



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD Y
BOMBEO EN LA ALDEA JOCONAL Y ESCUELA PRIMARIA EN
LA ALDEA CAMPANARIO PROGRESO, MUNICIPIO DE LA
UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

Miguel Angel Barrera Chinchilla

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, julio 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD Y BOMBEO
EN LA ALDEA JOCONAL Y ESCUELA PRIMARIA EN LA ALDEA
CAMPANARIO PROGRESO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO
DE ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MIGUEL ANGEL BARRERA CHINCHILLA
ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD Y BOMBEO EN LA ALDEA JOCONAL Y ESCUELA PRIMARIA EN LA ALDEA CAMPANARIO PROGRESO, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de marzo de 2009.

MIGUEL ANGEL BARRERA CHINCHILLA

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme dado la vida y el privilegio de finalizar mi carrera.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente a la Facultad de Ingeniería.
Catedráticos	Que con sus enseñanzas me han formado como profesional.
Compañeros	Por la amistad y apoyo brindado deseándoles éxitos en su vida.
Municipalidad	A la municipalidad de la Unión, por el apoyo y la oportunidad de realizar mi EPS.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por estar presente en mi vida y permitirme finalizar mi carrera.
Mis padres	Miguel Angel Barrera Muñoz Marta Chinchilla Morales
Mis hermanos	Martha Lisset Kevin Fernando
Mis amigos	Porque con ustedes compartí los mejores años de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	XIII
JUSTIFICACIÓN.....	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA JOCONAL Y ALDEA CAMPANARIO	
PROGRESO	
1.1. Aspectos físicos.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. División política.....	2
1.1.3. Clima.....	3
1.1.4. Hidrografía.....	4
1.1.5. Orografía.....	5
1.1.6. Producción agrícola.....	6
1.1.7. Población.....	7
1.2. Aspectos de infraestructura.....	7
1.2.1. Vías de acceso.....	7
1.2.2. Servicios públicos.....	8
1.2.3. Organización comunitaria.....	8

2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD Y BOMBEO DE LA ALDEA JOCONAL		
2.1.	Descripción general del proyecto.....		9
2.2.	Visita preliminar de campo.....		10
	2.2.1.	Aforo de la fue.....	11
	2.2.2.	Muestras de agua.....	11
2.3.	Exámenes del agua.....		11
	2.3.1.	Examen bacteriológico.....	11
	2.3.2.	Examen físico-químico sanitario.....	12
2.4.	Levantamiento topográfico.....		12
	2.4.1.	Planimetría.....	12
	2.4.2.	Altimetría.....	13
2.5.	Bases de diseño.....		13
	2.5.1.	Cálculo de población futura.....	14
		2.5.1.1.	Tasa de crecimiento poblacional.....14
		2.5.1.2.	Período de diseño.....14
		2.5.1.3.	Población futura.....14
	2.5.2.	Dotación.....	15
	2.5.3.	Factores de consumo y caudales de diseño.....	15
		2.5.3.1.	Caudal medio diario.....15
		2.5.3.2.	Caudal máximo diario.....16
		2.5.3.3.	Caudal máximo horario.....17
		2.5.3.4.	Caudal de bombeo.....17
2.6.	Diseño hidráulico.....		19
	2.6.1.	Fórmulas, coeficiente y diámetros de tuberías.....	19
	2.6.2.	Clases y presiones de trabajo de tuberías.....	19
	2.6.3.	Velocidades y presiones máximas y mínimas.....	20
	2.6.4.	Diseño hidráulico de la línea de conducción.....	20
	2.6.5.	Diseño hidráulico de la línea de impulsión.....	24

2.6.6.	Carga dinámica total.....	27
2.6.6.1.	Pérdidas por altura en la conducción.....	28
2.6.6.2.	Pérdidas en la tubería de impulsión.....	28
2.6.6.3.	Pérdidas por velocidad.....	29
2.6.6.4.	Pérdidas menores.....	29
2.6.6.5.	Altura de reserva.....	30
2.6.7.	Potencia del equipo de bombeo.....	31
2.6.8.	Verificación del golpe de ariete.....	31
2.6.9.	Diseño hidráulico de la red de distribución.....	34
2.7.	Obras hidráulicas.....	37
2.7.1.	Caja de captación.....	37
2.7.2.	Diseño de tanque de almacenamiento.....	38
2.7.3.	Diseño de tanque de distribución.....	52
2.7.4.	Válvula de limpieza.....	54
2.7.5.	Válvula de aire.....	54
2.7.6.	Conexión predial.....	55
2.8.	Sistema de desinfección.....	55
2.9.	Gastos de operación y mantenimiento.....	58
2.10.	Presupuesto.....	59
2.11.	Propuesta de tarifa.....	60
2.12.	Evaluación socio-económica.....	61
2.12.1.	Valor presente neto.....	61
2.12.2.	Tasa interna de retorno.....	62
2.13.	Evaluación de impacto ambiental.....	63
3.	DISEÑO DE EDIFICIO DE ESCUELA PRIMARIA PARA LA ALDEA CAMPANARIO PROGRESO	
3.1.	Diseño arquitectónico.....	67
3.1.1.	Ubicación del terreno.....	67

3.1.2.	Distribución de espacios.....	68
3.1.3.	Alturas de edificio.....	68
3.2.	Diseño estructural.....	69
3.2.1.	Selección del sistema estructural a utilizar.....	69
3.2.2.	Análisis estructural.....	69
3.2.3.	Predimensionamiento estructural.....	70
3.3.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígido.....	73
3.4.	Cargas aplicadas.....	73
3.4.1.	Cargas verticales.....	73
3.4.2.	Cargas horizontales.....	76
3.5.	Fuerzas internas halladas con método de análisis estructural....	82
3.6.	Momentos y cortes últimos por envolvente de momentos.....	84
3.7.	Diseño de losas.....	86
3.7.1.	Losas nivel 1.....	86
3.7.2.	Losas nivel 2.....	92
3.8.	Diseño de vigas.....	94
3.9.	Diseños de columnas.....	98
3.10.	Diseño de cimientos.....	111
3.11.	Planos constructivos.....	126
3.12.	Presupuesto.....	127
3.13.	Mano de obra.....	127
3.14.	Costo total del proyecto.....	127
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES.....		133
BIBLIOGRAFÍA.....		135
APÉNDICES.....		137
ANEXOS.....		139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de La Unión.....	02
2.	Ubicación en losa de momentos.....	39
3.	Diagrama de momentos de losa superior.....	42
4.	Momentos en losa superior.....	43
5.	Muro por gravedad del tanque de almacenamiento.....	47
6.	Muro por gravedad del tanque de distribución.....	53
7.	Gráfica de hipoclorador automático PPG 3015.....	57
8.	Cargas verticales en el sentido X en eje 1, niveles 1 y 2.....	75
9.	Cargas verticales en el sentido Y en eje A, niveles 1 y 2.....	75
10.	Diagrama de cortes y momentos - carga muerta - marco dúctil Y..	83
11.	Diagrama de cortes y momentos - carga viva - marco dúctil Y.....	84
12.	Diagrama de momentos últimos – marco dúctil Y.....	85
13.	Planta de distribución de losa nivel 1.....	87
14.	Distribución de momentos en losas típicas nivel 1.....	89
15.	Planta de distribución de losa nivel 2.....	93
16.	Diagrama de momentos y cortes últimos, viga 7 nivel 2.....	95
17.	Armado final de viga 7, nivel 2.....	98
18.	Sección de columna tipo C-1.....	105
19.	Armado final de columna.....	110
20.	Chequeo por corte simple.....	116
21.	Chequeo por corte punzonante.....	117
22.	Armado final de zapata Z-1.....	119
23.	Elevación de zapata combinada.....	120

24.	Chequeo por corte punzonante cimiento combinado.....	122
-----	--	-----

TABLAS

I.	Datos de población.....	07
II.	Servicios públicos.....	08
III.	Peso del muro por gravedad del tanque de almacenamiento.	48
IV.	Modelos de hipocloradores automáticos tipo PPG.....	55
V.	Cuadro de resumen de gastos de operación.....	58
VI.	Presupuesto del sistema de agua potable.....	59
VII.	Cronograma de ejecución del proyecto de agua potable.....	60
VIII.	Análisis económico – social.....	61
IX.	Cálculos del valor presente neto y tasa interna de retorno.....	62
X.	Alturas o espesores mínimos de vigas.....	70
XI.	Espesores mínimos de losa.....	72
XII.	Peso por nivel y peso total de la estructura (kg).....	78
XIII.	Fuerzas por nivel.....	79
XIV.	Fuerzas por marco, sentido X nivel 2.....	82
XV.	Áreas de acero requeridas para losas nivel 1.....	91
XVI.	Áreas de acero requeridas para losas nivel 2.....	92
XVII.	Valor soporte según tipo de suelo.....	112
XVIII.	Presupuesto de escuela.....	128
XIX.	Cronograma de ejecución de escuela.....	129

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
hc	Altura de columna
Afi	Ángulo de fricción interna
Ach	Área chica
As	Área de acero
Ac	Área de columna
A	Área de la sección transversal del conducto
Ap	Área de punzonamiento
Av	Área de varilla
Az	Área zapata
Ag	Área gruesa, área total de la sección
At	Área tributaria
CT	Carga total

CUL	Carga última de losa
CGA	Carga con golpe de ariete
Pcr	Carga crítica de pandeo de Euler
CDT	Carga dinámica total
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
PU	Carga última de diseño
CUT	Carga última total
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
Q	Caudal
Qb	Caudal de bombeo
Qd	Caudal de distribución
Qmáxd	Caudal máximo diario
Qmáxh	Caudal máximo horario

Qmd	Caudal medio diario
Qu	Caudal unitario de vivienda
Ce	Celeridad
Cr	Centro de rigidez
C	Coeficiente de fricción de tubería pvc
S	Coeficiente de tipo de suelo
Va	Corte actuante
Cb	Corte basal
Vc	Corte del concreto
Vcu	Corte último del concreto
Dd	Diámetro interno de la tubería
Dt	Diámetro teórico
E	Esbeltez
f'c	Esfuerzo último del concreto
So	Espaciamiento entre estribos en zona confinada

Smáx	Espaciamiento máximo
t	Espesor de losa
e	Excentricidad
δ	Factor de amplificación de momentos
FCU	Factor de carga última
FDM	Factor de día máximo
Bd	Factor de flujo plástico
FHM	Factor de hora máximo
Kp	Factor de pandeo
Ø	Factor para estribos
m	Factor que determina cómo traba la losa
Ft	Fuerza adicional de cúspide del edificio
Fd	Fuerza de estabilidad contra deslizamiento
Fv	Fuerza de volteo
Fni	Fuerzas por nivel

a	Lado corto de losa
b	Lado largo de losa
L_v	Longitud de viga
L	Longitud del tramo
LCC	Longitud al eje de la columna
E_c	Modulo de elasticidad del concreto
M_{dx}	Momento de diseño magnificado en sentido x
M_{dy}	Momento de diseño magnificado en sentido y
I_g	Momento de inercia de la sección de concreto
M_{Asmín}	Momento que cubre el área de acero mínimo
H_f	Pérdida de carga por fricción
n	Período de diseño
P_s piedra	Peso de la piedra
P_s agua	Peso del agua
P_s conc	Peso del concreto

Ps cc	Peso del concreto ciclópeo
Ps suelo	Peso del suelo
PF	Población futura
qmáx	Presión máxima
qmín	Presión mínima
ψ	Relación de rigidez
Ps	Relación volumétrica de la columna
R	Tasa de crecimiento poblacional
Vss	Valor de soporte del suelo
v	Velocidad

GLOSARIO

ACI	Siglas de <i>American Concrete Institute</i> .
Aforo	Medir el volumen de agua que lleva una corriente por unidad de tiempo.
Agua potable	Agua que, por sus características de calidad específicas, es adecuada para el consumo humano.
Altimetría	Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de terreno o construcción.
Área tributaria	Área de carga que afecta a un elemento estructural.
Axial	Relativo a un solo eje.
Biaxial	Que posee dos ejes.
Caudal	Cantidad de flujo que pasa por determinado elemento en una unidad de tiempo.
Columna de agua	Carga de presión, en $(\text{Newton-metro})/\text{Newton}$.

Cloración	Desinfección del agua por medio de cloro.
Consumo	Cantidad de agua utilizada por la población en litros/habitante/día.
Corte basal	En cálculo estructural, es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación, para simular sobre modelo matemático, los efectos del sismo en la estructura.
Cota piezométrica	Altura de presión de agua que se tiene en un punto específico, en $(Newton\text{-metro})/Newton$.
Estribo	Refuerzo transversal de acero que absorbe los esfuerzos de corte en un elemento estructural.
Iteración	Es repetir una serie de funciones hasta obtener un dato certero.
Losa	Entrepiso o terraza.
Mampostería	Sistema tradicional que consiste en la construcción de muros, mediante la colocación manual de elementos como ladrillos, bloques de cemento prefabricado, piedras, etc.
Manantial	También llamado nacimiento, es la salida al exterior del agua subterránea.

Mortero	Mezcla de un cementante, un agregado fino y agua, para la cementación de piezas de concreto.
Pérdida de carga	Baja de la presión debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería.
Rigidez	Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
SEAO	<i>Structural Engineers Association of California</i> (Asociación de Ingenieros Estructurales de California).

JUSTIFICACIÓN

El sistema de agua potable entubada, contribuirá considerablemente en la reducción de enfermedades, así como de varios beneficios a los pobladores de la comunidad ya que invertirán menor cantidad de tiempo en poder almacenar agua y contarán con el servicio en sus viviendas.

Al llevarse a cabo el proyecto de agua potable, se estará mejorando la calidad de vida de los pobladores, el cual propiciará un mejor futuro, especialmente en los jóvenes y niños que podrán contar con el vital líquido.

Por otra parte, debido a la importancia que tiene la educación en el país y teniendo en cuenta la solicitud de los pobladores de la aldea Campanario Progreso del municipio de La Unión, departamento de Zacapa; el diseño del proyecto de escuela primaria es prioritario ya que contribuirá a la educación de los niños, al desarrollo personal de cada uno y por ende el de la comunidad.

El proyecto de escuela primaria estará constituido por un módulo de cinco aulas de dos niveles, así como baño para hombres y para mujeres. En dicho edificio se impartirán los grados desde segundo primaria hasta sexto primaria, ya que actualmente se cuenta con una escuelita de párvulos en la cual se ubicará el grado de primero primaria, con esto se pretende resolver la problemática de los niños que recorren grandes distancias hasta la escuela más cercana, mejorando así en un futuro la calidad de vida de los mismos.

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrollan los diseños de introducción de agua potable en la aldea Joconal y la escuela primaria en la aldea Campanario Progreso del municipio de La Unión, departamento de Zacapa, para los cuales se emplearán diferentes herramientas que conciernen a la ingeniería civil.

En el capítulo I se presenta una investigación monográfica de la comunidad, en la que se presentan, tanto aspectos físicos como de infraestructura.

En el capítulo II se detalla el diseño de introducción de agua potable por gravedad y bombeo de la aldea Joconal del municipio de La Unión, del departamento de Zacapa, en el cual se presentan los aspectos necesarios para realizar el proyecto, como las visitas de campo, que comprende el aforo y la toma de muestras de agua; el levantamiento topográfico; las bases del diseño de la red de conducción como la red de distribución; las obras hidráulicas que conforman el proyecto como los tanques de almacenamiento y distribución así como las cajas de válvulas.

El capítulo III comprende el diseño del edificio de escuela primaria para la aldea Campanario Progreso, el cual consta de un diseño arquitectónico y estructural de marcos dúctiles con nudos rígidos; que se realizó mediante la aplicación de normas y herramientas de cálculo apropiadas.

El resultado final consiste en un juego de planos y la integración del presupuesto para cada diseño.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño de introducción de agua potable para la aldea Joconal y el diseño para la construcción de una escuela de nivel primario para la aldea Campanario Progreso, del municipio de La Unión, del departamento de Zacapa.

Específicos

1. Realizar pruebas de laboratorio para determinar las características del agua.
2. Realizar un estudio topográfico en el área, donde se llevará a cabo el proyecto de agua potable.
3. Llevar a cabo pruebas de laboratorio para determinar las propiedades del tipo de suelo en que se realizará el edificio escolar.
4. Elaborar planos constructivos, presupuestos, para los proyectos de agua potable y el edificio escolar.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene el diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo en la aldea Joconal y escuela primaria en la aldea Campanario Progreso, del municipio de La Unión, departamento de Zacapa.

Debido a la carencia de agua potable para el consumo humano y un lugar adecuado de estudio, se utilizaron las diferentes normas y herramientas relacionadas con la ingeniería civil para elaborar el diseño de ambos proyectos.

El trabajo consta de tres capítulos, en el primero se presenta una breve monografía de las aldeas Joconal y Campanario Progreso del municipio de La Unión, departamento de Zacapa. El segundo capítulo contiene el diseño de introducción de agua potable por gravedad y bombeo de la aldea Joconal, y en el tercer capítulo se encuentra el diseño del edificio de escuela primaria para la aldea Campanario Progreso, al final se presentan las recomendaciones, conclusiones y apéndices en donde se incluyen los planos.

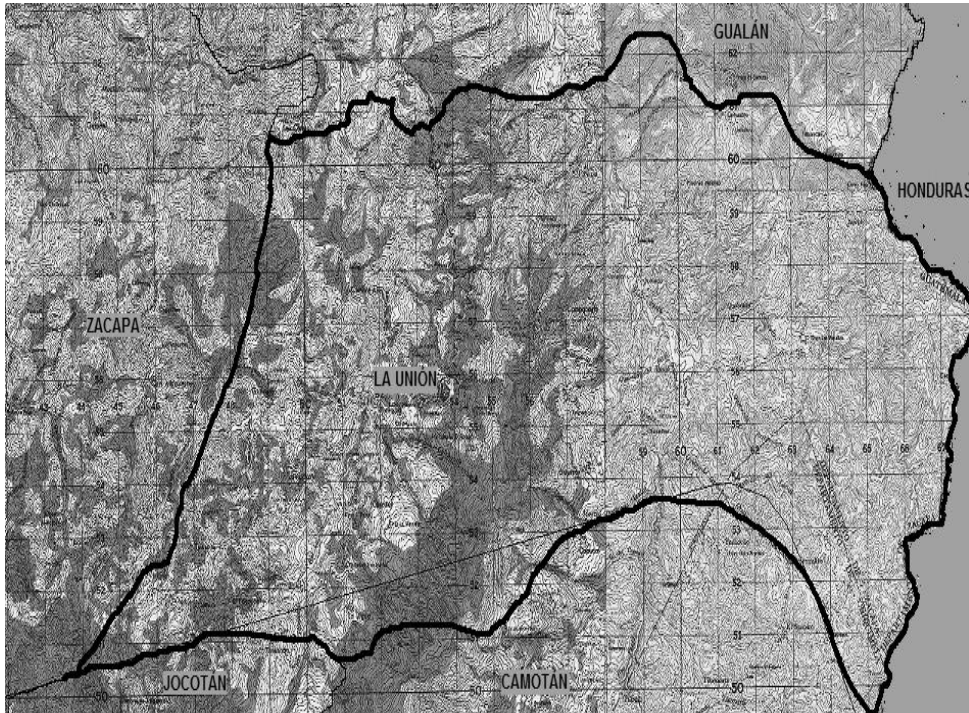
1. MONOGRAFÍAS DE LA ALDEA JOCONAL Y CAMPANARIO PROGRESO DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

1.1. Aspectos físicos

1.1.1. Ubicación y localización

Las comunidades de la aldea Joconal y aldea Campanario Progreso, se ubican en el municipio de La Unión, departamento de Zacapa, región III o región Nor-Oriental del país. Se localizan a 75 kilómetros de la cabecera departamental, aproximadamente a 23 km y 9 km respectivamente, al Noreste de la cabecera municipal y a 195 kilómetros de la ciudad capital. Las coordenadas geodésicas de la cabecera municipal son: Latitud Norte de 14⁰ 57'52" y longitud 89°17'43" 0 10'27" (ver figura 1).

