, ensayo de compresión triaxial

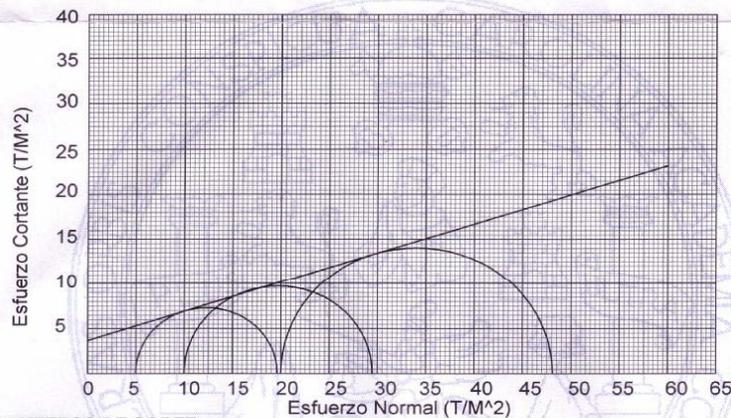


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0286 S.S. O.T.No.: 21,907
 INTERESADO: Robert Fuentes Gómez
 PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION - EPS
 UBICACIÓN: Aldea el Porvenir, San Pablo, San Marcos
 pozo: 1 Profundidad: 1,30 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 18,02^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 3,70 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCION DEL SUELO: Limo ligeramente plastico con presencia de materia organica café claro
 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 ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	14,64	20,19	28,09
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2,5	4,0	6,0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	0,79	0,79	0,79
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1,49	1,49	1,49
HUMEDAD (%H)	88,5	88,5	88,5



Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CII/USAC

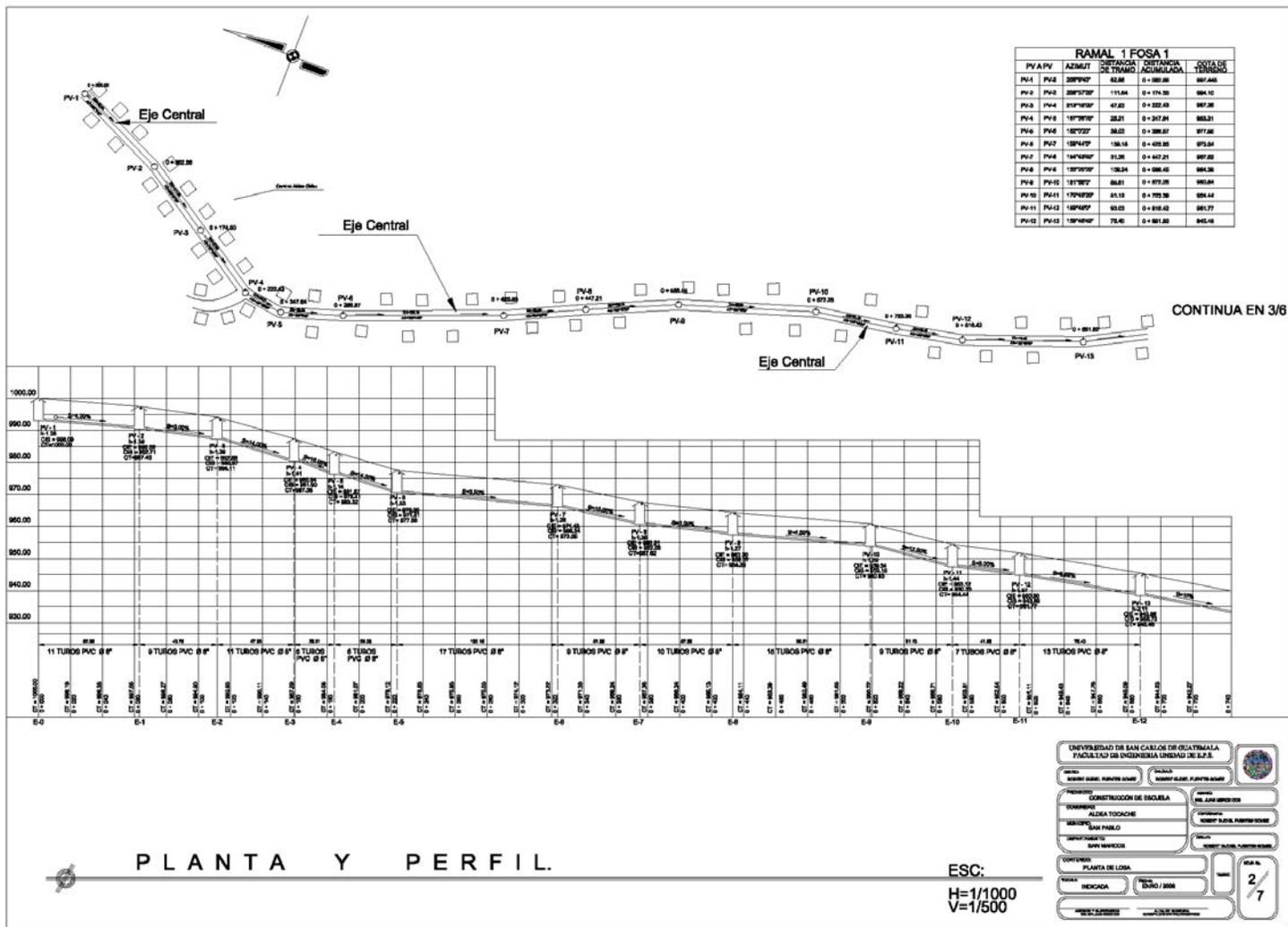
Atentamente,

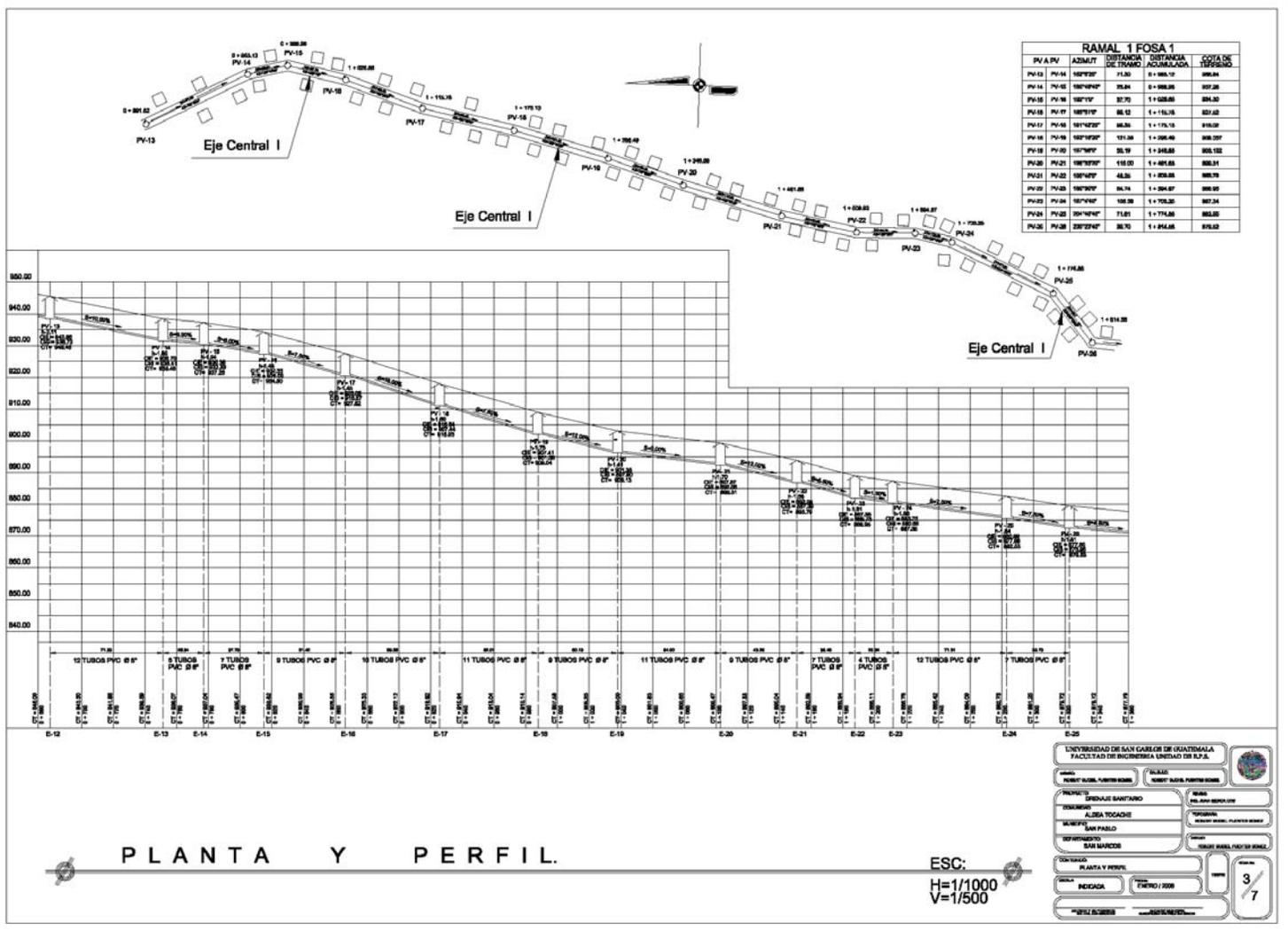


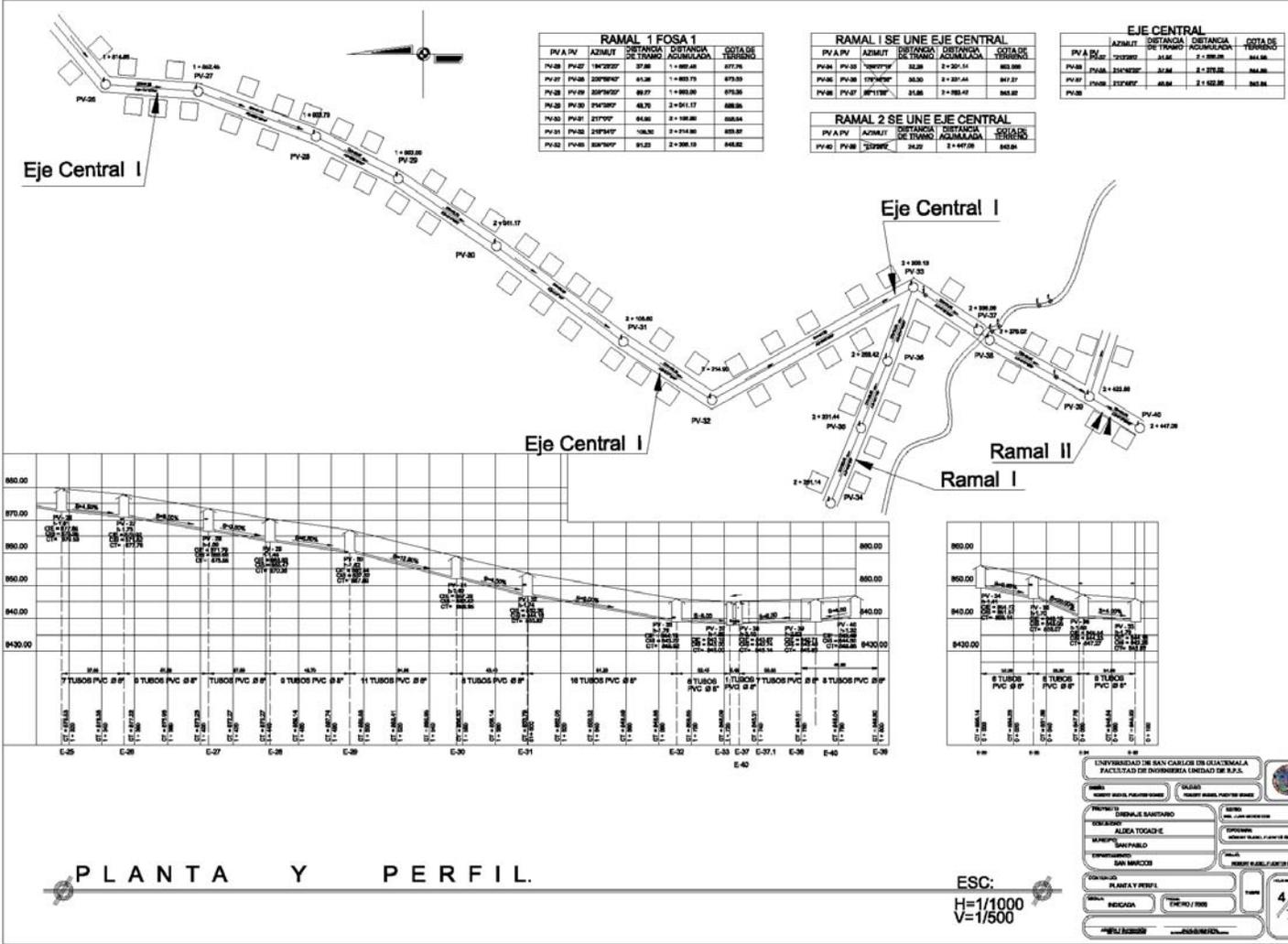
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