Figura 1. **Ubicación del municipio de La Unión**



Fuente: instituto nacional geográfico, hoja cartográfica 2059, escala 1: 50 000

1.1.2. División política

La aldea Joconal y Campanario Progreso fueron creadas como tal en el año 1900 aproximadamente, el municipio de La Unión el 3 de febrero de 1904, con las formalidades legales del caso; debido a su organización poblacional y política y por contar con producción creciente; perteneció al departamento de Chiquimula, en la jurisdicción de Jicotán, debiendo la jefatura política dictar las disposiciones correspondientes.

En ese mismo año estando en el mando presidencial Manuel Estrada Cabrera, por medio del Acuerdo Gubernativo 2 de julio de 1904, señaló este municipio con el nombre de municipio Estrada Cabrera, del departamento de Chiquimula. Más tarde este municipio pasó al departamento de Zacapa, proporcionando mejor atención jurisdiccional y de acceso, estableciéndose esto por medio del Acuerdo Gubernativo del 9 de marzo de 1907.

Al ser derrocado el presidente Estrada Cabrera, se emitió un nuevo acuerdo por medio del cual todos los pueblos, plazas o lugares que llevaran el nombre de Estrada Cabrera o el de algunos de sus familiares, recuperasen su nombre anterior o tuviesen uno nuevo, y definitivamente el 3 de mayo de 1920 tomó el nombre de municipio de La Unión, del departamento de Zacapa.

Teniendo un área de terreno de trescientas diecinueve caballerías, diecinueve manzanas, nueve mil trescientas setenta y nueve varas cuadradas y cuarenta y cinco mil seiscientos veinticinco cien milésimas de vara cuadrada, de su finca rústica No. 2 238 folios 256 y 257 del libro 17 de Chiquimula.

1.1.3. Clima

La aldea Joconal y Campanario Progreso del municipio de La Unión, departamento de Zacapa se encuentra a una altura de 944 y 1 000 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente. Se caracterizan por tener un clima que es prevalecido y determinado por los accidentes geográficos del lugar, los cuales ejercen incidencia en la formación del mismo.

Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la estación meteorológica más cercana a las aldeas Joconal y Campanario Progreso es la de la cabecera municipal, que registra los siguientes datos:

- Su temperatura media anual se registra entre 19°C a 26 °C
- Su humedad relativa promedio anual es de 73,53%

Precipitación pluvial: El municipio de La Unión se caracteriza por poseer una precipitación pluvial muy fluida, debido a que posee un bosque nuboso, denso de especies nativas (mixto). Se distingue, igual que todo el país, por tener dos estaciones: una seca, de noviembre hasta abril, y otra lluviosa, de mayo a octubre. Sin embargo, aún en la época seca se presentan precipitaciones debidas principalmente a la influencia del mar Caribe.

La precipitación pluvial media anual es de 1 365,40 mm. Siendo los meses de febrero, marzo y abril los de menor precipitación. La precipitación pluvial media por época es la siguiente: época seca de 413,40 mm y época lluviosa de 952 mm.

Estos datos fueron otorgados por la Estación Meteorológica Tipo “B” del INSIVHUME que se encuentra ubicada en el municipio de La Unión, del departamento de Zacapa.

1.1.4. Hidrografía

Entre los accidentes hidrográficos de la aldea Joconal y Campanario Progreso se pueden encontrar nacimientos de agua, tanto de brote como de quebradas, donde captan el agua que utilizan en las diferentes comunidades, ya que no cuentan con pozos ni otro servicio que les brinden el vital líquido. El agua de estos nacimientos se pudo apreciar que tiene un flujo permanente en época seca y lluviosa.

La Unión Zacapa se caracteriza por abastecer de agua a varias comunidades de municipios aledaños. el bosque municipal de La Unión es considerado como una zona de recarga hídrica de vital importancia para los municipios de La Unión, Gualán, Zacapa (departamento de Zacapa), Camotán y Jocotán (departamento de Chiquimula) ya que un gran número de caseríos, aldeas y cascos municipales se surten del recurso como consumo humano, además le da vida a la agricultura y ganadería de la región.

1.1.5. Orografía

En términos generales, la orografía es el recurso natural que permite al hombre conocer y adaptarse, así como aprovechar de la mejor forma posible aquellas características topográficas prevalecientes en un área geográfica determinada.

La aldea Joconal y Campanario Progreso, por su altura, poseen un terreno totalmente quebrado, por lo que es sumamente difícil introducir tecnología agraria (tractores), cuenta con laderas alrededor del camino y presenta erosiones avanzadas.

Los suelos sufren durante la época de siembra frecuentes quemadas que producen cambios bruscos en la erosión del suelo, debido a cultivos de ladera (maíz, frijol, etc.).

El municipio se encuentra ubicado dentro de la zona sub-tropical húmeda en un 80% de su extensión. El suelo contiene: rocas platónicas sin dividir, roca volcánica sin dividir y roca metamórficas sin dividir.

En resumen, los suelos y subsuelos se determinan e integran de la manera siguiente: son suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas o elevaciones medianas y suelos poco profundos en donde la erosión ha sido por cultivos de laderas, la textura del suelo es superficial, es franco y arcilloso hasta profundidades de 26 centímetros, los sub-suelos son de textura franco-arcillosos, de color café, con PH moderadamente ácido, que predominan hasta un metro de profundidad, susceptible en alto grado de erosión.

1.1.6. Producción agrícola

En lo que respecta a la producción agrícola, se pueden cultivar especies de pastos, maíz, frijol, arroz, hortalizas, café, cardamomo, banano, yuca, izote, naranja, lima, durazno y especies forestales (pino, cedro, ciprés, encino, etc.), así como otros cultivos adaptables a la zona.

Es el municipio del departamento de Zacapa que más produce café y su economía se mueve a través de este cultivo, por lo que existe aproximadamente un 95% de población económicamente activa que se dedica al mismo.

1.1.7. Población

En cuanto a la población de las comunidades de la aldea Joconal y Campanario Progreso se puede apreciar en la siguiente tabla datos muy importantes de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística INE.

Tabla I. Datos de población

POBLACIÓN								
			Población INE 2002			Población INE 2008		
No.	Lugar	Categoría	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
1	Joconal	Aldea	165	170	335	186	192	378
2	Campanario Progreso	Aldea	473	457	930	535	516	1 051

Fuente: instituto nacional de estadística (INE)

1.2. Aspectos de infraestructura

La infraestructura en lo que se refiere a viviendas están construidas en su mayoría de bajareque con techo de lámina que comprende un 55% aproximadamente, con un 5% las viviendas con paredes de caña y madera con techo de lámina y el 40% restante lo componen las viviendas con paredes de block y techo de lámina.

1.2.1. Vías de acceso

- Aldea Joconal: las vías de acceso son por medio de carretera de terracería que comunica con la cabecera municipal a 23 kilómetros, también cuenta con un acceso que comunica con la aldea Chaguitón del municipio de Gualán.

- Aldea Campanario Progreso: la única vía de acceso es por carretera de terracería que comunica con la cabecera municipal a una distancia de 9 kilómetros.

1.2.2. Servicios públicos

Las comunidades de las aldeas Joconal y Campanario Progreso cuentan con los servicios que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla II. **Servicios públicos**

Servicios	Aldeas	
	Campanario Progreso	Joconal
Escuela preprimaria	1	1
Escuela primaria	0	1
Iglesia católica	1	1
Panadería	1	0
Tiendas de abarrotes	2	2

Fuente: elaboración propia

1.2.3. Organización comunitaria

Para cada aldea existe un Comité Comunitario de Desarrollo (COCODE), este es el caso de las aldeas Joconal y Campanario Progreso que cuentan con un COCODE, son los encargados de promover la planificación y ejecución de proyectos de beneficio para la comunidad.

Los comités están conformados por 9 a 11 miembros y cuentan con presidente comunitario, secretario, tesorero y el resto de vocales.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD Y BOMBEO DE LA ALDEA JOCONAL

2.1. Descripción general del proyecto

La necesidad de un proyecto de agua potable para la aldea Joconal es de suma urgencia, para este logro se cuenta con una fuente de agua que proporciona un caudal suficiente para cubrir la demanda de la población actual y la población futura, para un período de vida útil del proyecto de 22 años.

El proyecto consiste en el diseño de un tramo de la conducción por gravedad hasta un tanque de almacenamiento el cual tendrá la capacidad de 25 m³, de éste se procederá a la conducción mediante bombeo, para lo cual se utilizará una bomba centrífuga de 7 Hp que conducirá el agua hacia el tanque de distribución con capacidad de 25 m³.

Se conducirá un caudal total que cubrirá la demanda de todas las viviendas de la comunidad. Se construirán 50 conexiones domiciliarias, para la cual se colocará una línea domiciliar con tubo pvc de ½” con válvula de compuerta de bronce de ½” y un máximo de 3 tubos por cada domicilio.

2.2. Visita preliminar de campo

Durante esta visita de campo se realizó un recorrido general para obtener un croquis de la aldea en estudio, lograr tener una idea general de la topografía del lugar, y observar algunas áreas donde se debían obtener derechos de paso para la ejecución del proyecto.

Se observó la posible fuente de abastecimiento para el sistema, se obtuvieron datos de campo de importancia para el proyecto.

Mediante el apoyo del Comité Comunitario de Desarrollo de la aldea Joconal, se indicó la posible fuente para el abastecimiento del sistema de agua potable, con esto se detalló su ubicación dentro de la aldea y a la vez su funcionalidad y compatibilidad con el sistema para poder cubrir la necesidad de todas las viviendas existentes.

Durante la visita de campo se obtuvo información general del número de viviendas existentes en la aldea, las cuales se beneficiarían con la ejecución del proyecto.

Actualmente, los habitantes de la comunidad se abastecen de un nacimiento que les brinda el agua, pero éste, no satisface la dotación diaria necesaria para la mayoría de la población y carecen de un sistema de desinfección para que sea potable, debido a esto es de gran importancia el desarrollo del presente proyecto.

2.2.1. Aforo de la fuente

El aforo respectivo fue realizado en la época de estiaje, resultando un caudal disponible de 1,5 l/s, para obtener este caudal se realizó un aforo volumétrico, cronometrando el tiempo de llenado de un recipiente con volumen de 18,926 litros, realizando varias veces este procedimiento para lograr el valor más exacto posible del caudal y poder tener en cuenta la capacidad del nacimiento determinado por la comunidad.

2.2.2. Muestras de agua

Con el fin de conocer las características físicas, químicas y bacteriológicas de la fuente, se tomaron muestras de agua. Para el examen físico-químico se utilizó un recipiente de plástico de 1 galón transportado sin refrigeración. Para el examen bacteriológico se utilizó un recipiente de vidrio esterilizado de boca ancha y tapón hermético, el cual se transportó en refrigeración y fue entregado en el laboratorio.

2.3. Exámenes del agua

2.3.1. Examen bacteriológico

Según los resultados del laboratorio químico de microbiología sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, los exámenes de calidad del agua (ver anexos) presenta en la fuente un número más probable de gérmenes coliformes en una muestra de 100cm³ con 70 coliformes totales.

Por lo tanto, desde el punto de vista bacteriológico, el agua exige más que un simple tratamiento de desinfección, según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

2.3.2. Examen físico-químico sanitario

Desde el punto de vista de calidad física y calidad química, el agua del nacimiento cumple con la norma internacional de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua. Sólo recomienda una cantidad de cloro para desinfección (ver anexo).

2.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó, tanto en la línea de conducción, como en las líneas de distribución de la comunidad. Se realizaron radiaciones hacia las viviendas para determinar la distancia hasta la red de distribución, así como las cotas de terreno que serán de utilidad para cuando se ejecute el proyecto.

2.4.1. Planimetría

El levantamiento planimétrico se efectuó por medio de las coordenadas X y Y que proporciona la estación total en sus datos almacenados. Se utilizó el siguiente equipo: teodolito digital, estadal, brújula, plomada, estacas, clavos y pintura.

2.4.2. Altimetría

El levantamiento altimétrico se realizó por medio de coordenadas Z, utilizando el mismo equipo de la planimetría. Se partió de una referencia (BM), ubicada en la estación E-0 con una cota de 1 000 m. La cota topográfica de una estación a otra da la diferencia entre las coordenadas Z, que se calcula de la siguiente manera:

$$CT = Cant + AI - HM + \left(\frac{1}{2} \times K \times (HS - HI) \times \text{SENO} (2 \times \Lambda)\right)$$

Donde:

Cant = Cota anterior

AI = Altura del instrumento

HS = Hilo superior

HI = Hilo inferior

K = Constante del aparato = 100

Λ = Ángulo cenital

2.5. Bases de diseño

Las bases de diseño dependen de diversos factores, tales como: el nivel de vida de la población, clima, actividad productiva, patrones de consumo de la población, aspectos socioeconómicos etc. A falta de alguno de estos factores se tomará como base lo que establece el Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento para el área rural de Guatemala, en las normas de diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales. A continuación se describen las bases de diseño utilizadas para el proyecto.

2.5.1. Cálculo de población futura

2.5.1.1. Tasa de crecimiento poblacional

En la comunidad de la aldea Joconal se tomó en cuenta los valores que se proporcionan en el Instituto Nacional de Estadística que es de un 2,5 %.

2.5.1.2. Período de diseño

Este es el tiempo que contempla que el servicio será efectivo para la población de diseño. Para determinar este tiempo se tomó en cuenta el período de la vida útil de los materiales y el tipo de proyecto. Dicho período es de 22 años máximo.

2.5.1.3. Población futura

El cálculo de la población futura, según el período de diseño adoptado para el proyecto, se calculó por medio del método de crecimiento geométrico, el cual se describe a continuación:

$$PF = P_{\text{actual}} \times (1 + r)^n$$

Donde:

PF = Población futura a los 20 años

Pactual = Población actual

r = Tasa de crecimiento poblacional

n = Período de diseño

Al sustituir los datos en la fórmula se obtiene:

$$PF = 275 \times (1 + 0,025)^{22}$$

$$PF = 473 \text{ habitantes}$$

2.5.2. Dotación

Para determinar la dotación de la comunidad se tomó en cuenta factores, tales como: el clima, topografía, capacidad y disponibilidad de pago; por lo que se optó por el tipo de conexión predial. Es importante para este tipo de conexión la capacidad o disponibilidad de agua de la fuente, por lo que, la cantidad de agua asignada en un día para cada usuario es de 120 litros/habitante/día.

2.5.3. Factores de consumo y caudales de diseño

2.5.3.1. Caudal medio diario

El caudal medio se obtiene del producto de la dotación adoptada por el número de habitantes, que se estiman al final del período de diseño.

$$Q_{md} = \frac{(\text{Dotación} \times PF)}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario

Dotación = Dotación en litros/habitante/día

PF = Población futura

Al sustituir los datos en la fórmula se obtiene:

$$Q_{md} = \frac{(120 \text{ litros/habitante/día} \times 473 \text{ habitantes})}{86\,400}$$

$$Q_{md} = 0,66 \text{ litros/segundo}$$

2.5.3.2. Caudal máximo diario

El consumo máximo diario o caudal de conducción, es el mayor consumo que se da en un día al año. Este será el producto de multiplicar el consumo medio diario por un factor que oscile entre 1,2 y 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes. Se adoptó para el proyecto un factor de 1,5.

$$Q_{máxd} = Q_{md} \times FDM$$

Donde:

$Q_{máxd}$ = Caudal máximo diario

Q_{md} = Caudal medio diario

FDM = Factor de día máximo

Al sustituir los datos se obtiene:

$$Q_{máxd} = 0,66 \text{ litros/segundo} \times 1,5$$

$$Q_{máxd} = 1 \text{ litro/segundo}$$

2.5.3.3. Caudal máximo horario

El consumo máximo horario o caudal de distribución, es el máximo consumo que se da en una hora del día. Se determina multiplicando el consumo medio diario por un coeficiente o factor que varía entre 2 a 3 en poblaciones futuras menores a 1 000 habitantes. Para el proyecto se adoptó un factor de 2.

$$Q_{\text{máxh}} = Q_{\text{md}} \times \text{FHM}$$

Donde:

$Q_{\text{máxh}}$ = Caudal máximo horario

Q_{md} = Caudal medio diario

FHM = Factor de hora máximo

Al sustituir los datos en la fórmula se obtiene:

$$Q_{\text{máxh}} = 0,66 \text{ litros/segundo} \times 2$$

$$Q_{\text{máxh}} = 1,32 \text{ litros/segundo}$$

2.5.3.4. Caudal de bombeo

El caudal de bombeo se obtiene multiplicando el caudal máximo diario por veinticuatro horas dividido el tiempo o período de bombeo al día.

$$Q_b = \frac{Q_{\text{md}} \times 24}{\text{Período de bombeo}}$$

Donde:

Qb = Caudal de bombeo

Qmd = Caudal medio diario

Período de bombeo = Horas de bombeo al día = 11 horas

Al sustituir los datos en la fórmula se obtiene:

$$Q_b = \frac{(0,66 \text{ litros/segundo} \times 24 \text{ horas})}{11 \text{ horas}}$$

$$Q_b = 1,44 \text{ litros/segundo}$$

Teniendo el caudal de bombeo, se debe verificar que el caudal disponible (caudal de la fuente) sea suficiente para satisfacer el diseño. Entonces se debe realizar el siguiente análisis:

$$Q \text{ aforo} > Q \text{ bombeo}$$

$$1,5 \text{ litros/segundo} > 1,44 \text{ litros/segundo}$$

Analizando los resultados anteriores, el caudal de bombeo requerido es menor que el caudal que proporciona la fuente de captación, por lo que es aceptable.

2.6. Diseño hidráulico

2.6.1. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías

Para el cálculo de la línea de conducción y red de distribución se utilizaron las ecuaciones de continuidad y conservación de la energía, así como la fórmula empírica para fluidos de agua de Hazen Williams, empleada para la pérdida de carga en tuberías cerradas a presión. A continuación se describe la fórmula de Hazen Williams:

$$H_f = \frac{(1\,743,811 \times L \times Q^{1,852})}{C^{1,852} \times D^{4,87}}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga por fricción en metros

L = Longitud del tramo en metros

Q = Caudal conducido en litros/segundos

C = Coeficiente de fricción de Hazen Williams, que depende de la rugosidad del material, para tubería pvc se adoptará un valor de 150 adimensional

D = Diámetro interno de la tubería en pulgadas

2.6.2. Clases y presiones de trabajo de tuberías

En la mayor parte del proyecto se utilizará la tubería de cloruro de polivinilo (PVC) bajo las denominaciones SDR (relación de diámetro exterior, espesor de la pared), de las cuales se usarán las siguientes:

- SDR, presión de trabajo de 250 PSI (176 mca)

- SDR, presión de trabajo de 160 PSI (113 mca)

Para tramos donde no sea posible excavar por el tipo de suelo, se usará tubería de hierro galvanizado de tipo liviano.

2.6.3. Velocidades y presiones máximas y mínimas

La velocidad mínima recomendable es de 0,60 metros/segundo, pero debido a que el caudal no contiene sedimentos, este valor puede ser menor hasta un valor de 0,40 metros/segundo. La velocidad máxima será de 3 metros/segundo.

La presión estática en la línea de conducción no debe ser mayor al 80 % de la presión de trabajo de las tuberías. En redes de distribución no debe ser mayor a 60 metros columna de agua donde, existan casas que se alimenten de algún punto cercano de la línea de distribución; esto es porque las llaves de los chorros no resisten presiones mayores a los 60 mca.

En algunos casos, donde no existan viviendas cerca, se puede aumentar la presión colocando tubería de mayor resistencia. La presión mínima de llegada a cualquier obra de arte debe ser de 6 metros columna de agua, según normas de diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales de Guatemala. Esto donde sea posible, ya que existen algunos lugares en donde se deberá rodear para obtener la presión mínima de llegada.

2.6.4. Diseño hidráulico de la línea de conducción

A continuación se diseñará la línea de conducción desde la caja de captación E-0 al tanque de almacenamiento E-9.

Datos del tramo:

- Longitud = 178,37 metros (incluye un factor de 5 % de ondulación)
- Caudal = 1,5 litros/segundo
- Tubería = 150 PVC (coeficiente de Hazen Williams)
- Cota E-0 = 1 000 metros
- Cota E-9 = 9 992,62 metros

Primero se calcula la pérdida de carga disponible o diferencia de nivel entre las estaciones, es decir:

$$H_{f\text{disponible}} = (\text{Cota E-0} - \text{Cota E-9}) = (1000 - 9992.62) = 7,38 \text{ metros}$$

Para esta pérdida de carga disponible se obtendrá un diámetro teórico, despejando de la fórmula de Hazen Williams el diámetro se sustituyen los datos, lo que da como resultado lo siguiente:

$$D_{\text{teórico}} = \left[\frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times H_f \text{ disponible}} \right]^{1/4,87}$$

Al sustituir los datos se obtiene:

$$D_{\text{teórico}} = \left[\frac{1\,743,811 \times 178,37 \times 1,5^{1,852}}{150^{1,852} \times 7,38} \right]^{1/4,87}$$

$$D_{\text{teórico}} = 1,5 \text{ pulgadas}$$

El resultado se aproxima a un diámetro comercial superior e inferior. Al calcular para cada diámetro la pérdida de carga, se selecciona el diámetro que mejor resultado de al diseño hidráulico. Para este caso se seleccionó el mayor, de 2 pulgadas SDR 26 160 PSI, con un diámetro interior de 2,193 pulgadas.

A continuación se sustituye el diámetro obteniendo el siguiente resultado de pérdida:

$$H_f = \left[\frac{1\,743,811 \times 178,37 \times 1,5^{1,852}}{150^{1,852} \times 2,193^{4,87}} \right]$$

$$H_f = 1,23\text{mca}$$

La presión estática en este tramo será igual a la carga disponible o diferencia de nivel entre las dos estaciones, es decir, 7,38 mca (metros columna de agua). El 80% de la presión de trabajo de la tubería propuesta es de 90,4 mca, el cual es superior a la presión estática. Esto asegura que la tubería propuesta resistirá la presión de diseño.

La presión dinámica en E-9 será la resta de la presión estática menos la pérdida de la carga concentrada en ese punto, es decir, 7,38 mca – 1,23 mca = 6,15 mca. La cota piezométrica en la estación E-9 se calcula con la siguiente fórmula:

$$CPE-9 = (CotaE-0 - HfE-0 \text{ A } E-9) = (1\,000\text{mca} - 1,23\text{mca}) = 9\,998,77\text{ mca}$$

La velocidad en este tramo se obtiene de la fórmula siguiente:

$$Q = v \times A$$

Donde:

Q = Caudal en metros cúbicos / segundo

v = velocidad en metros por segundo

A = Área de la sección transversal del conducto en metros cuadrados

$$A = (\pi/4 \times D^2)$$

Al despejar V en la fórmula del caudal se obtiene:

$$V = \frac{(4 \times Q)}{(\pi \times D^2)}$$

Con la sustitución de datos se obtiene:

$$V = \frac{(4 \times 1,5/1\ 000)}{(\pi \times 0,0254^2)}$$

v = 0,62 metros/segundo

Se encuentra dentro del rango de velocidad $0,60 \text{ m/s} < v < 3 \text{ m/s}$ estipulado en las velocidades mínimas y máximas.

2.6.5. Diseño hidráulico de la línea de impulsión

Para el diseño del tramo, que va desde el tanque de almacenamiento en E-9, hasta el tanque de distribución ubicado en E-29, se toman en cuenta algunos criterios como los siguientes:

- En una línea de conducción por bombeo, la diferencia de elevación es la carga a vencer y se verá incrementada en función de la selección de los diámetros menores, y consecuentemente, ocasionará mayores costos de equipo y energía. Por tanto, cuando se tiene que bombear agua mediante una línea directa al tanque de distribución, existirá una relación inversa entre potencia requerida y diámetros de la tubería.

De estas consideraciones se tendrá en cuenta dos muy importantes:

- a) Diámetros pequeños y equipos de bombeo grandes, con lo cual se tiene un costo mínimo para la tubería, pero máximo por los equipos de bombeo y su operación;
- b) Diámetros grandes y un equipo de bombeo de baja potencia, resultando costos para la tubería y bajos para los equipos y su operación.

Entre estas dos opciones, existe una gama de soluciones de acuerdo a los diferentes diámetros comerciales, de cuyo análisis económico se selecciona el más conveniente.

Datos del tramo:

- Longitud = 357,65 metros

- Caudal = 1,44 litros/segundo
- Tubería = 150 PVC (coeficiente de Hazen Williams)
- Cota E-9 = 9 992,62 metros
- Cota E-29 = 10 044,87 metros

Luego de haberse encontrado el caudal de bombeo, se procede a calcular el diámetro teórico de bombeo cumpliendo con la velocidad de flujo, y la fórmula es la siguiente:

$$Q_{\text{tbombeo}} = 1,8675 \times \sqrt{Q_b}$$

Donde:

D_{tbombeo} = Diámetro teórico de bombeo

Q_b = Caudal de bombeo en litros/segundo

1,8675 = Factor de conversión de metros a pulgadas

Al sustituir los datos se obtiene:

$$Q_{\text{tbombeo}} = 1,8675 \times \sqrt{1,44}$$

$$Q_{\text{tbombeo}} = 2,24 \text{ pulgadas}$$

A continuación se procede a calcular, con los rangos de velocidad de 0,60 m/s < V < 3 m/s, los diámetros mínimos y máximos que se pueden utilizar para el diseño:

Analizando con velocidad de 0,60 metros/segundo para obtener el diámetro mínimo y la fórmula es la siguiente:

$$D_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{1,974 \times Q_b}{v}}$$

Donde:

$D_{\text{máx}}$ = Diámetro teórico máximo

Q_b = Caudal de bombeo

v = Velocidad mínima del flujo

Al sustituir los datos se obtiene:

$$D_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{1,974 \times 1,44}{0,60}} = 2,20 \text{ pulgadas}$$

Analizando con velocidad de 3 metros/segundo para obtener el diámetro máximo y al sustituir los datos se obtiene:

$$D_{\text{mín}} = \sqrt{\frac{1,974 \times 1,44}{3}} = 1 \text{ pulgada}$$

Después de obtener los resultados de diámetros teóricos máximos y mínimos, se procede a analizar la pérdida de carga de los diferentes diámetros comerciales en este rango, eligiendo el que mejor resultado se obtenga para el diseño hidráulico. Para este caso se seleccionó el de 2 pulgadas SDR 17 de 250 PSI, con un diámetro interior de 2,095 pulgadas.

A continuación se sustituye el diámetro obtenido obteniendo el siguiente resultado de pérdida:

$$H_f = \left[\frac{1\,743,811 \times 357,65 \times 1,44^{1,852}}{150^{1,852} \times 2,095^{4,87}} \right] = 3,27 \text{ mca}$$

Luego se procede a calcular la velocidad que se obtiene utilizando el diámetro seleccionado:

$$v = \frac{(1,974 \times Q_b)}{D_b^2}$$

Donde:

v = Velocidad en metros/segundo

Q_b = Caudal de bombeo en litros/segundo

D_b = Diámetro en tubería de bombeo

$$v = \frac{(1,974 \times 1,44)}{2,095^2} = 0,65 \text{ metros/segundo}$$

2.6.6. Carga dinámica total

Es la unificación de todas las pérdidas que afectan la subida del agua al tanque de distribución.

2.6.6.1. Pérdidas por altura en la conducción

Es la diferencia de altura entre la cota de captación en este caso el tanque de almacenamiento y la cota de descarga el tanque de distribución:

$$H_{f1} (\text{pérdida por altura en la conducción}) = \text{Cota E-29} - \text{Cota E-9}$$

$$H_{f1} = 10\,044,87 - 9\,992,62 = 52,25 \text{ metros}$$

2.6.6.2. Pérdidas en la tubería de impulsión

De la ecuación de Hazen Williams se calcula las pérdidas por fricción en la tubería, utilizando la siguiente fórmula:

$$H_f = \left[\frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \right]$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga por fricción en metros

L = Longitud del tramo en metros

Q = Caudal conducido en litros/segundos

C = Coeficiente de fricción de Hazen Williams, que depende de la rugosidad del material, para tubería pvc se adoptará un valor de 150 adimensional.

D = Diámetro interno de la tubería en pulgadas

Al sustituir los datos se obtiene el siguiente resultado:

$$H_f = \left[\frac{1\,743,811 \times 357,65 \times 1,44^{1,852}}{150^{1,852} \times 2,095^{4,87}} \right] = 3,27 \text{ mca}$$

2.6.6.3. Pérdidas por velocidad

Las pérdidas por velocidad se deben principalmente por la velocidad y la gravedad que actúa sobre el líquido. Se determina con la fórmula siguiente:

$$H_{fv} = \frac{v^2}{2 \times g}$$

Donde:

H_{fv} = Pérdida por velocidad

g = Gravedad = $9,8 \text{ m/s}^2$

Al sustituir los datos se obtiene el siguiente resultado:

$$H_{fv} = \frac{0,65^2}{2 \times 9,8} = 0,021 \text{ mca}$$

2.6.6.4. Pérdidas menores

Las pérdidas menores se atribuyen a pérdidas en accesorios que se utilizan en la línea de conducción, para el presente proyecto no existen muchos accesorios utilizados que signifiquen una pérdida significativa, por lo que se asume un 10 % de las pérdidas por fricción en la tubería de impulsión.

$$H_{fm} = 0,10 \times H_f$$

Donde:

H_{fm} = Pérdidas menores

H_f = Pérdidas por fricción en tubería de impulsión

$$H_{fm} = 0,10 \times 3,27$$

$$H_{fm} = 0,327 \text{ mca}$$

2.6.6.5. Altura de reserva

Se considera una altura de reserva de 5 metros debido a que el tanque se puede construir en otro lugar del sector con una cota de terreno diferente a la proyectada.

Carga dinámica total (CDT)

Al haber calculado todas las pérdidas disponibles en la línea de impulsión se proceden a realizar los cálculos de la carga dinámica total:

$$CDT = H_{f1} + H_{fi} + H_{fv} + H_{fm} + \text{Altura de reserva}$$

$$CDT = 52,25 \text{ m} + 3,27 \text{ m} + 0,021 \text{ m} + 0,327 \text{ m} + 5$$

$$CDT = 61 \text{ mca}$$

2.6.7. Potencia del equipo de bombeo

La potencia de la bomba debe garantizar el buen funcionamiento del sistema, ya que es parte esencial de éste. Para obtener la potencia de la bomba se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{Pot} = \frac{(\text{CDT} \times \text{Qb})}{(76 \times e)}$$

Donde:

Pot = Potencia de la bomba

Qb = Caudal de bombeo = 1,44 litros/segundo

e = Eficiencia de la bomba = 60 %

CDT = Carga dinámica total mas sobre presión

$$\text{Pot} = \frac{(69 \text{ mca} \times 1,44 \text{ litros/segundo})}{(76 \times 0,60)} = 2,5 \text{ Hp}$$

Entonces para poder satisfacer las condiciones requeridas se necesita utilizar una bomba centrífuga de 2 etapas con motor de 7 HP, debido a las características de funcionamiento y capacidad del equipo de bombeo.

2.6.8. Verificación del golpe de ariete

Para la protección del equipo de bombeo y la tubería de conducción, se deben considerar los efectos producidos por el fenómeno denominado golpe de ariete.

Se denomina golpe de ariete a la variación de presión en una tubería, por encima o por debajo de la presión normal de operación; ocasionada por rápidas fluctuaciones en el caudal, producida por la apertura o cierre repentino de una válvula o por el paro o arranque de la bomba. Este fenómeno puede provocar ruptura de la presión (presión positiva) o aplastamiento (presión negativa).

Para los cálculos de la sobrepresión del golpe de ariete, antes es necesario realizar el cálculo de la celeridad y se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_e = \frac{1420}{\sqrt{\left[1 + \frac{(K \times D_i)}{(E \times e_{sp})}\right]}}$$

Donde:

C_e = Celeridad o velocidad de onda en metros/segundo

K_a = Módulo de elasticidad volumétrica del agua = 20 700 kg/cm²

E_{pvc} = Módulo de elasticidad de tubería de PVC = 28 100 kg/cm²

D_i = Diámetro interno de la tubería de 2" = 53,21 mm

e_{sp} = Espesor de la pared de la tubería de 2" = 3,56 mm

$$C_e = \frac{1420}{\sqrt{\left[1 + \frac{(20\,700 \times 53,21)}{(28\,100 \times 3,56)}\right]}} = 119,78 \text{ metros/segundo}$$

Para realizar el cálculo de sobrepresión se utiliza la siguiente fórmula:

$$SP = \frac{(C_e \times v)}{g}$$

Donde:

SP = Sobre presión en metros

Ce = Celeridad o velocidad de onda en metros/segundo

g = Gravedad = 9,81 metros/segundo²

v = Velocidad en metros/segundo

Al sustituir los datos se obtiene:

$$SP = \frac{(119,78 \text{ metros/segundo} \times 0,65 \text{ metros/segundo})}{9,8 \text{ metros/segundo}^2} = 7,91 \text{ mca}$$

En un caso extremo se verifica el golpe de ariete con una presión total de:

$$CGA = CDT + SP$$

Donde:

CGA = Carga con golpe de ariete en (mca)

CDT = Carga dinámica total

SP = Sobre presión

$$CGA = 61 \text{ mca} + 7,91 \text{ mca} = 69 \text{ mca} \text{ ó } 95 \text{ PSI}$$

De acuerdo con el valor anterior, ésta sería la presión soportada por la tubería, por lo que se utilizará una tubería de PVC de 2 pulgadas de 250 PSI, con un cheque horizontal después de la bomba y otra válvula de cheque horizontal a 100 metros de la caseta de bombeo, para que el agua no regrese nuevamente a la bomba y le ocasione daños.

2.6.9. Diseño hidráulico de la red de distribución

El diseño de la red de distribución se efectuará por medio de ramales abiertos, debido a lo disperso de las viviendas y a las condiciones topográficas del lugar. El caudal de diseño para la red de distribución será el caudal máximo horario (ver numeral 2.5.3.3). Las velocidades y presiones mínimas y máximas se describen en el numeral 2.6.3.

Para el diseño se determina el caudal unitario de vivienda, el cual se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_u = \frac{Q_d}{T_v}$$

Donde:

Q_u = Caudal unitario de vivienda en litros/segundo/vivienda

Q_d = Caudal de distribución litros/segundo

T_v = Total de viviendas actuales

Al sustituir los datos en la fórmula se obtiene:

$$Q_u = \frac{1,32 \text{ litros/segundo}}{50 \text{ viviendas}} = 0,0264 \text{ litros/segundo/vivienda}$$

Para determinar el caudal de diseño de un tramo de la red de distribución, se suma el caudal de vivienda del tramo más los caudales de vivienda que llegan a ese tramo. El caudal de vivienda es igual al producto del caudal unitario por el número de viviendas en el tramo.

A continuación se presenta el diseño del tramo No. 1 (E-29 a E-32) y los datos son los siguientes:

- Longitud = 120,928 metros (incluye un factor de 5 % de ondulación)
- Cota E-29 = 10 044,88 metros
- Cota E-32 = 10 037,39 metros
- Número de viviendas en el tramo = 6 viviendas

Teniendo en cuenta los datos anteriores, el caudal de vivienda se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$Q_v = Q_u \times N_{viv}$$

Donde:

Q_v = Caudal de vivienda litros/segundo

Q_u = Caudal unitario en litros/segundo/vivienda

N_{viv} = Número de viviendas del tramo

Al sustituir datos se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_v = 0,0264 \text{ litros/segundo/vivienda} \times 6 \text{ viviendas}$$

$$Q_v = 0,16 \text{ litros/segundo}$$

A este tramo llegan los caudales de vivienda del subramal 1.1 y 1.2, entonces el caudal de diseño será:

$$Q_d = (0,1584 + 0,66 + 0,5) \text{ litros/segundo} = 1,32 \text{ litros/segundo}$$

Para el diseño del tramo primero se calculará la carga disponible o la diferencia de nivel entre las dos estaciones:

$$H_{\text{disponible}} = \text{Cota E-29} - \text{Cota E-32}$$

$$H_{\text{disponible}} = 10\,044,88\text{m} - 10\,037,39\text{m} = 7,49 \text{ metros}$$

Para esta pérdida de carga disponible se determina el diámetro teórico:

$$D_{\text{teórico}} = \left[\frac{1\,743,811 \times 384,699 \times 0,66^{1,852}}{150^{1,852} \times 7,49} \right]^{1/4,87}$$

$$D_{\text{teórico}} = 1,36 \text{ pulgadas}$$

Este resultado se aproxima a un diámetro comercial inferior y superior. Al calcular para cada diámetro la pérdida de carga se selecciona el diámetro que de mejor resultado al diseño hidráulico. Para este tramo el diámetro que mejor se adaptó al diseño hidráulico es 1 1/2 pulgada SDR 26, con un diámetro interno de 1,75 pulgadas.

$$H_f = \left[\frac{1\,743,811 \times 384,699 \times 1,32^{1,852}}{150^{1,852} \times 1,75^{4,87}} \right] = 2,16 \text{ mca}$$

La presión estática en este tramo será igual a la carga disponible, es decir 7,49 mca (metros columna de agua). El 80% de la presión de trabajo de la tubería propuesta es de 90 mca, el cual es superior a la presión estática lo cual asegura que la tubería propuesta resistirá la presión de diseño.

La presión dinámica en E-32 será la resta de la presión estática menos la pérdida de carga concentrada en ese punto, 7,49 mca – 2,13 mca = 5,35 mca.

La cota piezométrica en E-32 se calcula con la siguiente fórmula:

$$CPE-32 = (CotaE-29 - HfE-29 a E-32) = 10\,044,88\text{mca} - 2,16\text{ mca} = 10\,042,72\text{ mca}$$

$$V = \frac{(4 \times 1,32 / 1\,000)}{(\pi \times (1,75 \times 0,0254)^2)} = 0,85\text{ metros/segundo}$$

El resultado obtenido se encuentra dentro del rango de 0,60 metros/segundo < Velocidad < 3 metros/segundo; con un resultado menor de 0,6 metros/segundo, no existe problema ya que el líquido no presenta sedimentos pudiendo llegar hasta 0,4 metros/segundo.

El resumen de resultados se puede apreciar en la tabla de cálculo hidráulico de la red de distribución que se encuentra en apéndices.