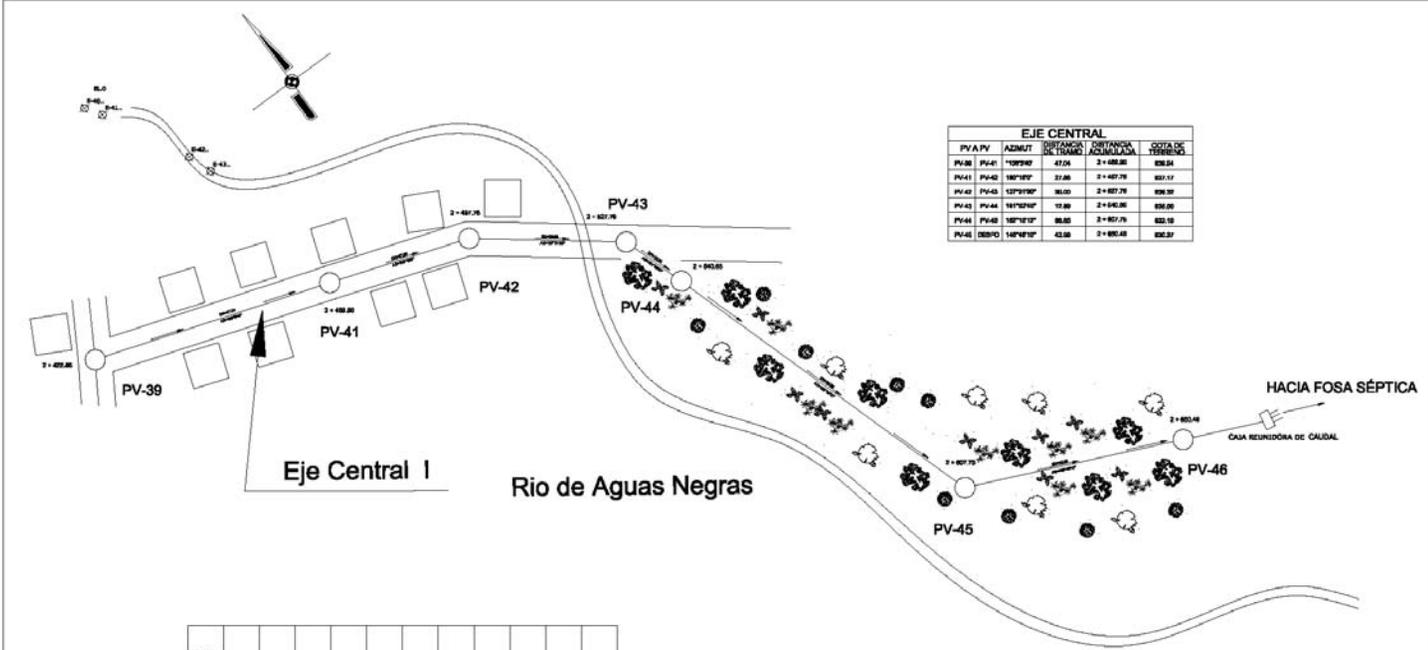
APÉNDICE 2

Planos constructivos

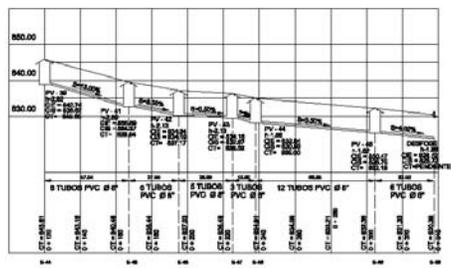








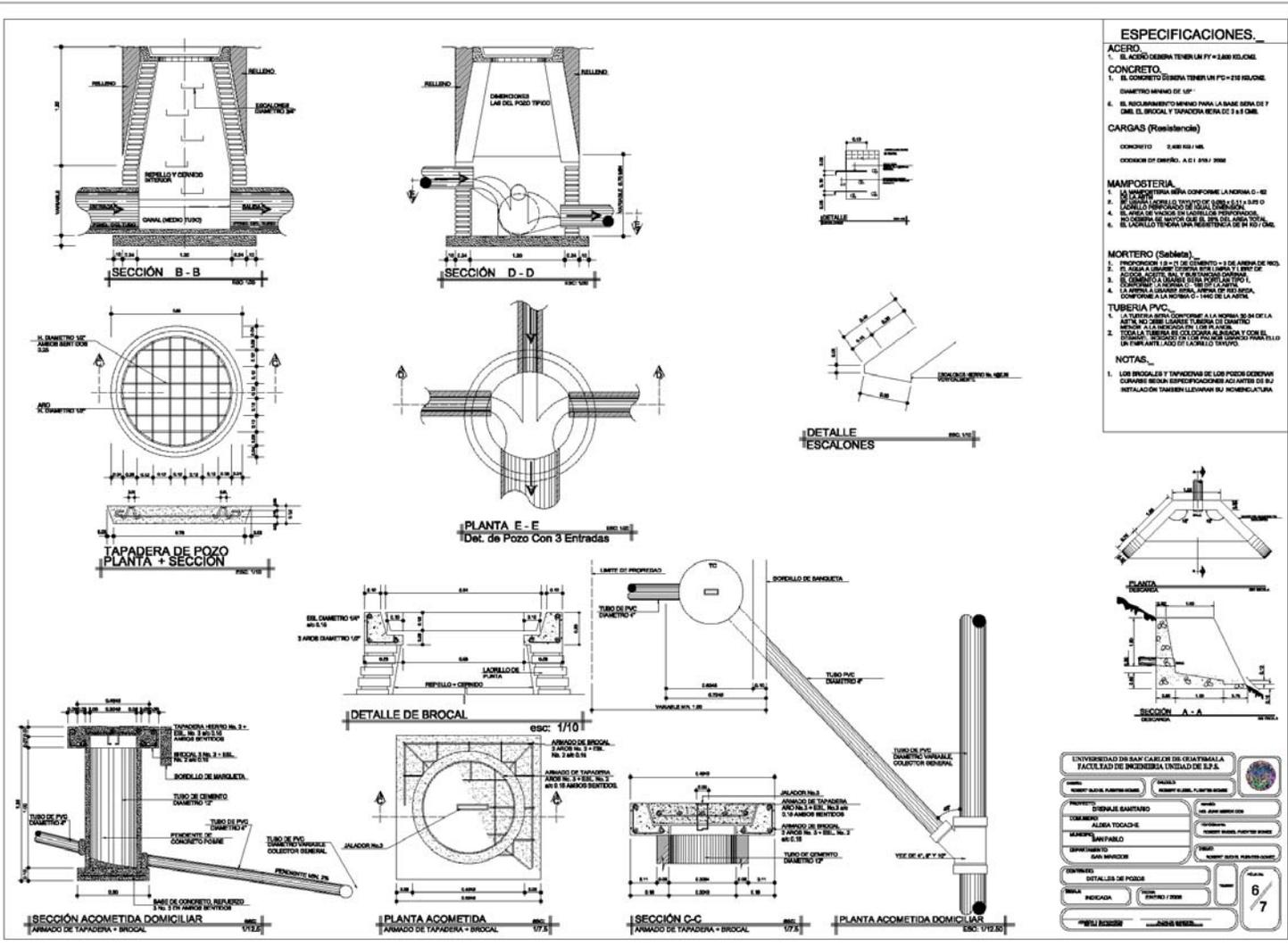
EJE CENTRAL					
PVA	PV	ADMIT	TORCIÓN DE TUBO	TORCIÓN ACUMULADA	COTA DE TUBOS
PV-39	PV-41	10°20'10"	47.00	2 + 482.00	828.04
PV-41	PV-42	10°20'10"	17.00	2 + 499.00	827.17
PV-42	PV-43	10°20'10"	30.00	2 + 529.00	826.30
PV-43	PV-44	10°20'10"	12.00	2 + 541.00	825.00
PV-44	PV-45	10°20'10"	30.00	2 + 571.00	824.10
PV-45	PV-46	10°20'10"	43.00	2 + 614.00	823.27

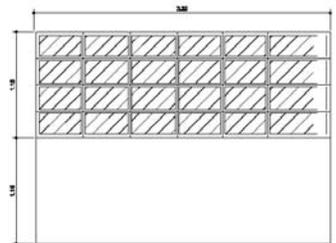


PLANTA Y PERFIL.

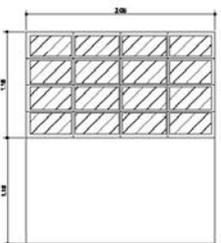
ESC:
H=1/1000
V=1/500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE S.P.E			
NOMBRE	ROBERTO GONZALEZ PAVON	FECHA	ROBERTO GONZALEZ PAVON
PROFESOR	OSWALDO BARRANTZ	GRUPO	ING. JUAN MANUEL
DESEMPEÑO	ALBA TOGADE	PROFESOR	ROBERTO GONZALEZ PAVON
PARTE	SAN PABLO	FECHA	ROBERTO GONZALEZ PAVON
CONTENIDO	PLANTA Y PERFIL	HOJA	5 / 7
FECHA	2020 / 2020	PROFESOR	ROBERTO GONZALEZ PAVON