2.7. Obras hidráulicas

Las obras hidráulicas son aquellas estructuras destinadas para que el proyecto funcione de forma adecuada, dentro de las que se encuentran el tanque de almacenamiento, tanque de distribución, sistema de desinfección, válvulas de limpieza, válvulas de aire y conexión predial.

2.7.1 Caja de captación

El tipo de captación será para un manantial de brote definido en una ladera.

La captación estará conformada de un filtro de piedra bola, grava y arena con una capacidad de 1 metro cúbico, el cual tendrá una tubería hacia la caja de captación de la misma, ambas con su respectivo rebalse. La tubería de salida llevará una válvula de control de bronce. Alrededor de la captación se colocará una contra cuneta, para que el agua de lluvia proveniente de la ladera no contamine el manantial.

El paso a dicha caja o tanque de captación deberá estar restringido, para protegerla de un posible daño a su estructura y garantizar su funcionamiento.

Volumen del tanque

$$V_{\text{tanque}} = \frac{f_v \times Q_{\text{md}} \times \frac{24 \text{ horas}}{\text{día}} \times 3\,600 \text{ seg/hora}}{1\,000 \text{ litros/m}^3} = 86,40 \times f_v \times Q_{\text{md}}$$

Donde:

V_{tanque} = Volumen del tanque

f_v = Factor según normas INFOM en sistemas por gravedad y bombeo

Q_{md} = Caudal medio diario

$$V_{\text{tanque}} = 86,40 \times 0,40 \times 0,66 = 22,80 \text{m}^3 \approx 25 \text{m}^3$$

2.7.2. Diseño de tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento para este proyecto es esencial, ya que, en éste se almacenará el agua que proviene de la captación y que posteriormente será impulsada mediante equipo de bombeo hacia el tanque de distribución.

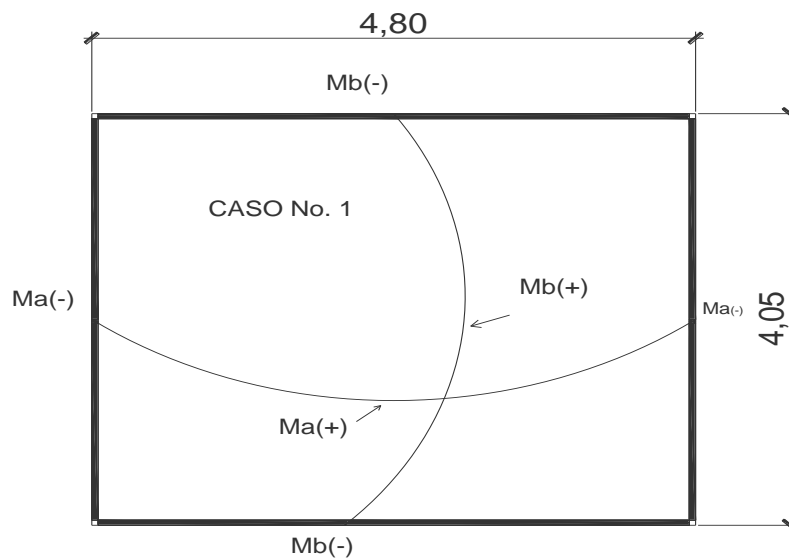
Datos para el diseño:

Peso del agua (Ps agua)	= 1 t/m ³
Peso del suelo (Ps suelo)	= 1,6 t/m ³
Peso de la piedra (Ps piedra)	= 2 t/m ³
Peso del concreto (Ps conc)	= 2,4 t/m ³
Peso del concreto ciclópeo (Ps cc)	= 2,5 t/m ³
Valor soporte del suelo (Vss)	= 8 ton/m ²
Angulo de fricción interna (Afi)	= 30 grados
Esfuerzo último del concreto (f 'c)	= 210 kg/cm ²
Esfuerzo último del acero (fy)	= 2 810 Kg/cm ²

Diseño de losa superior del tanque

Las dimensiones son 4,05 m x 4,80 m

Figura 2. Ubicación en losa de momentos



Fuente: elaboración propia

Se diseñará por el método 3 del *American Concrete Institute* (ACI). Por ser una losa discontinua en los cuatro lados se diseña por el caso No. 1 y cuenta con un volumen de 25 m³.

A continuación se muestra el cálculo:

Funcionamiento de losa

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

m = Factor que indica el funcionamiento de la losa m > 0,5 = dos sentidos y m < 0,5 = un sentido

a = Longitud del lado corto de la losa

b = Longitud del lado largo de la losa

$$m = \frac{4,05}{4,80} = 0,84 > 0,5; \text{entonces la losa se diseñará en dos sentidos}$$

Espesor de losa

$$m = \frac{\text{perímetro}}{180} = \frac{((4,05 \times 2) + (4,80 \times 2))}{180}$$

$$m = 0,09 \text{ metros}$$

Se tomó un espesor de 10 cm, ya que según el código ACI, el mínimo recomendado es de 9 cm.

Integración de cargas

Carga muerta:

CM = Peso propio de losa + acabados

$$CM = P_s \text{ conc} \times t + 90 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = 2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0,10 \text{ m} + 90 \text{ kg/m}^2 = 330 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva:

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2 \text{ (techo inaccesible).}$$

Carga muerta última:

$$CMU = 1,4 \times Cm = 1,4 \times 330 \text{ kg/m}^2 = 462 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última:

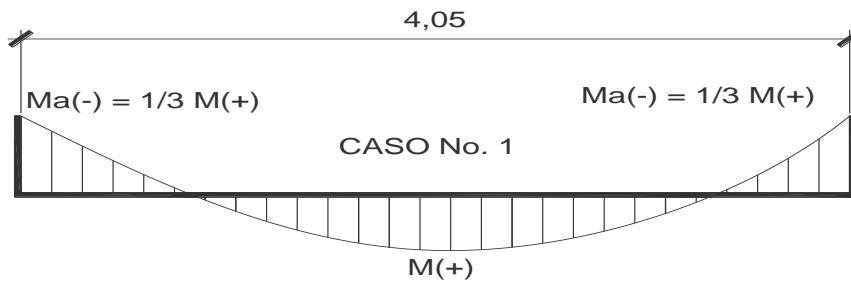
$$CVU = 1,7 \times Cv = 1,7 \times 100 \text{ kg/m}^2 = 170 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total:

$$CUT = CMU + CVU = 462 \text{ kg/m}^2 + 170 \text{ kg/m}^2 = 632 \text{ kg/m}^2$$

Determinación de momentos

Figura 3. Diagrama de momentos de losa superior



Fuente: elaboración propia

$$Ma^+ = (Cav^+ \times Wvu \times a^2) + (Cam^+ \times Wmu \times a^2)$$

$$Ma^- = 1/3 \times Ma^+$$

$$Mb^+ = (Cb^+ \times Wvu \times b^2) + (Cb^+ \times Wmu \times b^2)$$

$$Mb^- = 1/3 \times Mb^+$$

Donde:

Ma^+ = Momento positivo del lado "a" en kg-m

Ma^- = Momento negativo del lado "a" en kg-m

Mb^+ = Momento positivo del lado "b" en kg-m

Mb^- = Momento negativo del lado "b" en kg-m

Cav^+ = Coeficiente para el momento positivo a producido en la losa por la carga viva última (adimensional)

Cam^+ = Coeficiente para el momento positivo a producido en la losa por la carga muerta última (adimensional)

Cbv^+ = Coeficiente para el momento positivo b producido en la losa por la carga viva última (adimensional)

C_{bm}^+ = Coeficiente para el momento positivo b producido en la losa por la carga muerta última (adimensional)

CVU = Carga viva última en kg/m

CMU = Carga muerta última en kg/m

a = Medida en metros del lado a de la losa

b = Medida en metros del lado b de la losa

$$Ma^+ = (0,036 \times 170 \text{ kg/m} \times 4,05^2 \text{ m}^2) + (0,036 \times 462 \text{ kg/m} \times 4,05^2 \text{ m}^2)$$

$$Ma^+ = 373,19 \text{ kg-m}$$

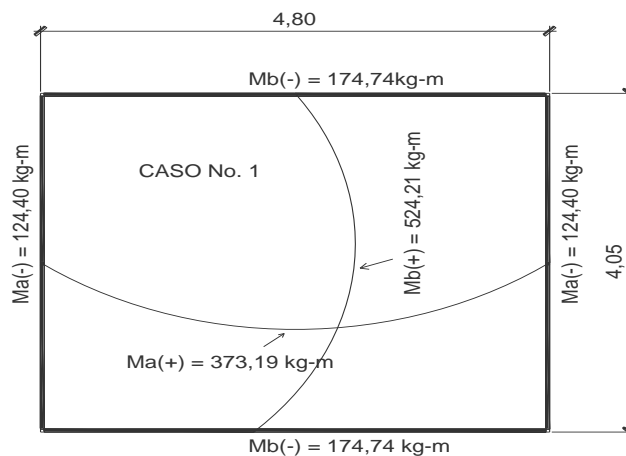
$$Mb^+ = (0,036 \times 170 \text{ kg/m} \times 4,80^2 \text{ m}^2) + (0,036 \times 462 \text{ kg/m} \times 4,80^2 \text{ m}^2)$$

$$Mb^+ = 524,21 \text{ kg-m}$$

$$Ma^- = 1/3 \times 373,19 \text{ kg-m} = 124,40 \text{ kg-m}$$

$$Mb^- = 1/3 \times 524,21 \text{ kg-m} = 174,74 \text{ kg-m}$$

Figura 4. **Momentos en losa superior**



Fuente: elaboración propia

Cálculo de refuerzo

Se diseña con un recubrimiento de 2,5 cm, para una franja de 1 metro.

Peralte (d):

$d = t - \text{recubrimiento} - \text{diámetro de varilla } 3/8 "$

$$d = 10 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - 3/8 \times 2,54 \text{ cm} = 7 \text{ cm}$$

Área de acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}} = \phi \times \left(\frac{14,1}{f_y} \right) \times FU \times d$$

Donde:

FU = Franja unitaria

d = Peralte

f_y = resistencia del acero 2 810 kg/cm²

ϕ = Factor de seguridad de 0,40

$$A_{s\text{mín}} = 0,40 \times \left(\frac{14,1}{2\,810} \right) \times 100 \times 7,05 = 1,40 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

$$S_{\text{máx}} = 2 \times t = 2 \times 10 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Cálculo del espaciamiento proponiendo varilla No. 3 grado 40:

$$S = \frac{(100 \text{ cm} \times 0,71 \text{ cm}^2)}{1,40 \text{ cm}^2} = 50 \text{ cm} > S_{\text{máx}}; \text{ Entonces se tomará } S_{\text{máx}}$$

Cálculo de la nueva área de acero mínimo, con el espaciamiento máximo:

$$S = \frac{(100 \text{ cm} \times 0,71 \text{ cm}^2)}{1,40 \text{ cm}} = 3,55 \text{ cm}^2$$

Cálculo de momento que resiste el área de acero mínimo:

$$M_{\text{Asmín}} = (\emptyset \times \text{Asmín} \times f_y) \times \left[d - \frac{\text{Asmín} \times f_y}{1,7 \times f'_c \times F_U} \right]$$

Donde:

$M_{\text{Asmín}}$ = Momento que resiste con el Asmín

f'_c = Resistencia del concreto 210 kg/cm²

f_y = Resistencia del acero 2 810 kg/cm²

Asmín = Área de acero mínimo

\emptyset = 0,90

$$M_{\text{Asmín}} = (0,90 \times 3,55 \times 2\,810) \times \left[7 - \frac{3,55 \times 2\,810}{1,7 \times 210 \times 100} \right] \times 0,01 = 603 \text{ kg-m}$$

Cálculo de área de acero y espaciamiento para momento máximo de tanque de:

$$A_s = \left\{ (F_U \times d) - \left[(F_U \times d)^2 - \frac{(M_{\text{máx}} \times F_U)}{(0,003825 \times f'_c)} \right] \right\} \times \left(\frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right)$$

$$A_{sm\acute{a}x} = 3,07 \text{ cm}^2$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{(FU \times A_s \text{ variilla No.3})}{A_{sm\acute{a}x}} = \frac{(100 \text{ cm} \times 0,7125 \text{ cm}^2)}{3,07 \text{ cm}^2} = 23,21 \text{ cm}$$

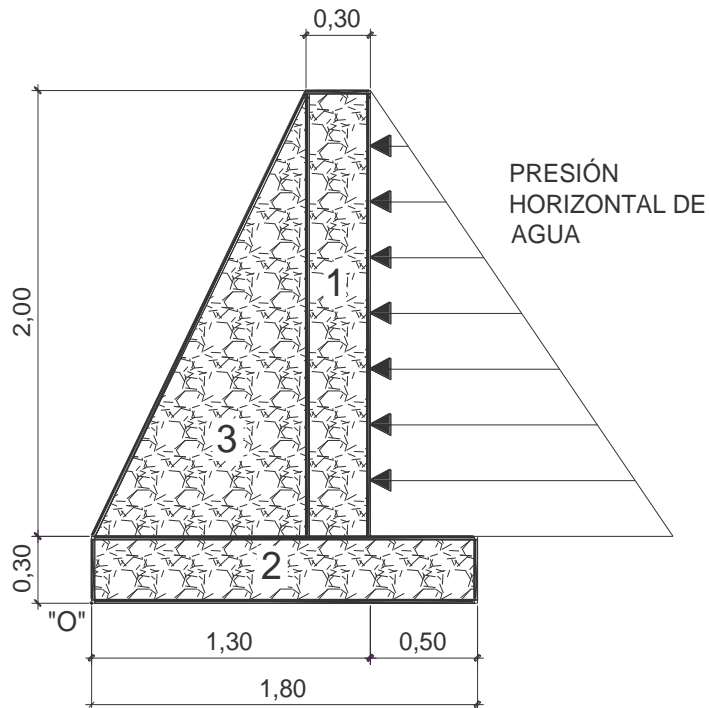
$$S_{m\acute{a}x} = 23 \text{ cm}$$

Como se puede observar, no existen momentos mayores al momento que produce el $A_{sm\acute{a}x}$, y al calcular el espaciamiento para el momento máximo del tanque se obtiene un valor de 23 cm; por lo tanto la losa llevará acero No. 3 grado 40 con espaciamiento entre varillas de 20 cm. Esto se puede observar en los planos respectivos.

Diseño de los muros del tanque

El tipo de tanque es superficial y el muro de concreto ciclópeo, será diseñado como un muro de gravedad, con carga en la parte superior debido a la losa y viga perimetral.

Figura 5. Muro por gravedad del tanque de almacenamiento



Fuente: elaboración propia

Presión horizontal del agua a una profundidad h:

$$P_{\text{agua}} = P_s \text{ agua} \times h = 1 \text{ t/m}^3 \times 1,70 \text{ m} = 1,70 \text{ t/m}^2$$

Carga de la presión de agua a una profundidad h:

$$q_{\text{agua}} = 1/2 \times P_{\text{agua}} \times h$$

$$q_{\text{agua}} = 1/2 \times 1,70 \text{ t/m}^2 \times 1,70 \text{ m} = 1,45 \text{ t/m}$$

Momento respecto al punto O debido a la carga del agua:

$$M_{\text{agua}} = q_{\text{agua}} \times \text{Brazo}$$

$$\text{Magua} = 1,45 \frac{\text{t}}{\text{m}} \times \left[0,30 \text{ m} + 0,30 \text{ m} + \left(\frac{1}{3} + 1,70 \text{ m} \right) \right] = 1,69 \frac{\text{t}}{\text{m}} - \text{m}$$

Tabla III. **Peso de muro de gravedad del tanque de almacenamiento**

Fig. No.	Área (m ²)		Ps cc (t/m ³)	Carga (t/m)		Brazo (m)		Momento (t/m-m)
1	2,30x0,30=	0,69	2,5	0,69x2,5=	1,73	1+0,15=	1,15	1,98
2	1,80x0,30=	0,54	2,5	0,54x2,5=	1,35	1/2x1,80=	0,90	1,21
3	1/2x1x2=	1,00	2,5	1,00x2,5=	2,5	2/3x1=	0,67	1,67
			Sumatorias	Wmuro =	5,58	Muro	=	4,87

Fuente: elaboración propia

Cálculo del peso de la losa más viga perimetral

$$W_{\text{losa+viga}} = \left[\text{CUT} \times \frac{\text{Área tributaria}}{L} \right] + [\text{Ps concxsección viga} \times 1,40]$$

$$W_{\text{losa+viga}} = \left[632 \times \frac{4,10}{4,05} \right] + [2,40 \times 0,15 \times 0,20 \times 1,40]$$

$$W_{\text{losa+viga}} = 640 \text{ kg/m} = 0,64 \text{ t/m}$$

Momento que provoca la losa y viga perimetral:

$$M_{l+v} = (P_{\text{losa +viga}}) \times \text{Brazo}$$

$$M_{l+v} = (0,64 \text{ t/m}) \times 1,15 \text{ m} = 0,74 \text{ t/m} - \text{m}$$

Verificación de estabilidad contra volteo

$$F_v = \frac{\sum \text{Momentos pasivos}}{\sum \text{Momentos activos}} = \frac{M_{\text{muro}} + M_{l+v}}{M_{\text{agua}}} = > 1,5$$

$$F_v = \frac{(4,87 + 0,74) \text{ t/m-m}}{1,69 \text{ t/m-m}} = 3,32 > 1,5 \text{ OK}$$

Verificación de estabilidad contra deslizamiento

$$F_d = \frac{\sum \text{Fuerzas pasivas}}{\sum \text{Fuerzas activas}} \times (\mu \times \tan 30^\circ) = \frac{(W_{\text{muro}} + P_{\text{losa}} + v_{\text{viga}})}{q_{\text{agua}}} \times (0,90 \times \tan 0,52) > 1,5$$

$$F_d = \frac{(5,58 + 0,64) \text{ t/m}}{1,45 \text{ t/m}} \times (0,90 \times 0,577351) = 2,23 > 1,5 \text{ OK}$$

Verificación de presiones

La distancia "x" a partir del punto O donde actúan las cargas verticales será:

$$x = \frac{\sum M_o \rightarrow}{\sum \text{Fuerzas de muro}} = \frac{(M_{\text{muro}} + (M_{l+v}) - M_{\text{agua}})}{W_{\text{muro}} + (W_{l+v})}$$

$$x = \frac{(4,87 + 0,74 - 1,69)}{(5,58 + 0,64)} = 0,63 \text{ m}$$

Se debe cumplir que $3a > L$; para que no existan presiones negativas:

$$3 \times x = 3 \times 0,63 \text{ m} = 1,89 \text{ m} > L (1,80 \text{ m}); \text{ sí cumple.}$$

La excentricidad "e" es:

$$e = \frac{L}{2} - x = \frac{1,89\text{m}}{2} - 0,63\text{m} = 0,27 \text{ m}$$

Las presiones máximas y mínimas se calculan con la siguiente fórmula:

$$q = \frac{[W_{\text{muro}} + (W_{\text{losa}} + viga)]}{\text{Base} \times L} \times \left[1 \pm \left(\frac{6 \times e}{\text{Base} \times L} \right) \right]$$

$$q = \frac{[5,58 + 0,64]}{1 \times 1,80} \times \left[1 \pm \left(\frac{6 \times 0,27}{1 \times 1,80} \right) \right]$$

$$q_{\text{máximo}} = 6,56 \text{ t/m}^2 < V_{\text{ss}} (8 \text{ t/m}^2); \text{ no excede el } V_{\text{ss}} \text{ del suelo OK}$$

$$q_{\text{mínimo}} = 0,40 \text{ t/m}^2 > 0; \text{ no existen presiones negativas OK}$$

Diseño de losa inferior de tanque

$$\text{Volumen de agua} = 4,50 \text{ m} \times 3,75 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} = 25 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agua sobre la losa} = P_{\text{s agua}} \times \text{Volumen de agua}$$

$$\text{Peso del agua sobre la losa} = 1 \text{ t/m}^3 \times 25 \text{ m}^3 = 25 \text{ toneladas}$$

Peso del agua sobre el área de la losa inferior (PLI):

$$PLI = \frac{\text{Peso del agua sobre la losa}}{\text{Área de losa inferior}}$$

$$PLI = \frac{25 \text{ toneladas}}{16,88 \text{ m}^2} = 1,50 \text{ t/m}^2$$

Como el valor de soporte del suelo V_{ss} es mayor que el peso que el agua provoca a la losa, entonces sólo requiere refuerzo mínimo; sin embargo, para impermeabilizar la parte inferior del tanque se colocará un piso de concreto ciclópeo de 30 cm de espesor.

Verificación de corte en el talón

Fuerza último de resistencia en una franja unitaria:

$$V_{cu} = \frac{[0,85 \times 0,53 \times \sqrt{f'c} \times \text{Franja unitaria} \times t(\text{espesor})]}{1\ 000}$$

$$V_{cu} = \frac{[0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 30]}{1\ 000} = 19,60 \text{ toneladas}$$

El peso que soporta el talón está constituido por el peso de la losa inferior, su propio peso y el peso del agua:

$$W_{\text{talón}} = P_s \text{ cc} \times FU \times (t \text{ losa} + t \text{ talón}) \times P_s \text{ agua} \times FU \times \text{altura del agua}$$

$$W_{\text{talón}} = 2,5 \text{ t/m}^3 \times 1 \text{ m} \times (0,30 \text{ m} + 0,30 \text{ m}) \times 1 \text{ t/m}^3 \times 100 \times 1,70 \text{ m} = 2,55 \text{ t/m}$$

Corte actuante:

$$V_a = \frac{W_{\text{talón}} \times \text{Base talón}}{2} = \frac{2,55 \text{ t/m} \times 0,50 \text{ m}}{2} = 0,64 \text{ toneladas}$$

La fuerza última de resistencia V_{cu} es mayor que la fuerza actuante V_a ($V_{cu} = 19,60$ toneladas $> V_a = 0,64$ toneladas), por lo que el talón resiste el corte sin necesidad de refuerzo.

2.7.3. Diseño de tanque de distribución

Para cubrir las variaciones horarias de consumo de las comunidades se diseñara un tanque de distribución superficial. Se procede a calcular la capacidad del tanque como un porcentaje del consumo de día máximo. Según las normas de diseño, para sistemas por gravedad y bombeo, este porcentaje oscila entre un 40 % y 65 %; para este caso se tomará un porcentaje de 40 %.

$$V = 0,40 \times \left(\frac{Q_{md} \times 86\,400}{1\,000} \right)$$

Donde:

V = Volumen de tanque de distribución en metros cúbicos

Q_{md} = Caudal medio diario en litros/segundo

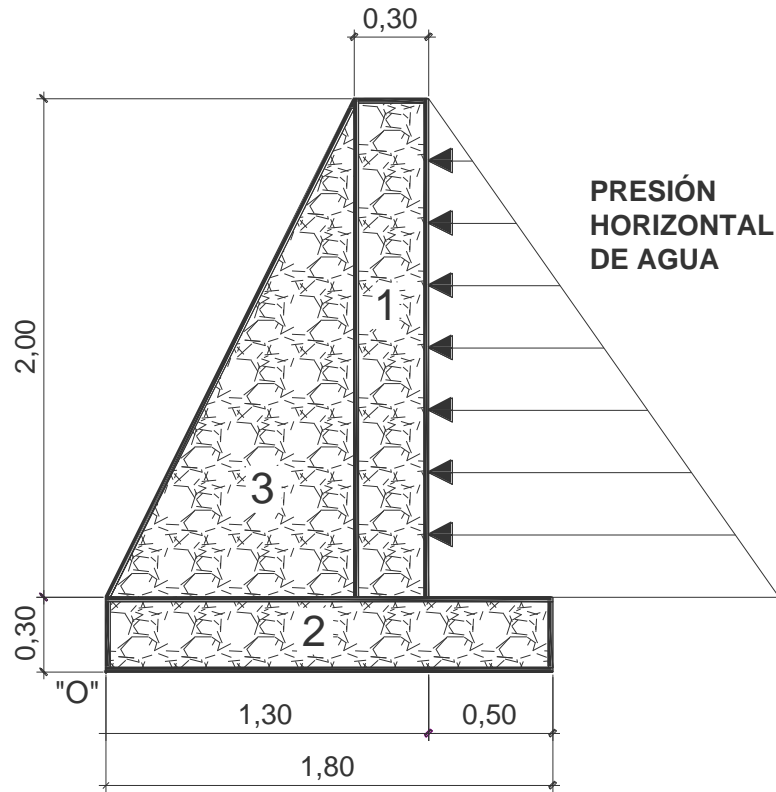
$$V = 0,40 \times \left(\frac{0,66 \text{ lt/seg} \times 86\,400}{1\,000} \right)$$

$$V = 22,80 \text{ m}^3$$

Se tomará un volumen de 25 m^3 para el tanque de distribución.

A continuación se presentan los datos o especificaciones para el diseño:

Figura 6. **Muro por gravedad del tanque de distribución**



Fuente: elaboración propia

El diseño final del tanque de distribución queda con un armado de losa No. 3 @ 0,20 m ambos sentidos, así como los detalles de dimensiones y refuerzos finales de diseño se pueden observar en planos constructivos.

2.7.4. Válvula de limpieza

Es utilizada para extraer los sedimentos que hayan ingresado en la tubería y que se acumulan en los puntos más bajos de la línea de conducción o ramales de la red de distribución. La válvula será de compuerta de bronce de diámetro igual a la tubería.

En el proyecto se utilizará una válvula de limpieza con la siguiente ubicación:

Línea de conducción

V.L. No. 1 E-4 Ø 2" caminamiento 0+084,96 cota de terreno 9 992,81

2.7.5. Válvula de aire

La función de una válvula automática de aire es expulsar el aire disuelto en el agua que tiende a depositarse en los puntos más altos de la línea de conducción. Esta acumulación de aire reduce la sección de la tubería y por lo tanto la capacidad de conducción. La válvula será de bronce adaptada para tubería de PVC. El total de válvulas de aire que se utilizarán en el proyecto son 2 y estarán ubicadas en las siguientes estaciones:

Línea de conducción

V.A. No. 1 E-6 Ø 2" caminamiento 0+135,78 cota de terreno 9 996,65

Línea de distribución

V.A. No. 1 E-32 Ø 1 1/2" caminamiento 0+115,14 cota de terreno 10 037,39

2.7.6. Conexión predial

La instalación domiciliar consiste en un chorro que se ubica en el límite de cada predio, llega de la red de distribución por medio de una *tee* reductora, del diámetro de la red de distribución a tubería de 1/2", para todas las viviendas y además una válvula de paso con su respectiva caja de seguridad.

2.8. Sistema de desinfección

Debido a que el agua no es potable, desde el punto de vista bacteriológico, se le da un tratamiento por medio de desinfección. Este proceso tiene por objetivo garantizar la potabilidad del agua al asegurar la ausencia de microorganismos patógenos. Para la desinfección se utilizará hipoclorito de calcio con 65 % de cloro, disponible, y un hipoclorador automático PPG. Este dispositivo consiste en la disolución de las pastillas de hipoclorito de calcio por el flujo de agua que entra en el hipoclorador; la cloración del agua es controlada por este flujo.

Para determinar el modelo del hipoclorador se necesita determinar el flujo de cloro y referirse a la tabla de hipocloradores.

Tabla IV. **Modelos de hipocloradores automáticos PPG**

HIPOCLORADORES		
MODELO	FLUJO DE CLORO	CAPACIDAD
	G/HORA	TABLETAS
3015	20-200	22
3075	90-900	113
3150	450-5400	227
3550	1400-11000	833

Fuente: elaboración propia

Determinación del flujo de cloro:

$$F_c = Q \times D_c \times 0,06$$

Donde:

F_c = flujo de cloro en gramos/hora

Q = caudal a clorar (1,5 litros/segundo = 90 litros/minuto)

D_c = demanda de cloro en partes por millón (por ser un manantial que provee agua clara, se estima una demanda de cloro de 2 partes por millón.

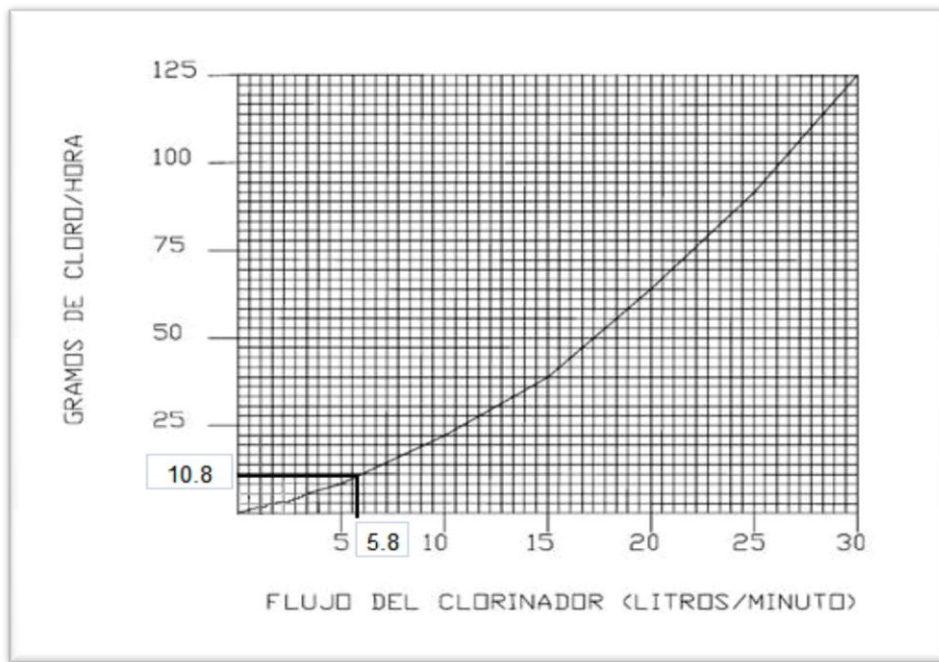
$$F_c = 90 \text{ litros/minuto} \times 2 \text{ PPM} \times 0,06 = 10,80 \text{ gramos/hora}$$

Con este resultado se determina el modelo del hipoclorador PPG que se debe utilizar. Según la tabla de hipocloradores, el flujo de cloro calculado corresponde a un hipoclorador PPG modelo 3015, con capacidad de 22 tabletas de hipoclorito de calcio.

Flujo de agua que entra en el hipoclorador

Teniendo el flujo de cloro en gr/hora, se interpola en la gráfica de hipocloradores para obtener el flujo de agua que debe entrar en el hipoclorador.

Figura 7. **Gráfica de hipoclorador automático PPG 3015**



Fuente: elaboración propia

Al interpolar el flujo de cloro en la figura No. 7 se obtiene el flujo de agua que debe entrar en el hipoclorador, que es de 5,8 litros/minuto. Con este flujo más el flujo que no es clorado (90 l/min – 5,8 l/min = 84,20 l/min), se obtiene la concentración de 2 PPM de cloro disponible en el tanque.

Dosificación del hipoclorador

El flujo de cloro del hipoclorador es de 10,80 g/hora, entonces la cantidad de tabletas en un mes son:

$$10,8 \text{ g/hora} \times 24 \text{ horas/día} \times 30 \text{ días/mes} = 7\,776 \text{ g/mes}$$

$$7\,776 \text{ gramos/mes} \times 1 \text{ tableta} / 300 \text{ gramos} = 25 \text{ tabletas}$$

Comercialmente, las tabletas de hipoclorito de calcio de 3" se adquieren en tambos plásticos de 150 tabletas; por lo tanto, el rendimiento de estos tambos será de:

$$150 \text{ tabletas} / 25 \text{ tabletas} = 6 \text{ meses}$$

2.9. Gastos de operación y mantenimiento

Gastos de operación:

Se tiene contemplada la contratación de un fontanero, quien tendrá a su cargo la operación del servicio de agua, manteniendo una constante supervisión a los accesorios de este sistema para mantenerlo operando eficientemente, incluyendo la supervisión del correcto funcionamiento del equipo de bombeo y el sistema de cloración. Estos costos de operación se detallan en el cuadro de resumen de gastos.

Gastos de mantenimiento:

Se tiene contemplado para los gastos de mantenimiento, la compra de accesorios como: tubos, codos, llaves, pegamentos, uniones, sistema de cloración etc., durante el proceso de operación del proyecto. Estos costos se detallan en el cuadro de resumen de gastos.

Tabla V. **Cuadro de resumen de gastos de operación y mantenimiento**

GASTOS	CANTIDAD
OPERACIÓN	Q 1 000,00 MENSUALES
MANTENIMIENTO	Q 1 000,00 MENSUALES

Fuente: elaboración propia

El costo de energía eléctrica, debido a la potencia de la bomba, se estima en Q 2 000,00 mensuales, por lo que se propone una tarifa para cubrir estos costos.

2.10. Presupuesto

El presupuesto del sistema de agua potable por gravedad y bombeo de la aldea Joconal del municipio de La Unión, se presenta en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla VI. **Presupuesto del sistema de agua potable**

Presupuesto del sistema de agua potable de la aldea Joconal					
municipio de La Unión departamento de Zacapa					
No.	Descripción	Cant.	Unidad	Precio unit.	total
1	CAJA DE CAPTACIÓN	1	global	Q 5 324,00	Q 5 324,00
2	CAJA REUNIDORA DE CAUDAL	1	global	Q 2 661,36	Q 2 661,36
3	CAJA MAS VÁLVULAS	9	unidad	Q 1 462,24	Q 13 160,16
4	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	156	ml	Q 55,7	Q 8 689,2
5	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	1	global	Q 36 437,86	Q 57 896,67
6	CASETA DE BOMBEO	1	global	Q 39 030,88	Q 39 030,88
7	LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR BOMBEO	355	ml	Q 68,66	Q 24 374,30
8	EQUIPO DE BOMBEO	1	unidad	Q 33 206,88	Q 38 632,53
9	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	1	global	Q 63 276,03	Q 63 276,03
10	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	670,5	ml	Q 32,37	Q 21 704,085
11	CONEXIÓN DOMICILIAR	1	global	Q 136 576,61	Q 136 576,61
COSTO TOTAL DEL PROYECTO:					Q 37 2294,94

Fuente: elaboración propia

Tabla VII. **Cronograma de ejecución de proyecto de agua potable**

MES		1				2				3				4			
SEMANAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
No.	DESCRIPCIÓN																
1	TANQUE DE CAPTACIÓN	■	■	■													
2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO 25 m ³	■	■	■													
3	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN 25 m ³			■	■	■	■										
4	CASETA DE BOMBEO		■	■	■	■											
5	LÍNEA DE CONDUCCIÓN GRAVEDAD		■	■													
6	LÍNEA DE CONDUCCIÓN BOMBEO				■	■	■	■									
7	COLOCACIÓN EQUIPO DE BOMBEO								■	■							
8	TUBERÍA PVC DE 1 1/2" 160 PSI								■	■							
9	TUBERÍA PVC DE 3/4" 250 PSI									■	■	■					
10	TUBERÍA PVC DE 3/4" 250 PSI									■	■						
11	CONEXIONES DOMICILIARES										■	■	■	■	■	■	■
12	CONEXIÓN DE CAJA PARA VÁLVULAS										■	■	■				
13	RELLENO Y COMPACTACIÓN				■	■			■	■	■	■	■	■	■	■	
14	FLETES	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: elaboración propia

2.11. Propuesta de tarifa

Durante la operación de este servicio se pretende cobrar una tarifa por vivienda de Q 15,00 los cuales se utilizarán para cubrir gastos generados por el proyecto. Con esta tarifa y un aporte municipal se mantendrá el sistema de desinfección, gastos de operación y mantenimiento.

2.12. Evaluación socio-económica

2.12.1. Valor Presente Neto (VPN)

El traslado del valor presente neto de los costos y beneficios, con una tasa social de descuento del 12%. Para el caso de los beneficios se debe tomar en cuenta que no es una cantidad fija y va en incremento progresivo con la población mediante la siguiente ecuación:

$$V_p = (\text{Valor futuro}) / (1+r)^n$$

Donde:

V_p = Valor presente r = tasa de descuento n = años

Tabla VIII. Análisis económico – social

ANÁLISIS ECONÓMICO - SOCIAL		
SISTEMA		
Familias Beneficiarias		50
Costo de Operación y Mantenimiento		
Costo del Proyecto		372 294,945
Tarifa mensual		Q 15,00
Tarifa anual		Q 180,00
Beneficios Económicos		
Ingresos por trabajador al mes	Q 910,00	
Ingresos por trabajador por hora	Q 3,79	
Beneficios Directos	horas	beneficio anual
Disponer de más tiempo		
Ahorro de tiempo en almacenaje	0,5	Q 682,50
Ahorro de tiempo en potabilizar (hervir o clorar)	0,5	Q 682,50
Sub-total Beneficios directos por familia beneficiada		
Beneficios Indirectos		
Plusvalía Terreno (5%)		Q 250,00
Ahorro en gastos, medicos y medicinas		Q 750,00
Ahorro en el trabajo al no enfermarse (4 veces al año)		Q 121,33
Sub-total Beneficios indirectos por familia beneficiada		Q 121,33
TOTAL BENEFICIOS POR FAMILIA BENEFICIADA		Q 121,33
Total de beneficios anuales		Q 56 066,67

Fuente: elaboración propia

2.12.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es aquella para la cual los costos y beneficios son iguales y se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tir} = (\text{IP}+) \pm ((\text{VAN}+)/ ((\text{VAN}+) + (\text{VAN}-)))$$

A continuación se presenta el cálculo del valor presente neto y la tasa interna de retorno:

Tabla IX. **Cálculos de valor presente neto y tasa interna de retorno**

Años	Costo	Mantenimiento	Vp	Beneficios	Vp Beneficios	VAN(+)	VAN(-)
0	Q 372 294,95					11.00%	13.00%
2		Q 9 000,00	Q 7 174,74	Q 56 066,67	Q 44 694,96	Q 45 504,96	Q 43 908,42
3		Q 9 000,00	Q 6 406,02	Q 56 066,67	Q 39 907,15	Q 40 995,46	Q 38 857,01
4		Q 9 000,00	Q 5 719,66	Q 56 066,67	Q 35 631,38	Q 36 932,85	Q 34 386,64
5		Q 9 000,00	Q 5 106,54	Q 56 066,67	Q 31 813,73	Q 33 282,84	Q 30 430,74
6		Q 9 000,00	Q 4 569,68	Q 56 066,67	Q 28 405,12	Q 29 935,33	Q 26 929,86
8		Q 9 000,00	Q 3 634,94	Q 56 066,67	Q 22 644,39	Q 24 328,81	Q 21 090,03
9		Q 9 000,00	Q 3 245,49	Q 56 066,67	Q 20 218,20	Q 21 917,85	Q 18 663,74
10		Q 9 000,00	Q 2 897,75	Q 56 066,67	Q 18 051,97	Q 19 745,81	Q 16 516,59
13		Q 9 000,00	Q 2 062,56	Q 56 066,67	Q 12 849,03	Q 14 437,97	Q 11 446,82
14		Q 9 000,00	Q 1 841,57	Q 56 066,67	Q 11 472,35	Q 13 007,18	Q 10 129,93
15		Q 9 000,00	Q 1 644,26	Q 56 066,67	Q 10 243,17	Q 11 718,18	Q 8 954,64
16		Q 9 000,00	Q 1 468,09	Q 56 066,67	Q 9 145,69	Q 10 556,92	Q 7 933,22
17		Q 9 000,00	Q 1 310,69	Q 56 066,67	Q 8 675,79	Q 9 510,74	Q 7 020,55
18		Q 9 000,00	Q 1 170,35	Q 56 066,67	Q 7 290,89	Q 8 568,23	Q 6 212,88
19		Q 9 000,00	Q 1 044,96	Q 56 066,67	Q 6 509,72	Q 7 719,13	Q 5 498,12
20		Q 9 000,00	Q 933,00	Q 56 066,67	Q 5 812,25	Q 6 954,17	Q 4 865,59
21		Q 9 000,00	Q 833,03	Q 56 066,67	Q 5 189,51	Q 6 265,02	Q 4 305,84
22		Q 9 000,00	Q 743,68	Q 56 066,67	Q 4 633,49	Q 5 644,16	Q 3 810,47
	Q 372 294,95		Q 68 801,81		Q 428 609,80	17 289,68	39 126,04
Resultados Económicos							
Valor Actual neto		-Q1,248,695.00		Negativo no se acepta			
Tasa Interna de retorno		12,00%		Mayor que la tasa de descuento (12%), se acepta			
Relación Beneficio-Costo		1,00		Mayor que 1, se acepta			

Fuente: elaboración propia

2.13. Evaluación de impacto ambiental

Información general

- Diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo de la aldea Joconal, del municipio de La Unión departamento de Zacapa;
- Vida útil del proyecto: veinte años;
- Ubicación: la aldea Joconal se encuentra a 23 kilómetros al noreste de la cabecera municipal;
- Área o situación legal donde se ubicará el proyecto: el proyecto estará ubicado en terrenos propiedad de los vecinos, en las calles y predios de la comunidad.
- Superficie estimada del proyecto: 1 500 metros lineales de tubería.
- Colindancias y actividad que desarrollan en el predio: se encuentra en el área rural del municipio de La Unión, Zacapa, por lo que las colindancias las constituyen terrenos y lotes de los vecinos de la comunidad beneficiada por el proyecto.
- Trabajos necesarios para preparación de terreno: limpieza del área donde se ubicará el proyecto.
- Vías de acceso: el acceso a la aldea Joconal es por la ruta de asfalto de aproximadamente 1km que va desde la cabecera municipal hacia el municipio de Gualán y 22 km de terracería.