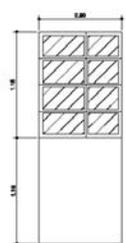




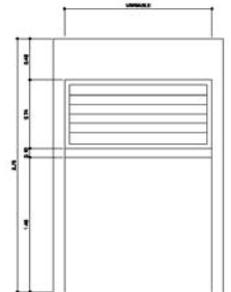
VENTANA TIPO V-1
esc: 1/20



VENTANA TIPO V-2
esc: 1/20



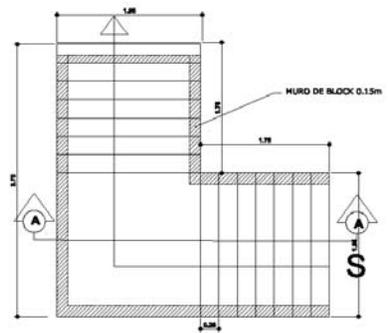
VENTANA TIPO V-3 A V-6
esc: 1/20



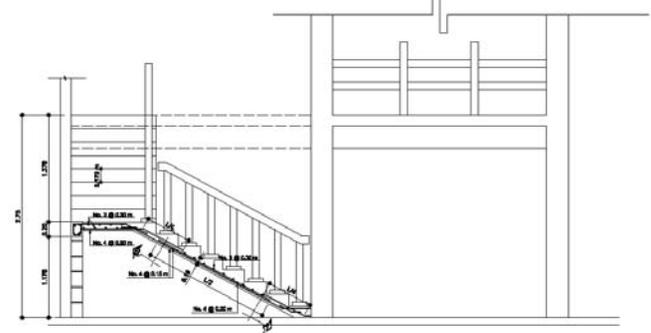
VENTANA TIPO V-3 A V-6
esc: 1/20



PUERTA TIPO P-1
esc: 1/20



SECCIÓN A-A
MÓDULO DE GRADAS



esc: 1/25

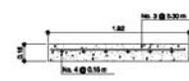


PUERTA TIPO P-2
esc: 1/20

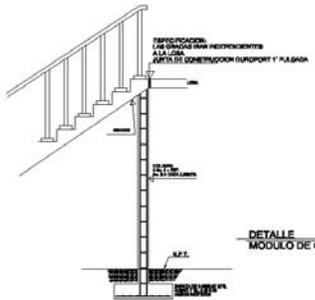
PLANTA
MÓDULO DE GRADAS
esc: 1/25



SECCIÓN A-A
esc: 1/25

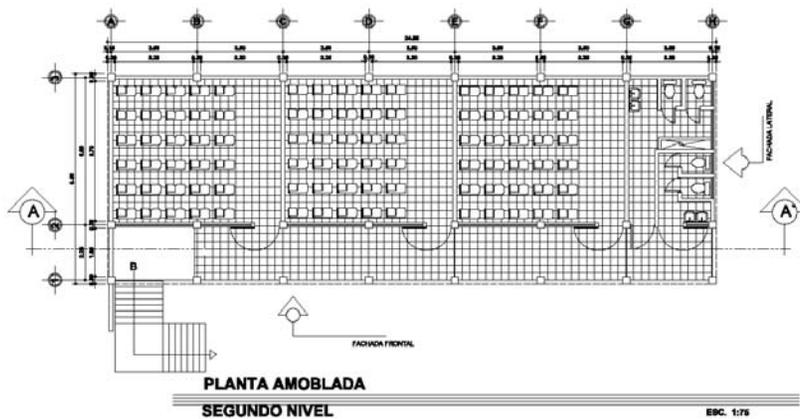
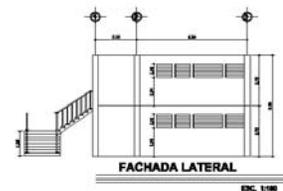
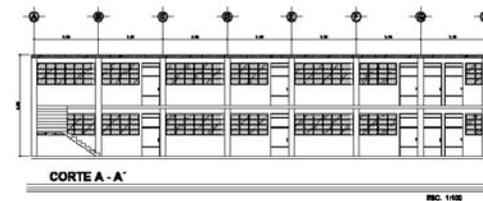
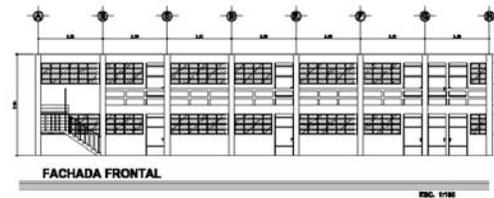
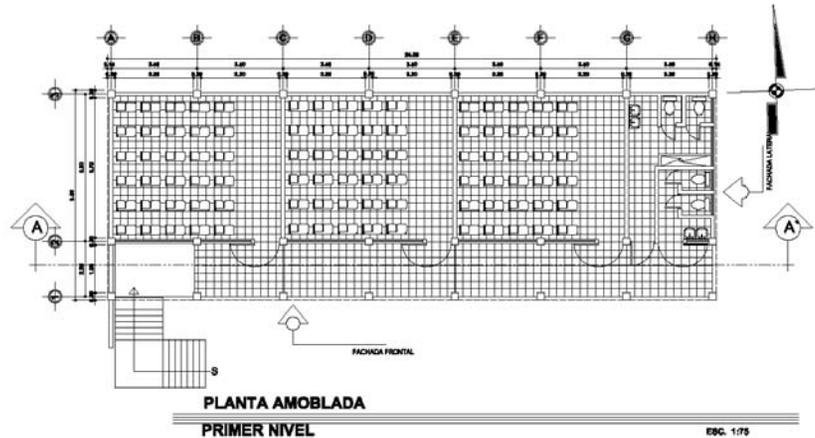


SECCIÓN B-B
esc: 1/25

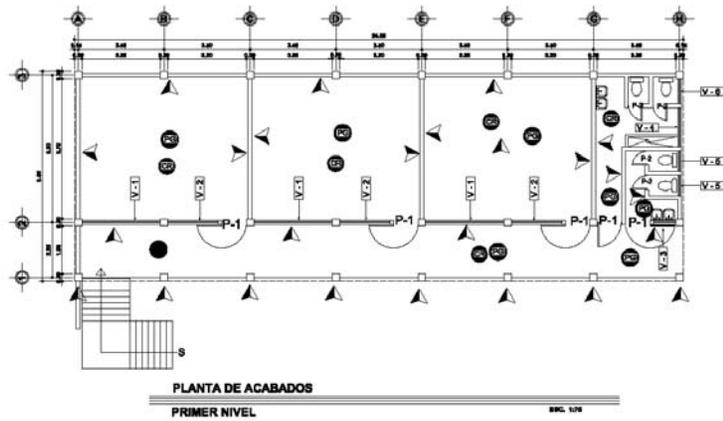


DETALLE
MÓDULO DE GRADAS
esc: 1/25

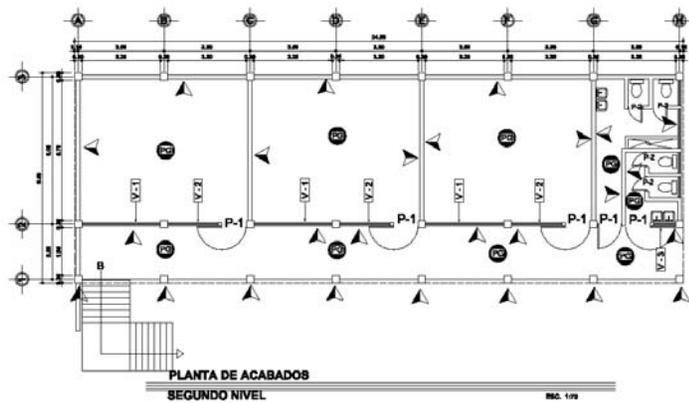
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE ELZA		
PROFESOR: ROBERTO RAMÍREZ PARRALES	ALUMNO: ROBERTO RAMÍREZ PARRALES	
PROFESORÍA: CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA	ASIGNATURA: CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA	
TEMAS: ALZURA EL PORTAVIENTOS	OPORTUNIDAD: CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA	
PROYECTO: SAN PABLO	UBICACIÓN: CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA	
CONSTRUCIÓN: SAN MARCOS	FECHA: CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA	
TÍTULO: PLANO DE DETALLES		
FECHA: 10/01/2020	HOJA: 2	12
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA		