Influencia del proyecto

- Fuente de suministro y requerimiento de energía y combustible a utilizar: para el funcionamiento del proyecto, actualmente se cuenta con un banco de transformación de energía, el cual satisface la demanda exigida para la operación de la bomba;
- Fuentes de suministro de agua y sus requerimientos de agua cruda y/o potable: se utilizará el agua de la fuente para satisfacer la demanda requerida para el proyecto;
- Recursos naturales que serán aprovechados en las diferentes etapas: se utilizará piedra, arena para la construcción del cimiento del tanque, además el suelo removido durante el zanqueo, se aprovechará para cubrir la tubería;
- Indicar cada sustancia o material que será utilizado en el proceso: únicamente se utilizará cal, cemento, tubería PVC, hierro, arena, piedrín, solvente, agua, piedra bola, y madera.

Control ambiental

- Residuos y/o contaminantes que serán generados (en cantidades y contenidos): durante el proceso de construcción será generado suelo suelto y polvo, el cual será remojado para minimizar dicho impacto.
- Emisiones a la atmósfera (gases, humo, etc.): tanto en la etapa de construcción como en la de operación, no se generará ningún tipo de emisión de gases, ni humo a la atmósfera.

- Desechos sólidos: durante la construcción del cimiento del tanque se irán acumulando bolsas vacías de cemento y sobrantes de otros materiales como lo son tubos, etc., los que serán llevados hacia otro lugar donde se podrán arrojar a la basura.
- Ruidos y/o vibraciones: debido a que el proyecto funcionará con una bomba centrífuga, los niveles de ruido y vibración se encuentran en un límite aceptable ya que la ubicación de la bomba se encuentra alejada de las viviendas;
- Contaminación visual: se generará algún tipo de contaminación visual por la acumulación del material suelto, el cual al rellenar las zanjas se reutilizará y el resto se recogerá y depositará en un lugar adecuado, con lo cual dicha contaminación desaparecerá.

Plan de mitigación

- Previo a realizar excavaciones, se humedecerá el suelo para evitar que se genere polvo. Al estar excavados los primeros metros y colocada la tubería, se procederá a rellenar las zanjas lo antes posible para evitar accidentes y contaminación visual;
- Inmediatamente después de rellenada la zanja retirar del área de trabajo el material sobrante del proyecto ejecutado;
- Dotar al personal encargado de la construcción, del equipo adecuado como cascos, botas, guantes, etc., para evitar accidentes.

3. DISEÑO DE EDIFICIO DE ESCUELA PRIMARIA PARA LA ALDEA CAMPANARIO PROGRESO

3.1. Diseño arquitectónico

El poder proyectar y construir edificios perdurables siguiendo determinadas reglas, con objeto de crear obras adecuadas a su propósito es el diseño arquitectónico. Esto se hace para tener un lugar funcional y una estructura con resistencia. Para lograrlo se debe tomar en cuenta los diferentes criterios y normas necesarias para el diseño.

Los edificios de aulas se deben diseñar de acuerdo a las necesidades que se tengan, ya que estarán restringidos por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan.

3.1.1. Ubicación del edificio en el terreno

Es importante definir la ubicación que tendrá el edificio en el terreno, tomando en cuenta los diversos factores, como: construcciones existentes, aspectos topográficos y posible proyección de uso en el área a construir.

De acuerdo a lo anterior expuesto en planos constructivos, se puede apreciar la ubicación que tendrá el edificio en el terreno.

3.1.2. Distribución de espacios

Los espacios educativos son aquéllos que están destinados para el ejercicio de la educación.

Es por eso que las características de los espacios educativos varían de acuerdo a los requerimientos pedagógicos de los distintos grados escolares.

Para este proyecto se utilizará un espacio educativo característico a un aula teórica, cuya función es proveer a los maestros y alumnos de un espacio adecuado para desarrollar las diferentes actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya sea en forma tradicional expositiva o modificando ubicación de mobiliario para otras técnicas didácticas.

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hará de la forma habitual para edificios educativos (Ver apéndice, planos de la edificación de escuela primaria para la aldea Campanario Progreso, planta amueblada.)

3.1.3. Alturas del edificio

Se seleccionó hacer el edificio de dos niveles, lo cual cumple con la norma que establece un máximo de tres niveles para centros educativos de nivel pre-primario y primario.

La altura del edificio será de 6 m, todos los ambientes serán 3 m de nivel de piso al cielo raso, marcos de 3,5 y 5 m. La longitud total del edificio será de 21 metros con un ancho de 7 metros.

3.2. Diseño estructural

3.2.1. Selección del sistema estructural a utilizar

En la elección del sistema estructural influyen los siguientes factores: resistencia, economía, funcionalidad, estética, los materiales que se tienen disponibles en el lugar y la técnica para realizar la obra. El resultado debe comprender el tipo estructural, las formas y dimensiones así como los materiales y el proceso de ejecución.

Para este caso, se eligió un sistema estructural de marcos dúctiles con nudos rígidos de concreto reforzado (vigas y columnas).

3.2.2. Análisis estructural

El estudio de las estructuras considera, principalmente, los efectos producidos por las fuerzas que actúan sobre un determinado sistema estructural y determinar las condiciones que deban satisfacer las diferentes partes de este sistema, de manera que deban soportar dichas fuerzas.

El sistema debe estar en equilibrio basado en las diferentes partes que lo integren, las cuales deberán ser de un material adecuado que impida su ruptura o deterioro. Estos materiales no deberán ser llevados más allá de la resistencia límite cuando sean aplicadas las diferentes fuerzas.

Para el análisis estructural se utilizó el método de kani y los resultados se confrontarán con los obtenidos en el método *Etabs*.

3.2.3. Predimensionamiento estructural

Predimensionar una estructura es darle medidas preliminares a los elementos que la conforman, las cuales serán utilizadas para soportar las cargas aplicadas.

Existen diversos métodos para predimensionar los elementos, en estos proyectos se aplicó los métodos del ACI 318-99, los cuales se detallan a continuación:

Viga

Para predimensionar las vigas se utiliza el método recomendado por el ACI 318-99, sección 9.5.2, tabla I, el cual calcula el peralte o altura de la viga, dependiendo de la luz que cubre y de sus apoyos. Por razones de simetría se calculará las más crítica y de mayor longitud.

Tabla X. **Alturas o espesores mínimos de vigas**

TABLA 9.5(a) - ALTURAS O ESPESORES MÍNIMOS DE VIGAS NO PREESFORZADAS O LOSAS REFORZADAS EN UNA DIRECCIÓN A MENOS QUE SE CALCULEN LAS DEFLEXIONES				
	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas o losas nervadas en una dirección	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Fuente: *American concrete institute* (ACI 318-99), capítulo 9, pág. 149

$$t_{\text{viga}} = \text{Luz} / 21 = 5 \text{ m} / 21 = 0,24 \text{ m}$$

Se adoptó una base de viga de $b = 0,25 \text{ m}$ y se sugiere una sección de viga de $0,25 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}$.

Columna

El método utilizado para predimensionar las columnas se basa en la carga aplicada y el área tributaria, para luego calcular la sección. Las secciones de las columnas se basarán en las columnas más críticas que soportarán mayor carga.

Fórmulas:

$$P = 0,80 (0,225 \times f'c \text{ Ag} + fy \text{ As})$$

$$1 \% \text{ Ag} \leq \text{As} \leq 6 \% \text{ Ag} \quad (\text{Según ACI 318-99, sección 21.4.3})$$

Solución:

$$28\,296 = 0,80 \times ((0,225 \times 210 \times \text{Ag}) + (2\,810 \times 0,01\text{Ag}))$$





$$\text{Ag} = 654,48 \text{ cm}^2$$

Entonces la sección de la columna propuesta será de $0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$, que cubre con el área especificada y es la mínima establecida por el ACI.

Losa

Se predimensiona el espesor de la losa utilizando las recomendaciones del ACI 318-05, en su sección 9.5.2, tabla I, en donde las variables son las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyo. En este caso la losa está apoyada en sus cuatro extremos y se tiene varias medidas de losas por lo cual se toma la más crítica.

Tabla XI. **Espesores mínimos de losa**

Continuidad de los apoyos	Espesor mínimo, h	Figura
Simplemente apoyados	$L/20$	
Un apoyo continuo	$L/24$	
Ambos apoyos continuos	$L/28$	
Voladizo	$L/10$	

Fuente: *American concrete institute (ACI 318-99)*, capítulo 9, pág. 144

$$t_{\text{losa}} = \text{Perímetro} / 180 \quad (\text{en dos sentidos})$$

$$t_{\text{losa}} = L / x \quad (\text{un sentido, ver tabla})$$

$$t_{\text{losa}} = (3,5 \times 2 + 5 \times 2) / 180 = 0,09 \text{ m}$$

Se utilizará un espesor de losa de 10 centímetros.

Cimientos

Los antecedentes a tomar para el diseño de las zapatas son los obtenidos del análisis estructural y el estudio de suelos. La cota de cimentación es de 1,50 m y se utilizan zapatas centradas. El redimensionamiento se incluye en el diseño de las zapatas.

3.3. Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

Un marco dúctil se define como un sistema estructural que consta de vigas y columnas. Así también, su modelo matemático define la forma y las cargas que soporta y este modelo se utiliza para el análisis estructural.

3.4. Cargas aplicadas

En el proyecto se analizarán dos tipos de cargas, las cuales son de vital importancia para el diseño de la estructura, siendo éstas, según su dirección, cargas verticales y horizontales.

3.4.1. Cargas verticales

Se tomaron en cuenta las siguientes cargas verticales:

Carga muerta

Peso de concreto: 2400 kg/m^3

Peso de acabados: 60 kg/m^2

Paredes divisorias: 90 kg/m^2

Carga viva

Carga en azoteas: 100 kg/m²

Carga en pasillos: 500 kg/m²

Carga en aulas: 200 kg/m²

A continuación se integran las cargas distribuidas, que fueron calculadas tomando en cuenta los valores descritos en el AGIES, utilizando el procedimiento siguiente:

CM = Área tributaria x [(peso específico del concreto x espesor de losa) + peso de acabados + peso de muros + peso de viga] / L

$$CV = \frac{\text{Área tributaria} \times \text{Valor de carga viva}}{L}$$

Donde:

t = Espesor de losa

CV = 200 kg/m² (aulas)

CV = 500 kg/m² (pasillos)

Peso de acabados = 60 kg/m²

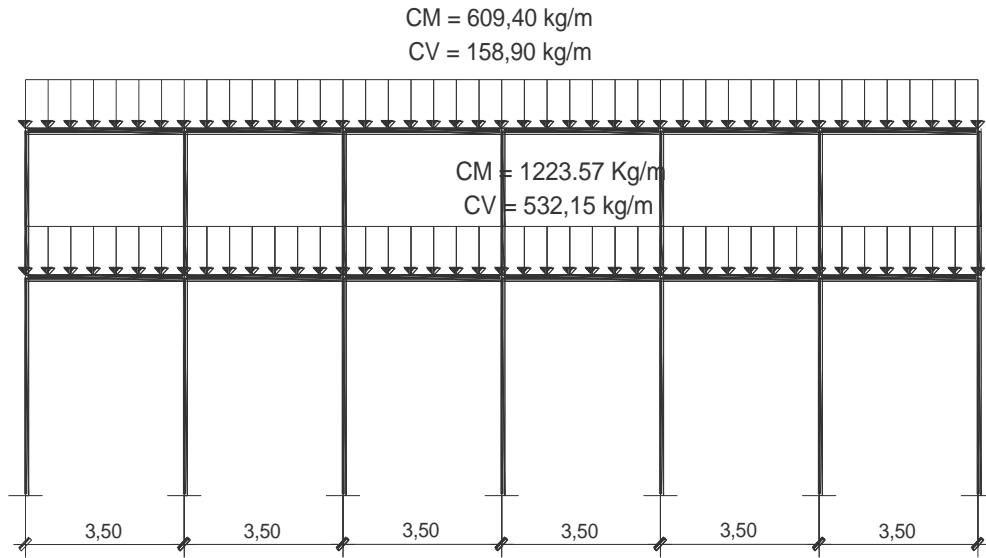
Sección de viga = 0,35 m x 0,25 m (nivel 1)

Sección de viga = 0,35 m x 0,20 m (nivel 2)

Peso de muros = 90 kg/m²

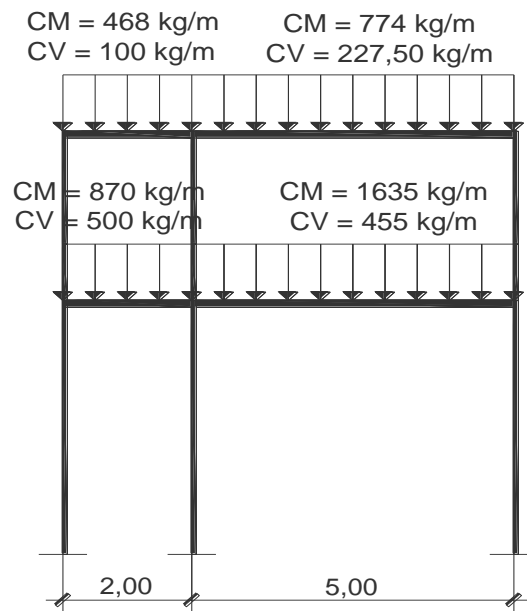
Los resultados de las cargas verticales en el sentido X y Y, de primer y segundo nivel, se muestran en las figuras siguientes:

Figura 8. **Cargas verticales en el sentido X en eje 1 niveles 1 y 2**



Fuente: elaboración propia

Figura 9. **Cargas verticales en el sentido Y en eje A niveles 1 y 2**



Fuente: elaboración propia

3.4.2. Cargas horizontales

Las fuerzas debido al viento, temblores o empujes de tierras, deben considerarse como cargas horizontales o paralelas a la superficie terrestre y son a las que están expuestas los edificios, pero nunca se integran ambas ya que, los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Guatemala se encuentra en una zona de gran actividad sísmica, por lo que se tomó en cuenta este fenómeno para el diseño del edificio.

Para el diseño se utilizó el método estático equivalente SEAOC, con el cual se encontró las fuerzas sísmicas o laterales.

Método SEAOC

a) Corte basal (Cb):

Fuerza constante V, en la base de una construcción debido a las fuerzas sísmicas.

$$C_b = Z * I * C' * S * K * W$$

Donde:

Z = Coeficiente de riesgo sísmico, que depende de la zona

I = Depende de la importancia o utilidad que se le vaya a dar a la estructura y su rango es de $1 \leq I \leq 1,5$

C' = Depende de la flexibilidad de la estructura y se mide con base en el período de vibración, donde t es el intervalo de tiempo que se necesita en la estructura para completar una vibración.

$$C = 1 / (15 \times \sqrt{t}) = (0,0906 \times \text{altura del edificio}) / \text{base}^{1/2}$$

S = Coeficiente que depende del tipo del suelo, si se desconoce usar 1,5. Si C*S es mayor que 0,14, entonces utilizar 0,14.

K = Coeficiente que depende del sistema estructural; en este caso se utilizará 0,67 para edificios con marcos dúctiles (estructura con vigas y columnas)

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

La fuerza del sismo actúa tanto longitudinal como transversalmente, por lo cual se calcula el corte basal en las direcciones X y Y, para diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

Solución:

$$Z = 1$$

$$I = 1.30$$

$$K = 0,67 \text{ (marcos dúctiles)}$$

$$S = 1,5$$

$$\text{Altura del edificio} = 7,50 \text{ m}$$

$$t_x = (0,0906 * 7,50) / 21^{1/2} = 0,15$$

$$C_x = 1 / (15 * 0,15^{1/2}) = 0,17$$

$$t_y = (0,0906 * 7,50) / 7^{1/2} = 0,26$$

$$C_y = 1 / (15 * 0,26^{1/2}) = 0,13$$

Chequeando si $C * S > 0,14$, entonces utilizar $C * S = 0,14$

$$C_x S_x = 0,17 * 1,5 = 0,25 > 0,14 \gg 0,14$$

$$C_x S_x = 0,14$$

$$C_y S_y = 0,13 * 1,5 = 0,19 > 0,14 \gg 0,14$$

$$C_y S_y = 0,14$$

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

$W = W \text{ primer nivel} + W \text{ segundo nivel}$

$W \text{ nivel} = W \text{ losa} + W \text{ viga} + W \text{ columna} + (0,25 \times CV)$

Tabla XII. **Peso por nivel y peso total de la estructura (Kg)**

Nivel	W losa	W viga	W columna	0.25 x CV	W total
1	57 330,00	19 845,00	21 967,20	10 500,00	109 642,20
2	44 100,00	15 876,00	5 832,00	3 675,00	69 483,00
Peso total					179 125,20

Fuente: elaboración propia

Puesto que el corte basal $(V) = V_x = V_y$, entonces:

$$V_{x,y} = 1 \times 1,30 \times 0,14 \times 0,67 \times 179\ 125,20 = 21\ 842,53 \text{ kg}$$

Cálculo de fuerzas por nivel (Fni)

$$F_{ni} = \frac{(C_b - F_t) \times W_i h_i}{\sum W_i x h_i}$$

Donde:

F_{ni} = Fuerza por nivel

C_b = Corte basal

F_t = Fuerza adicional de cúspide del edificio, cuando t (período natural de vibración) es menor que 0,25 segundos, entonces $F_t=0$

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

W_i = Peso propio de la estructura + 25% de cargas vivas por nivel

h_i = Altura tomada desde la base de la estructura al centro de cada nivel de piso de la estructura

Los datos de los cálculos obtenidos de fuerzas por nivel, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla XIII. **Fuerzas por nivel**

Niv	Altura h (m)	Cb (kg)	Peso Wx (kg)	Ft (kg)	hi x Wi	Cb (kg)	F _n (kg)
2	7,65	21 842,5	69 483,0	0	531 544,9	11 327,8	11 327,83
1	4,50	21 842,5	109 642,2	0	493 389,9	10 514,7	21 842,53
1 024 934,8						21 842,53	

Fuente: elaboración propia

Fuerzas por marco (FM)

Cálculo de centro de rigidez

$$C_{ry} = C_{rx} = \frac{\sum (K_m \times L_i)}{\sum K_m}$$

Donde:

C_r = Centro de rigidez

K_m = Cantidad de columnas por marco x K_c, donde K_c = 0,236

L_i = Distancia del eje hacia cada marco

$$C_{ry} = 19,82 / 4,96 = 4 \text{ m}$$

$$C_{rx} = 52,04 / 4,96 = 10,50 \text{ m}$$

Cálculo de centro de masa

$$C_{my} = C_{mx} = \text{Largo}/2$$

$$C_{my} = 7 / 2 = 3,50 \text{ m}$$

$$C_{mx} = 21 / 2 = 10,50 \text{ m}$$

Cálculo de excentricidad

$$e_y = C_{my} - C_{ry} = 3,50 - 4 = -0,50$$

$$e_x = C_{mx} - C_{rx} = 10,50 - 10,50 = 0$$

$$e_{\text{mín}} = 0,05 \times b(\text{dimensión de la planta en dirección al movimiento del sismo})$$

$$e_{\text{mín}} y = 0,05 \times 7 = 0,35$$

$$e_{\text{mín}} x = 0,05 \times 21 = 1,05$$

$$E_y = e_{\text{mín}} y + e_y = 0,35 + (-0,50) = -0,15$$

$$E_x = e_{\text{mín}} x + e_x = 0 + 1,05 = 1,05$$

Fuerzas por marco

$$E_i = \frac{\sum (K_m \times d_i^2)}{K_m \times d_i}$$

$$F_i' = \frac{K_m \times F_n}{\sum K_m}$$

$$F_i'' = \frac{E_{x,y} \times F_n}{E_i}$$

$$F_m = F' + F''$$

Si el valor de $F_m < F'$, se debe tomar F' como la fuerza del marco, de lo contrario F_m será la fuerza del marco.

Cálculo de fuerza a utilizar en sentido X nivel 2

$$E_i = \frac{26,43}{-4} = -7,25$$

$$E_i = \frac{1,65 \times 11\,327,83}{4,956} = 3\,775,94$$

$$E_i = \frac{1,05 \times 11\,327,83}{-7,25} = 234,37$$

$$F_m = 3\,775,94 + 234,37 = 4\,010,31$$

Fuerza a utilizar en nivel 2 = 4 010,31 kg

Los datos de las fuerzas por marco encontradas, según los cálculos, se pueden encontrar en la tabla siguiente:

Tabla XIV. **Fuerzas por marco sentido X nivel 2**

NIVEL 2									
Marco	Km	di	Km*di	km*di^2	Ei	Fi'	Fi''	Fm	Fueza A Utilizar
1	1,65	-4,00	-6,61	26,43	-7,25	3 775,94	234,37	4 010,3	4 010,31
2	1,65	-2,00	-3,30	6,61	-14,50	3 775,94	117,18	3 893,1	3 893,13
3	1,65	3,00	4,96	14,87	9,67	3 775,94	-175,7	3 600,1	3 775,94

Fuente: elaboración propia

El procedimiento para encontrar las fuerzas por marco del nivel 1 y sentido Y para ambos niveles, se realiza de igual forma por lo que a continuación se presentan los resultados obtenidos:

Fuerza a utilizar en nivel 2 sentido Y = 2 424,55 kg

Fuerzas a utilizar en nivel 1

Fuerza a utilizar sentido X = 7 732,76 kg

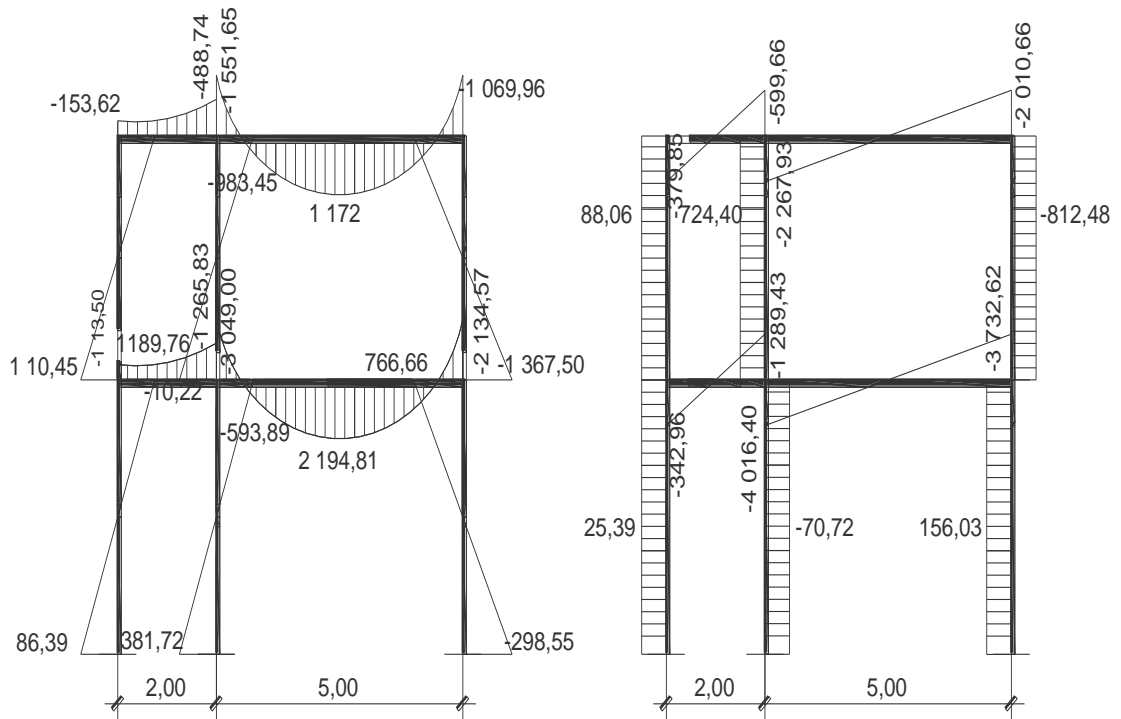
Fuerza a utilizar sentido Y = 4 675,07 kg

3.5. **Fuerzas internas halladas con un método de análisis estructural**

Para hallar las fuerzas internas se utilizó el método de Kani, el cual se confrontó con los resultados obtenidos en *Etabs*.

A continuación se presentan los resultados del análisis estructural de la carga muerta, carga viva y la fuerza de sismo por separado, del marco dúctil típico sentido X y sentido Y, que se observan en la figura 10 y 11.

Figura 10. Diagrama de corte y momentos—carga muerta- marco dúctil Y



Fuente: elaboración propia

Combinación de cargas

$$C1 = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$C2 = 0,75(1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} + 1,87 \text{ CS})$$

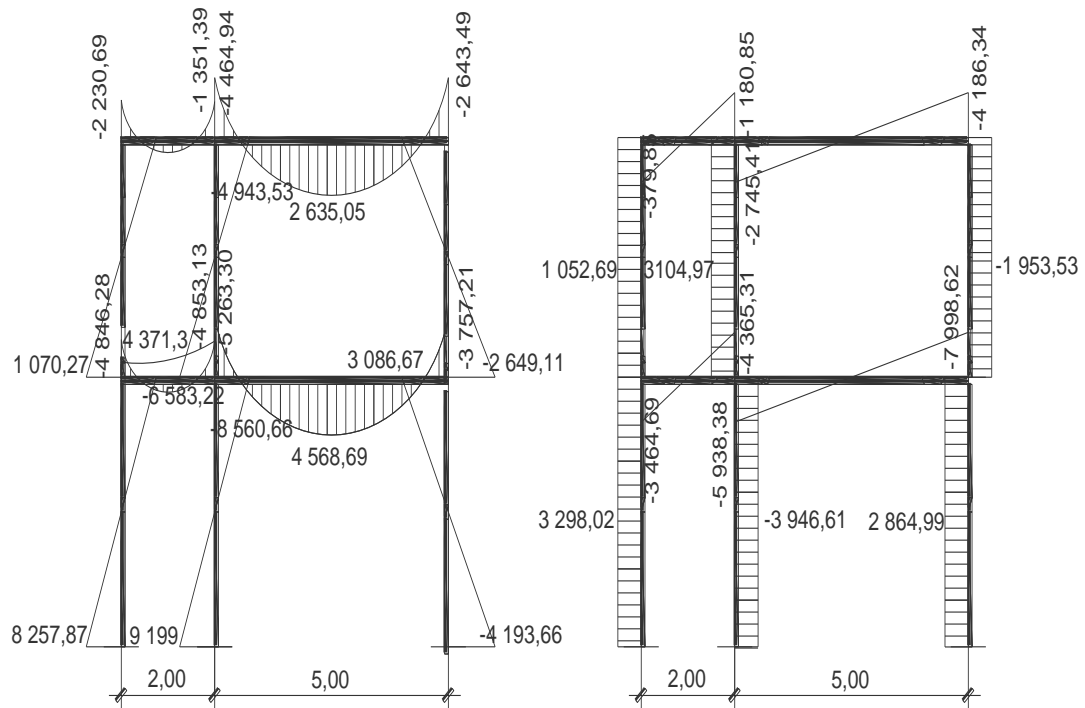
$$C3 = 0,75(1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} - 1,87 \text{ CS})$$

$$C4 = 0,9 \text{ CM} + 1,4 \text{ CS}$$

$$C5 = 0,9 \text{ CM} - 1,4 \text{ CS}$$

Empleando las combinaciones de las ecuaciones, se calculan todas las envolventes de momentos para los marcos en sentido X y Y, cuyos resultados pueden observarse en las figura 12.

Figura 12. Diagrama de momentos últimos – marco dúctil Y



Fuente: elaboración propia

3.7. Diseño de losas

Una losa de concreto armado es una placa ancha y lisa, generalmente horizontal, con superficies superior e inferior paralelas, soportadas por vigas de concreto armado o por muros de mampostería o de concreto armado. Por su espesor pueden dividirse en planas $0,9 \leq t \leq 0,13$ y nervadas $t > 0,13$. Existen varios métodos para diseñar losas, en este caso se utilizó el método de diseño directo del reglamento ACI 318-99, sección 13.6.

3.7.1. Losas del nivel 1

Para realizar el diseño de losa se tomarán en cuenta las especificaciones siguientes:

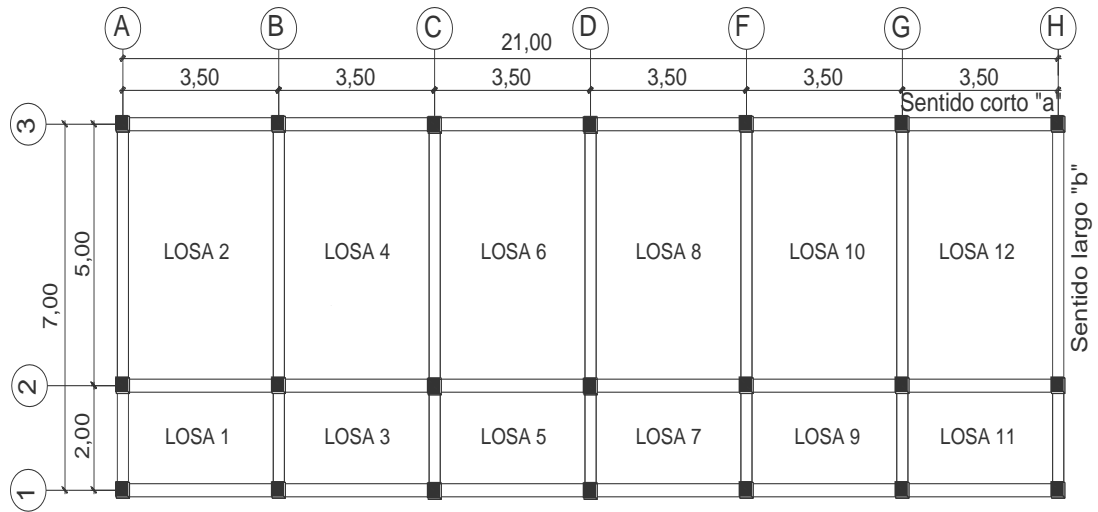
$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\text{Espesor de losa (} t \text{)} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2 \text{ cm}$$

Figura 13. **Planta de distribución de losa nivel 1**



Fuente: elaboración propia

Carga última o carga de diseño

Carga última para losas impares

$$CM = 540 \text{ kg/m}^2$$

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

$$CMU = 1, 4 \cdot CM = 1, 4 \cdot 540 \text{ kg/m}^2 = 756 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1, 4 \cdot CV = 1, 7 \cdot 500 \text{ kg/m}^2 = 850 \text{ kg/m}^2$$

$$CUL = (CMU + CVU)$$

$$CUL = (756 \text{ kg/m}^2 + 850 \text{ kg/m}^2) = 1\,606 \text{ kg/m}^2$$

Carga última para losas pares

$$CM = 540 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$CMU = 1, 4 \cdot CM = 1, 4 \cdot 540 \text{ kg/m}^2 = 756 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1,4 \cdot CV = 1,7 \cdot 200 \text{ kg/m}^2 = 340 \text{ kg/m}^2$$

$$CUL = (CMU + CVU)$$

$$CUL = (756 \text{ kg/m}^2 + 340 \text{ kg/m}^2) = 1096 \text{ kg/m}^2$$

Momentos actuantes

Momentos negativos

$$Ma(-) = Ca- \cdot CUL \cdot a^2$$

$$Mb(-) = Cb- \cdot CUL \cdot b^2$$

Momentos Positivos

$$Ma(+) = Cav+ \cdot CVU \cdot a^2 + Cam+ \cdot CMU \cdot a^2$$

$$Mb(+) = Cbv+ \cdot CVU \cdot b^2 + Cbm+ \cdot CMU \cdot b^2$$

Donde:

Ca-, Cb- = Coeficientes para momentos negativos

Cav+, Cbv+ = Coeficientes de carga viva para momentos positivos

Cam+, Cbm+ = Coeficientes de carga muerta para momentos positivos

CUL = Carga última de losa

CVU = Carga viva última

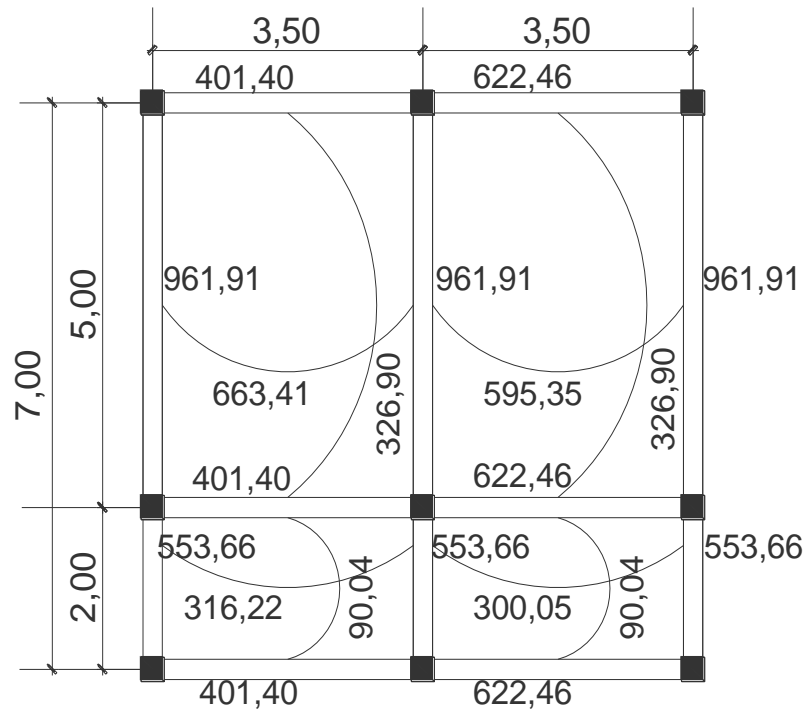
CMU = Carga muerta última

a = Lado menor de losa

b = Lado mayor de losa

Siguiendo el procedimiento anterior, se calculan los momentos positivos, momentos negativos en sentido corto a y sentido largo b de las losas. Su distribución se presenta en la figura 14.

Figura 14. **Distribución de momentos losa típica nivel 1**



Fuente: elaboración propia

Diseño del acero de refuerzo

El procedimiento para el cálculo de acero de una losa se realiza para una franja unitaria de 1 metro y se describe a continuación:

Cálculo de peralte efectivo de losa

$$d \text{ losa} = t \text{ (espesor de losa)} - \text{Recubrimiento} - \text{Ø de barra } 3/8''$$

$$d \text{ losa} = 10 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 0,9375 \text{ cm}$$

$$d \text{ losa} = 7 \text{ cm}$$

Acero mínimo

$A_{s\text{mín}} = 0,40 \cdot (14,1/f_y) \cdot b \cdot d$ para losas en dos sentido ACI318-99 sección 10.5

$$A_{s\text{mín}} = 0,40 \cdot (14,1/2810) \cdot 100 \cdot 7 = 1,40 \text{ cm}^2$$

Momento que resiste el acero mínimo

$$M_{A_{s\text{mín}}} = (\phi \cdot A_{s\text{mín}} \cdot f_y) \times \left[d - \frac{(A_{s\text{mín}} \cdot f_y)}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} \right]$$

$$M_{A_{s\text{mín}}} = (0,90 \cdot 1,40 \cdot 2810) \times \left[7 - \frac{(1,40 \cdot 2810)}{1,7 \cdot 210 \cdot 100} \right]$$

$$M_{A_{s\text{mín}}} = 244,79 \text{ kg-m}$$

Área de acero requerida para momentos mayores a $A_{s\text{mín}}$

Para momentos menores que $M_{A_{s\text{mín}}}$ se utiliza el área de acero del $A_{s\text{mín}}$ y para momentos mayores se utiliza la fórmula siguiente:

$$A_s = \left\{ (F_U \cdot d) - \left[(F_U \cdot d)^2 - \frac{(M_{\text{max}} \cdot F_U)}{(0,003825 \cdot f'_c)} \right] \right\} \times \left(\frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \right)$$

Espaciamiento entre varillas para refuerzo

El espaciamiento entre varillas se calcula con $S=Av/As$ y se debe tener en cuenta que el espaciamiento máximo entre varillas no deberá exceder de dos veces el espesor de la losa ($2t$), en este caso $2*0,10 = 0,20$ m, según el reglamento ACI318-99 sección 13.3.2.