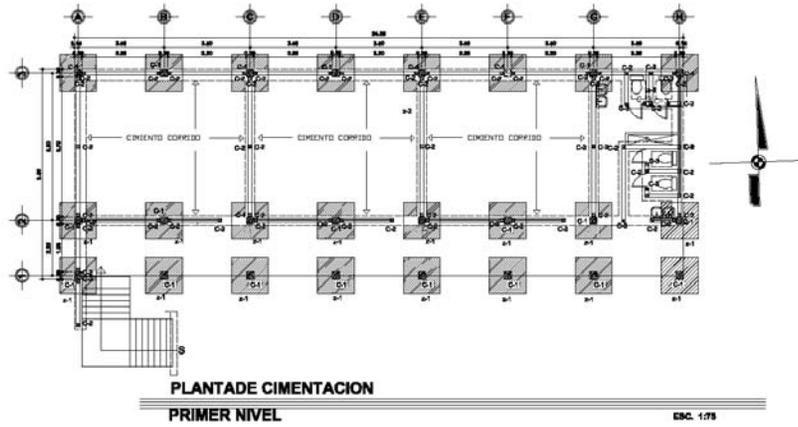
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.E.		
NOMBRE: ROBERTO RAMOS ALBERTO RAMOS	GRUPO: ROBERTO RAMOS ALBERTO RAMOS	
PROFESOR: CONSTRUCCION DE ESCUELA		FECHA: 14/05/2020
CARRERA: ALUMNA EL PORVENIR		SEMESTRE: Cuarto Semestre
MATERIA: SAN PABLO		GRUPO: ROBERTO RAMOS ALBERTO RAMOS
DOMINIO: SAN MARCOS		FECHA: 14/05/2020
CON TEXTO: PLANTA AMOBLADA		FECHA: 14/05/2020
FECHA: 14/05/2020		3 / 12
MATERIA: CONSTRUCCION		



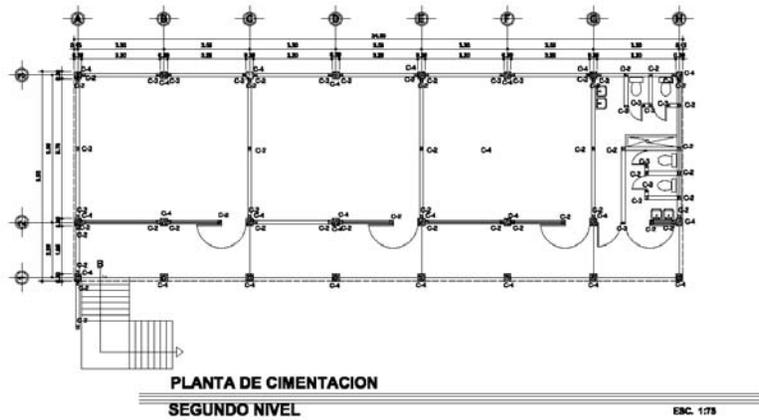
NOMENCLATURA (Acabados)	
SIMBOLO	DESCRIPCION
▲	BOGGA REPELLO + CERNEO RUSTICO
●	BOGGA PISO 619METO
○	BOGGA EN OYLO REPELLO + CERNEO RUSTICO AVANZADO
V - 4	PIEDRA TIPO DE VENTANA
P	INDICA TIPO DE PUERTA



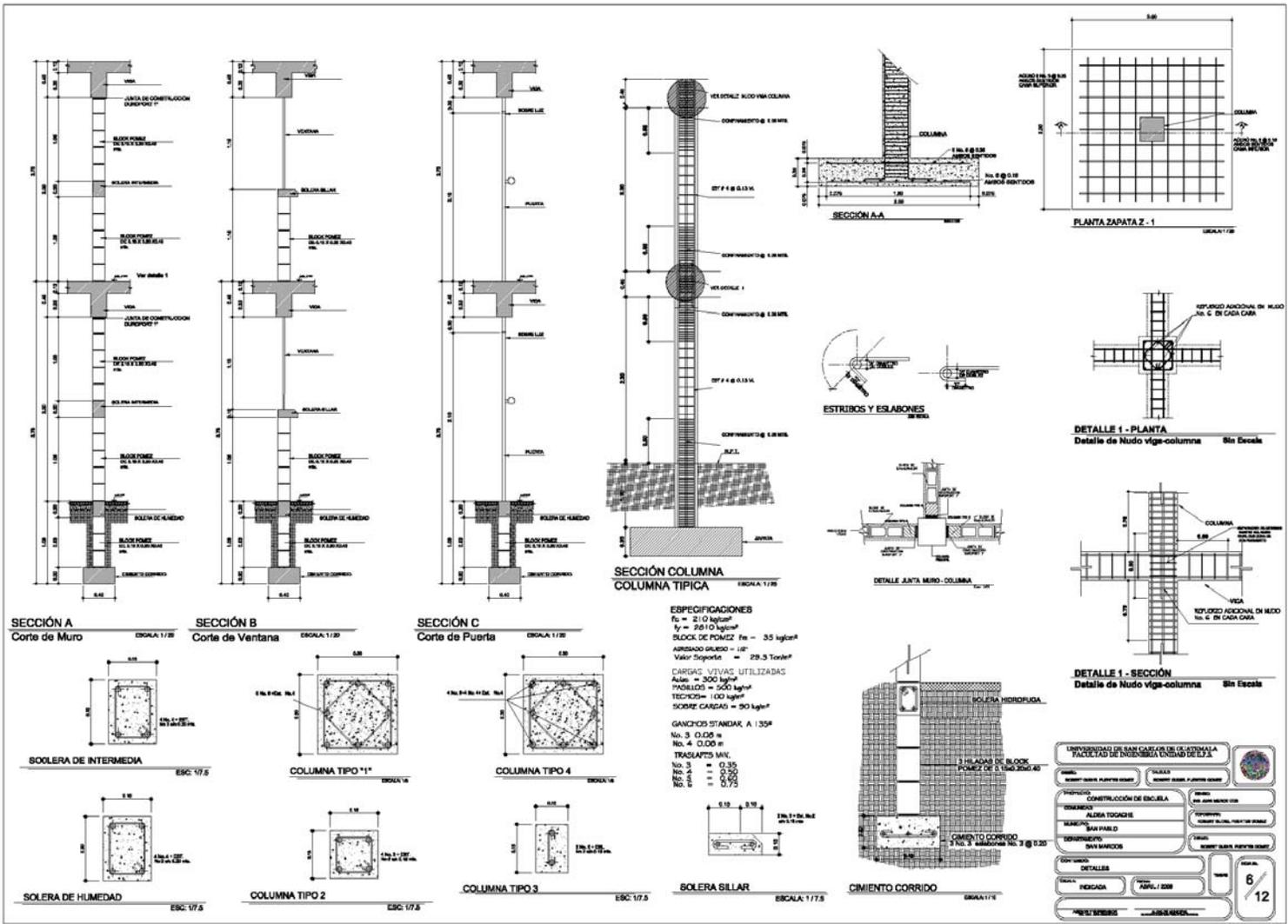
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA (UNSAO DE EXA)		
Nombre: ALVARO RAMON ALVARADO	Matrícula: 10000000000000000000	Fecha: 10/05/2020
Profesor: EZEQUIEL GONZALEZ DE ENCABILA	Asignatura: ALGEBRA EL PORVENIR	Grupo: 10000000000000000000
Nombre: SAN PABLO	Dirección: CALLE DE LA PAZ, 10000000000000000000	Teléfono: 10000000000000000000
Departamento: SAN MARCOS	Código Postal: 10000000000000000000	País: GUATEMALA
Título del Proyecto: PLANTA DE ACABADOS		Hoja: 4 / 12
Fecha: 10/05/2020	Escala: 1/75	
Autor: ALVARADO RAMON		

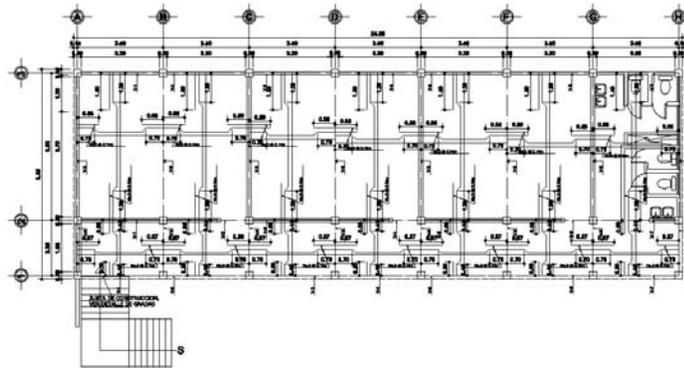


NOMENCLATURA (CIMENTO)	
SIMBOLO	DESCRIPCION
C1	INDICA ZANFIA TIPO
D1	INDICA COLUMNATIPO
	INDICA CIMENTO CORRIDO



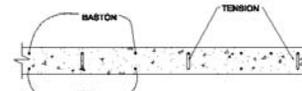
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE S.P.S.		
NOMBRE: ROBERTO RAMOS ALVARADO	GRUPO: ROBERTO RAMOS ALVARADO	
PROFESOR: CONTRILACION DE ESCUELA	FECHA: 20/05/2008	
OBJETIVO: ALZAR EL FORTINER	OPORTUNIDAD: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
UBICACION: SAN PABLO	TIPO: MATERIAL DE CONSTRUCCION	
CONSTRUYENTE: SAN MARCOS	PROYECTO: MATERIAL DE CONSTRUCCION	
CON TITULO: PLANTA DE CIMENTACION		FECHA: 5/12
FECHA: 10/01/2008		
PROYECTO: MATERIAL DE CONSTRUCCION		



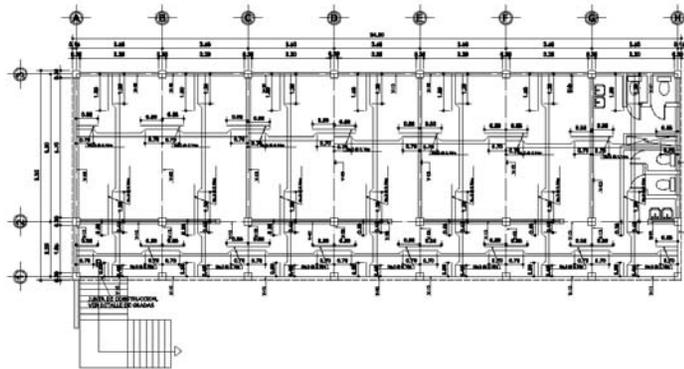


PLANTA DE LOSA
PRIMER NIVEL

ESC. 1/75



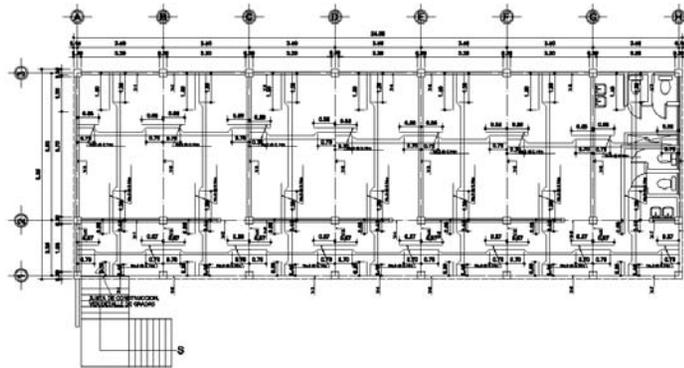
SECCIÓN DE LOSA
EN BOLA



PLANTA DE LOSA
SEGUNDO NIVEL

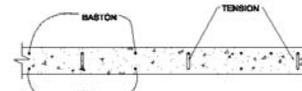
ESC. 1/75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE R.U.S		
ALUMNO	ROBERTO RAMOS PARRON DE GONZALEZ	GRUPO
PROFESOR	CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS	FECHA
CARRERA	ALUMNO EL PORVENIR	SEMESTRE
MAESTRO	SAN PABLO	GRUPO
CONTENIDO	PLANTA DE LOSA	FECHA
FECHA	16/01/2008	7/12

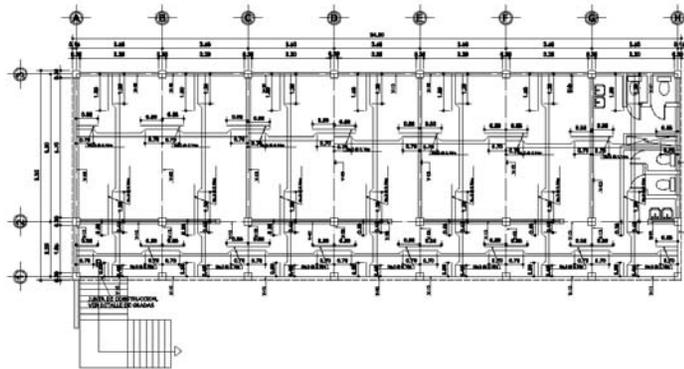


PLANTA DE LOSA
PRIMER NIVEL

ESC. 1/75



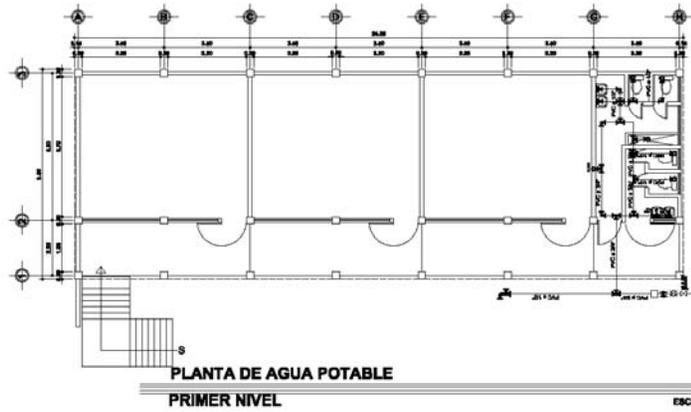
SECCIÓN DE LOSA
EN BOLA



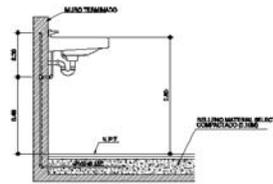
PLANTA DE LOSA
SEGUNDO NIVEL

ESC. 1/75

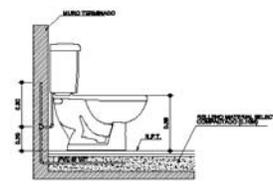
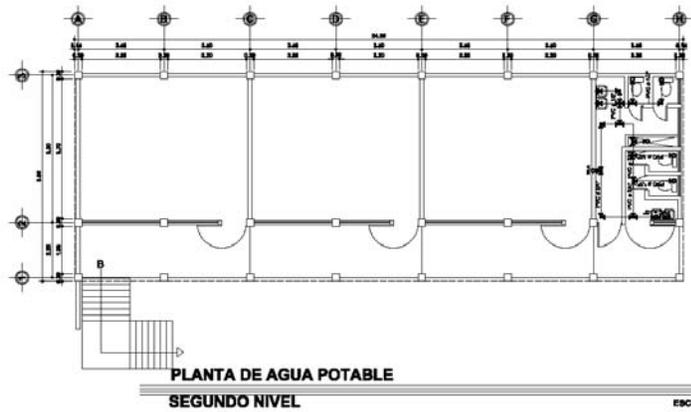
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE R.P.S		
NOMBRE: ROBERT DAVID ALBERTO GONZALEZ	GRUPO: 00000000000000000000	
PROFESOR: CONSTRUCCION DE ESCUELA	FECHA: 08/05/2008	
CARRERA: ALBA EL PORVENIR	CURSOS: 00000000000000000000	
MAESTRO: SAN PABLO	FECHA DE ENTREGA: 08/05/2008	
GRUPO DE TRABAJO: SAN MARCOS	FECHA DE ENTREGA: 08/05/2008	
TITULO: PLANTA DE LOSA	FECHA: 08/05/2008	
FECHA: 08/05/2008	FECHA: 08/05/2008	7/12
FECHA: 08/05/2008	FECHA: 08/05/2008	



NOMENCLATURA (Hidraulica)	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJUELO PVC
	TUBO PVC HORIZONTAL
	ELBOW PVC 90°
	TEE PVC
	REDUCTOR PVC DE 8 3/4" A 8 1/2"
	CONTADOR DE VOLUMEN DE AGUA DE 8 3/4" A 8 1/2"
	LLAVE DE COMPUERTA
	LLAVE DE PARO
	VALVULA
	TUBO PVC ISOMETRICO RECORRIDO

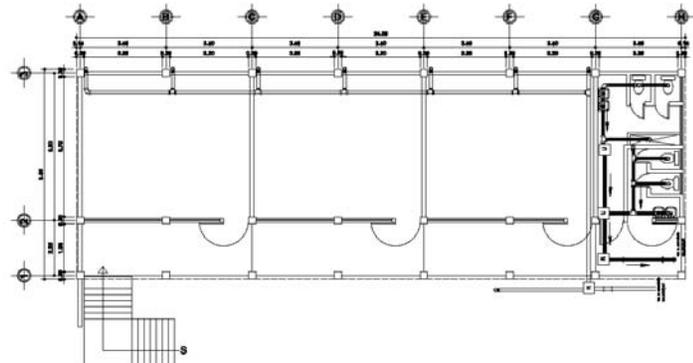


DET. DE INSTALACION ESC. 1/10



DET. DE INSTALACION ESC. 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE I.P.J.		
PROYECTO: CONSTRUCCION DE ESCUELA	FECHA: 15/05/2008	
CLIENTE: ALFARO EL PORVENIR	PROYECTISTA: ROBERTO GONZALEZ	
UBICACION: SAN PABLO	PROYECTO: CONSTRUCCION DE ESCUELA	
CONTRATANTE: SAN MARCOS	PROYECTO: CONSTRUCCION DE ESCUELA	
OBJETO: PLANTA DE AGUA POTABLE		
FECHA: 15/05/2008	HOJA: 8	12
PROYECTO: CONSTRUCCION DE ESCUELA		



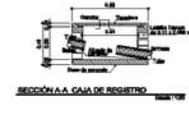
**PLANTA DE DRENAJES
PRIMER NIVEL**

ESC. 1/75

NOMENCLATURA DE DRENAJE	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERIA DE AGUAS RESIDAS
	TUBERIA DE AGUAS PLUVIALES
	VALVULA DE AGUAS PLUVIALES
	TUB. SANTIÑA HORIZONTAL
	COUDO A 45°
	TUB. SANTIÑA VERTICAL
	SIJON
	CAJA TIPO REGISTRO
	CAJA TIPO UNION
	REGA SANTIÑA DE LA POCICERCA L.L.R.



PLANTA DE CAJA DE REGISTRO



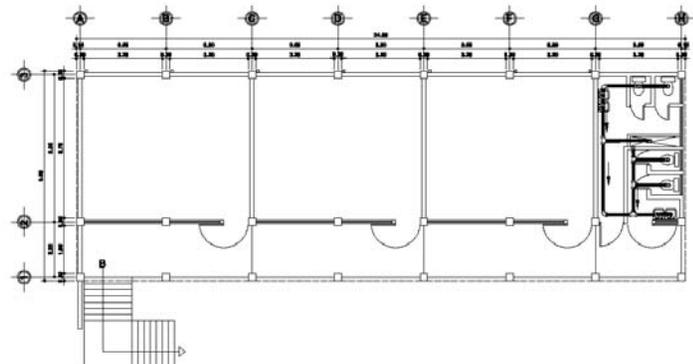
SECCION A-A CAJA DE REGISTRO



PLANTA CAJA UNION



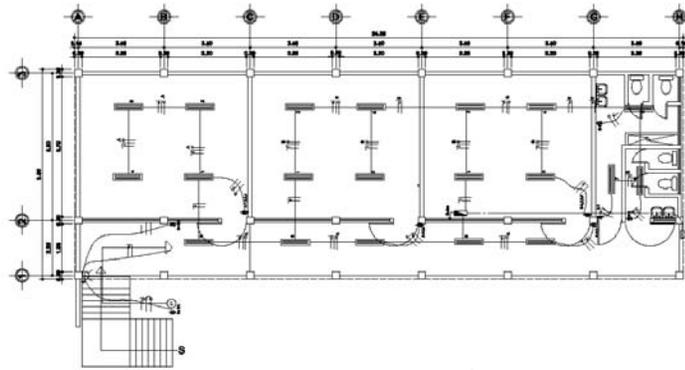
SECCION B-B CAJA UNION



**PLANTA DE DRENAJES
SEGUNDO NIVEL**

ESC. 1/75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.E.		
ALUMNO	ALUMNA	
PROFESION: CONSTRUCCION DE BOCUELA		FECHA: 14/05/2020
CARRERA: ALUMNA EL PORVENIR		GRUPO: 14000010000000000000
MATERIA: SAN PABLO		
DOMICILIO: SAN MARCOS		
CONFECCION: PLANTA DE DRENAJE		
FECHA:	TITULO:	9/12
FECHA:	TITULO:	
FECHA:		

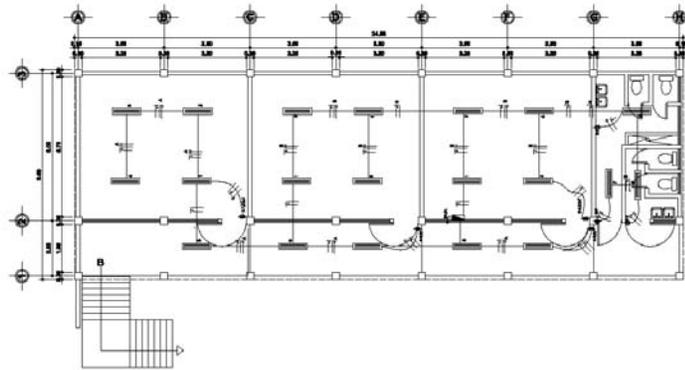


PLANTA DE ELECTRICIDAD (ILUMINACIÓN)

PRIMER NIVEL

ESC. 1/75

NOMENCLATURA INSTALACIONE ELECTRICA (Iluminación)	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LÍNEA NEUTRAL
	LÍNEA VIVA
	LÍNEA DE RETORNO
	CONDUCTOR PUENTE TRE THREE WAY
	POLIDUCTO EN CIELO Y PARED



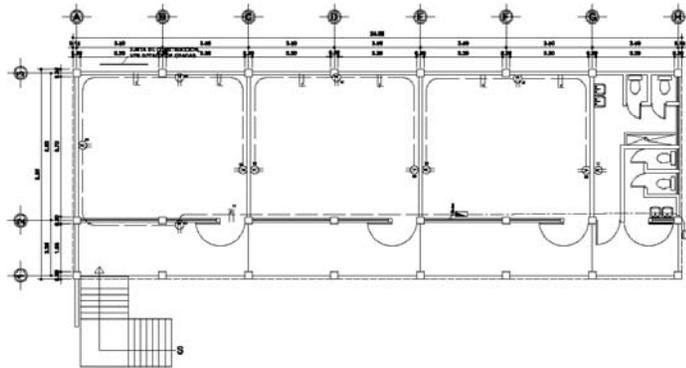
PLANTA DE ELECTRICIDAD (ILUMINACIÓN)

SEGUNDO NIVEL

ESC. 1/75

	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR THREE WAY
	LAMPARA FLOURECIENTE
	LAMPARA EN PARED h 2.20 m.
	LAMPARA EN CIELO
	CONTADOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE I.P.E.		
ALUMNO	ALUMNA	
PROFESOR		
CONSTRUCCION DE ESCUELA		
GRUPO	ALUMNA EL PORVENIR	
MATERIA	SAN PABLO	
GRUPO	SAN MARCOS	
CONFECCION		
PLANTA DE ILUMINACION		
FECHA	10/11/2008	10/12
INSTRUCION		
MATERIA		

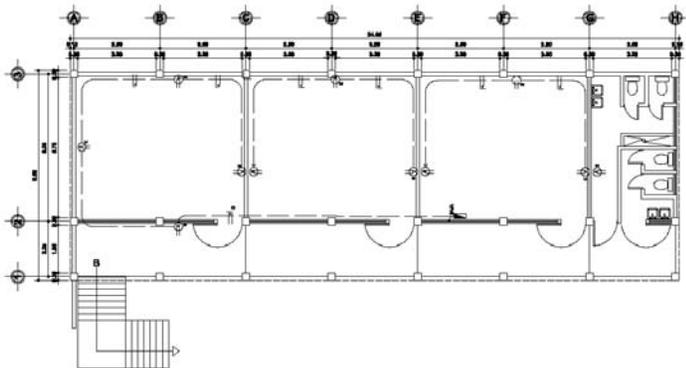


PLANTA DE ELECTRICIDAD (FUERZA)
PRIMER NIVEL

ESC. 1:75



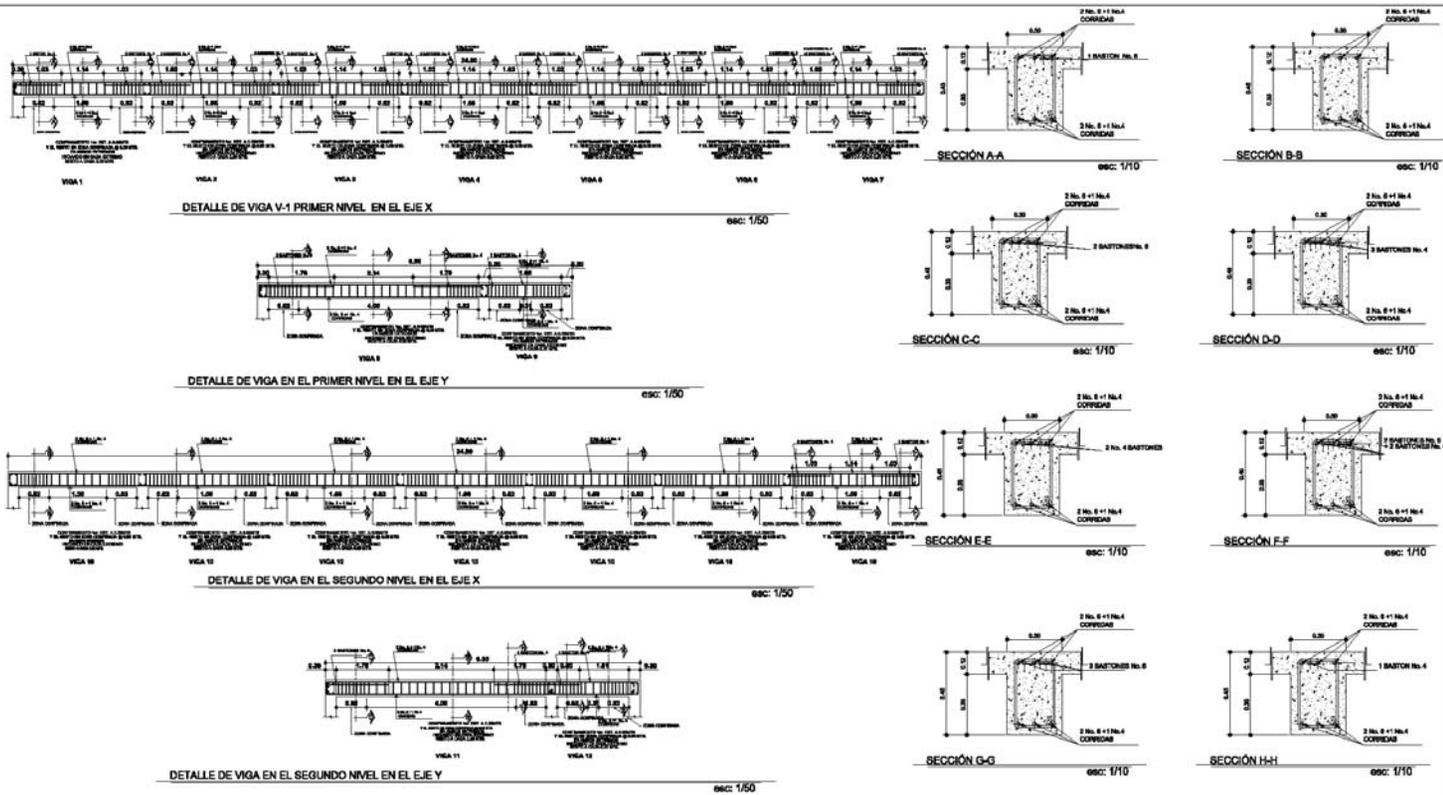
NOMENCLATURA DE INSTALACIONES ELECTRICAS (Fuerza)	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	LÍNEA NEUTRAL
	LÍNEA VIVA
	POLIDUCTO SUBTERRANEO
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.



PLANTA DE ELECTRICIDAD (FUERZA)
SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA LINEADO DE I.P.E.		
FECHA: 02/07/2008	TÍTULO: CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA	PROYECTISTA: ALVARO EL PORVENIR
UBICACIÓN: SAN PABLO	CLIENTE: COMITÉ ESCOLAR "EL PORVENIR"	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA
CONTRATANTE: SAN MARCOS	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA	FECHA: 02/07/2008
CONTRATO: PLANTA DE FUERZA		HOJA: 11/12
PROYECTISTA: ALVARO EL PORVENIR	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA	FECHA: 02/07/2008
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA		FECHA: 02/07/2008



ESPECIFICACIONES
 $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
 BLOQUE DE POMEZ $f_m = 35 \text{ kg/cm}^2$
 AGREGADO GRUESO = 1/2"
 Valor Soporte = 29.3 Toler*

CARGAS VIVAS UTILIZADAS
 ALAJADO = 300 kg/m²
 PASADIZO = 200 kg/m²
 TRENCHES = 100 kg/m²
 SOBRE CARGAS = 90 kg/m²
 GANCHOS STANDARD A 130*

TRASLAPAZOS MIN:
 No. 3 = 0.35
 No. 4 = 0.50
 No. 5 = 0.60
 No. 6 = 0.75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE S.P.A.		
ALUMNO: ROBERTO RAMON ALBERTO RAMON	ALUMNO: ROBERTO RAMON ALBERTO RAMON	
PROFESOR: CONSTRUCCION DE ESCUELA		FECHA: 14 DE ABRIL DEL 2008
CARRERA: ALUMNA EL POMEZ		GRUPO: CONCRETO EN EL POMEZ, POMEZ DE POMEZ
MAESTRO: SAN PABLO		UBICACION: CARRER SAN CARLOS ALBERTO RAMON
DISEÑADOR: SAN MARCOS		ESCALA: SEGUNDO NIVEL ALBERTO RAMON
CON TEXTO: PLANO DETALLES DE VIGAS		NO. DE HOJA: 12
FECHA: MAYO 1 2008		NO. DE HOJA: 12
PROF. ASISTENTE: ALBERTO RAMON		