Los resultados de los cálculos de la planta baja se presentan en la tabla siguiente:

Tabla XV. **Áreas de acero requeridas para losas de nivel 1**

M eje x (kg*m)	f'c (kg/cm ²)	Fy (kg/cm ²)	b=FU (cm)	d (cm)	Asreq. (cm ²)	Asmín (cm ²)	As Ø 3/8" (cm ²)	S (cm)	S utilizar (cm)
961,91	210	2 810	100	7	5,81	1,40	0,71	12	12
663,41	210	2 810	100	7	3,92	1,40	0,71	18	15
553,66	210	2 810	100	7	3,25	1,40	0,71	21	20
316,22	210	2 810	100	7	1,82	1,40	0,71	39	20
M eje y (kg*m)	f'c (kg/cm ²)	Fy (kg/cm ²)	b=FU (cm)	d (cm)	As req. (cm ²)	Asmín (cm ²)	As Ø 3/8"(cm ²)	S (cm)	S utilizar (cm)
622,46	210	2 810	100	7	3,67	1,40	0,71	19	15
326,90	210	2 810	100	7	1,89	1,40	0,71	37	20
622,46	210	2 810	100	7	3,67	1,40	0,71	19	15
90,04	210	2 810	100	7	0,51	1,40	0,71	139	20

Fuente: elaboración propia

Espaciamiento para losas nivel 1 en eje Y (sentido largo):

Losas 2, 4, 6, 8, 10 y 12 = 12 cm

Losas 1, 3, 5, 7, 9 y 11 = 20 cm

Espaciamiento para losas nivel 1 en eje X (sentido corto):

Losas 2, 4, 6, 8, 10 y 12 = 15 cm

Losas 1, 3, 5, 7, 9 y 11 = 15 cm

3.7.2. Losas nivel 2

Para el diseño de losas del nivel 2, el procedimiento de cálculo es el mismo que para las del nivel 1. Las áreas de acero requerido y el espaciamiento para éstas se presenta en la tabla siguiente:

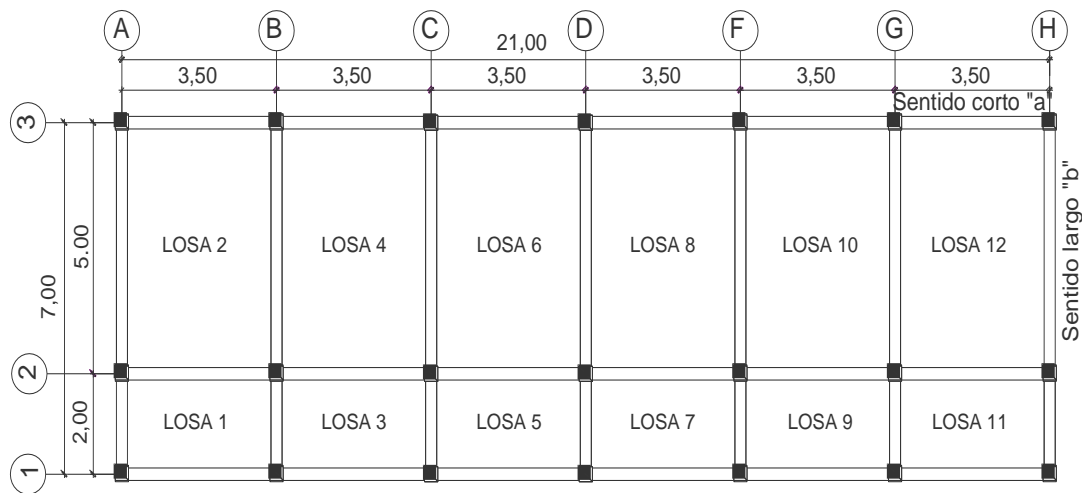
Tabla XVI. **Áreas de acero requeridas para losas de nivel 2**

M eje x (Kg*m)	f'c (Kg/cm ²)	fy (Kg/cm ²)	b = FU (cm)	d (cm)	As req.	As min.	As varr. Ø 3/8" (cm ²)	S (cm)	S permitido(cm)
676.44	210	2810	100	7	4.00	1.40	0.71258	17	15
440.57	210	2810	100	7	2.56	1.40	0.71258	27	20
262.38	210	2810	100	7	1.51	1.40	0.71258	47	20
176.91	210	2810	100	7	1.01	1.40	0.71258	70	20
M eje y (Kg*m)	f'c (Kg/cm ²)	fy (Kg/cm ²)	b = FU (cm)	d (cm)	As req.	As min.	As varr. Ø 3/8" (cm ²)	S (cm)	S permitido(cm)
420.15	210	2810	100	7	2.44	1.40	0.71258	29	20
216.58	210	2810	100	7	1.24	1.40	0.71258	57	20
420.15	210	2810	100	7	2.44	1.40	0.71258	29	20
49.56	210	2810	100	7	0.28	1.40	0.71258	253	20

Fuente: elaboración propia

En la siguiente figura se puede apreciar la distribución e identificación de las losas del nivel 2:

Figura 15. **Planta de distribución de losa nivel 2**



Fuente: elaboración propia

Espaciamiento para losas nivel 2 en eje Y (sentido largo):

Losas 2, 4, 6, 8, 10 y 12 = 15 cm

Losas 1, 3, 5, 7, 9 y 11 = 20 cm

Espaciamiento para losas nivel 2 en eje X (sentido corto):

Losas 2, 4, 6, 8, 10 y 12 = 20 cm

Losas 1, 3, 5, 7, 9 y 11 = 20 cm

3.8. Diseño de vigas

En el diseño de las vigas se tomará en cuenta la carga máxima sobre la estructura, igual a la suma de carga de servicio multiplicada por su factor respectivo de carga. Los datos necesarios para su diseño son los momentos y corte últimos actuantes, que se toman del análisis estructural.

Datos para diseño:

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

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

$$\text{Dimensiones} = 20 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$$

$$d = 31 \text{ cm}$$

Área de acero mínimo:

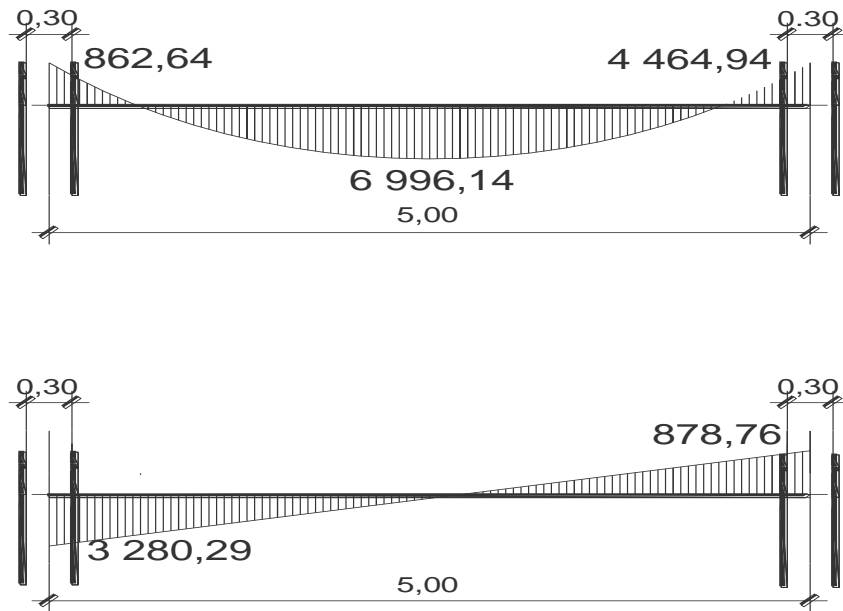
$$A_{s\text{mín}} = (14,1/f_y) \cdot b \cdot d = (14,1/2810) \cdot 20 \cdot 31 = 3,11 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo:

$$A_{s\text{máx}} = 0,50 \cdot 0,0537 \cdot b \cdot d = 0,50 \cdot 0,0537 \cdot 20 \cdot 31 = 16,66 \text{ cm}^2$$

Para el cálculo de áreas de acero se presentan en la figura siguiente los diferentes momentos obtenidos mediante el análisis estructural:

Figura 16. **Diagrama de momentos y cortes últimos, viga 7 nivel 2**



Fuente: elaboración propia

Momentos negativos:

$$M(-) = 4\,464,94 \text{ kg-m} \quad A_s = 6,18 \text{ cm}^2$$

$$M(-) = 862,64 \text{ kg-m} \quad A_s = 1,12 \text{ cm}^2$$

Momento positivo:

$$M(+) = 6\,996,14 \text{ kg-m} \quad A_s = 10,26 \text{ cm}^2$$

Requisitos sísmicos para armado

Para la cama superior: se deben colocar, como mínimo, dos varillas de acero en forma continua o tomar los siguientes valores: a) As 2 varillas mínimo, b) Asmín y c) 33 % del área de acero calculado para el momento negativo mayor.

- a) 2 No. 6 = 5,70 cm²
- b) Asmín = 3,11cm²
- c) 33%As M(-) = 0,33*6,18 = 2,04 cm²

Para la cama inferior: se deben colocar como mínimo dos varillas de acero continuo o tomar el mayor de los siguientes valores: a) As 2 varillas mínimo, b) Asmín, c) 50% del área de acero calculada para el momento negativo mayor y d) 50% del área de acero para el momento positivo, según reglamento ACI 318-99 sección 21.3.2.

- a) 2 No. 6 = 5,70 cm²
- b) Asmín = 3,11cm²
- c) 50% M(-) = 0,50*6,18 = 3,09 cm²
- d) 50% M(+) = 0,50*8,05 = 4,02 cm²

Acero de refuerzo transversal (estribos)

Se debe disponer de estribos en las siguientes zonas de los elementos:

- a) En una longitud igual a dos veces el peralte del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hasta la mitad del claro, en ambos extremos del elemento en flexión: $L_o = 2*h = 2*35 = 70$ cm;

- b) En longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento en ambos lados de una sección, puede ocurrir fluencia (falla) por flexión en conexión con desplazamientos laterales inelásticos del marco.

El primer estribo debe estar situado a no más de 5 centímetros de la cara del elemento en apoyo. El espaciamiento máximo de los estribos no debe exceder de a) $d/4$, b) ocho veces el diámetro más pequeño de las varillas longitudinales, c) 24 veces el diámetro de la varilla utilizada para el estribo y d) 30 cm. según el reglamento ACI 318-99 sección 21.3.3.1, 21.3.3.2.

Cuando no se requieren diseño de estribos, éstos deben estar situados a no más de $d/2$ a lo largo de la longitud del elemento, según reglamento ACI 318-99 sección 21.3.3.4.

Utilizando el corte máximo de la figura 18

$$V_{\text{máx}} = 3\,280,28 \text{ kg}$$

Corte máximo que resiste el concreto

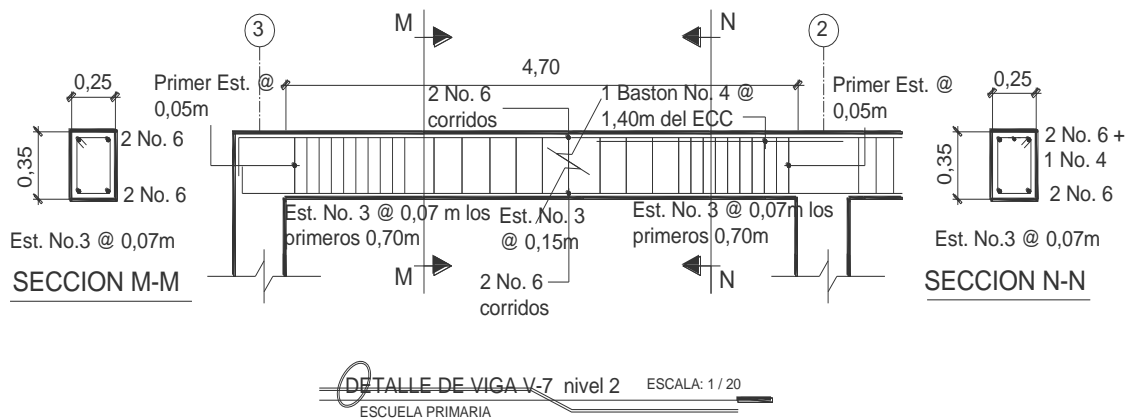
$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 20 * 31 = 4\,047,59 \text{ kg}$$

Comparando $V_{\text{máx}} = 3\,280,28 \text{ kg} < V_c = 4\,047,59 \text{ kg}$, por lo que no necesita refuerzo transversal, utilizando estribos a $d/2 = 31/2 = 15 \text{ cm}$ en el centro del elemento y $d/4 = 31/4 = 7 \text{ cm}$ en los extremos una distancia de $2 * h = 2 * 35 = 70 \text{ cm}$ por requisito sísmico.

El cálculo de las vigas restantes es similar al de la viga V7 y los resultados de todas las vigas así como su armado se presentan en el plano de detalles estructurales de vigas en apéndice.

Figura 17. Armado final viga V7, nivel 2



3.9. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales utilizados primordialmente para soportar cargas de flexocompresión. Las columnas se diseñan con el método de aproximación para el perfil de falla (Método de Bresler). Se debe encontrar la carga axial que actúa en la columna y el momento actuante en el sentido X y Y, tomando los momentos y cortes mayores para diseñar las columnas más críticas.

A continuación se presentan los requisitos para columnas del ACI 318-99 sección 21.4.1:

Área de acero longitudinal

$$A_{smín} = 0,01A_g$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,06A_g$$

A_g = área gruesa

- La columna deberá tener como mínimo 4 varillas de acero longitudinal
- El lado más pequeño de una columna estructural será de 30 cm
- El refuerzo transversal (estribos) nunca podrá ser menor de No. 3

Procedimiento a seguir para el diseño de columnas

Carga axial

$$\text{Área tributaria} = 8,75 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga última} = 1,4CM + 1,7CV$$

Nivel 1:

$$CM = 682,50 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 175 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = (1,4 \cdot 682,50) + (1,7 \cdot 175) = 1\,253 \text{ kg/m}^2$$

$$C_T = CM + CV = 682,50 + 175 = 857,50 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU = C_u / C_T = 1\,253 / 857,50 = 1,46$$

Nivel 2:

$$CM = 378 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 87,50 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = (1,4 \cdot 378) + (1,7 \cdot 87,50) = 677,95 \text{ kg/m}^2$$

$$C_T = CM + CV = 378 + 87,50 = 465,50 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU = C_u / C_T = 677,95 / 465,50 = 1,46$$

Carga axial

$$PU2 = At \cdot Cu \text{ Nivel 2} + Av \cdot Lv \cdot Wc \cdot FCU \text{ Nivel 2}$$

$$PU1 = PU2 + (Ac \cdot hc \cdot Wc \cdot FCU) \text{ nivel2} + (Av \cdot Lv \cdot Wc \cdot FCU) \text{ nivel1} + At \cdot Cu \text{ Nivel 1}$$

Donde:

At = área tributaria de columna

Ac = área de la columna

Av = área de viga

FCU = factor de carga última

Wc = Peso específico del concreto

hc = altura de la columna

Lv = Longitud de la viga

$$PU2 = (8,75 \cdot 677,95) + (0,20 \cdot 0,35 \cdot 3,50 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 1,46) = 6 \, 788,42 \text{ kg}$$

$$PU1 = 6 \, 788,42 + (0,30 \cdot 0,30 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 1,46) + (0,25 \cdot 0,30 \cdot 3,50 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 1,46) + (8,75 \cdot 1 \, 253) = 19 \, 474,17 \text{ kg}$$

Chequeo de columnas

En el diseño de columnas es necesario realizar varios chequeos y determinar cómo funciona la columna, es decir:

- Corta: $E < 22$ No se magnifica
- Esbelta: $22 < E < 100$ se magnifica
- Larga: $E > 100$ no son aconsejable construir ya que fallan por pandeo

$$E = (K \cdot Lu) / r$$

Donde:

E = esbeltez

Lu = longitud entre apoyos

Kp = factor de pandeo

r = radio de giro 0.30 lado menor de columna

$$K_p = \left[\frac{(20 - \psi_{prom})}{20} \times \frac{(1 + \psi_{prom})}{2} \right] \text{ para } \psi_{prom} < 2$$

$$K_p = 0,90 \left(\frac{1 + \psi_{prom}}{2} \right) \text{ para } \psi_{prom} > 2$$

El factor Kp se determina por medio de la fórmula de Jackson, basándose en la relación de rigidez (ψ), donde:

$$\psi = \frac{\sum \text{rigideces de columnas que se unen en el nodo considerado}}{\sum \text{rigideces de vigas que se unen en el nodo considerado}}$$

$$\text{Inercia de vigas} = 25 \cdot 35^3 / 12 = 89\,322,92$$

$$\text{Inercia de columnas} = 30 \cdot 30^3 / 12 = 67\,500$$

Sentido X

$$\psi_{prom} = 0,55$$

$$K = ((20 - 0,55) / 20) \cdot \sqrt{1 + 0,55} = 1,21$$

$$E = (1,21 \cdot 4,50) / (30 \cdot 30) = 60,57$$

Sentido Y

$$\Psi_{\text{prom}} = 0,36$$

$$K = ((20-0,36)/20) \cdot \sqrt{1+0,36} = 1,15$$

$$E = (1,15 \cdot 4,50) / (30 \cdot 30) = 57,31$$

De acuerdo con los valores de esbeltez obtenidos en el sentido X y Y, la columna se clasifica dentro de las esbeltas, por lo que se debe magnificar los momentos actuantes.

Magnificador de momentos (Md)

Fórmulas:

$$\beta_d = CM(\text{carga muerta}) / CU(\text{carga última})$$

$$EI = (E_c \cdot I_g \cdot 0,40) / (1 + \beta_d)$$

$$P_{cr} = (\pi^2 \cdot EI) / (K \cdot LU)^2$$

$$\delta = 1 / [1 - ((PU/\phi) \cdot P_{cr})]$$

$$M_d = \delta \cdot M_u(\text{momento último})$$

Donde:

PU = carga de diseño última

Pcr = carga crítica de pandeo de Euler

β_d = factor de flujo plástico

E_c = módulo de elasticidad del concreto = 218 819,78 kg/cm²

I_g = momento de inercia de la sección total del concreto respecto al eje
centroidal, sin tomar en consideración el esfuerzo = 67 500 cm⁴

δ = factor de amplificación de momentos

\emptyset = 0,70 para estribos

El factor de amplificación de momentos es un factor de seguridad, por el cual se deben multiplicar los momentos últimos en las columnas para evitar el pandeo.

Magnificación de momento sentido X

$$\beta_d = (682,50 \text{ kg/m}^2) / (1\,253 \text{ kg/m}^2) = 0,54$$

$$EI = (218\,819,78 \times 67\,500 \times 0,40) / (1 + 0,54) = 382,48 \text{ toneladas}$$

$$P_{cr} = (\pi^2 \times 382,78) / (1,21 \times 3)^2 = 285,83 \text{ toneladas}$$

$$\delta = 1 / [1 - ((19\,474,17 / 0,70) \times 285,83)] = 1,11$$

$$M_d = 1,11 \times 5\,876,03 = 6\,509,63 \text{ kg-m}$$

Magnificación de momento sentido Y

$$\beta_d = (824,25 \text{ kg/m}^2) / (1\,540,70 \text{ kg/m}^2) = 0,53$$

$$EI = (218\,819,78 \times 67\,500 \times 0,40) / (1 + 0,53) = 384,90 \text{ toneladas}$$

$$P_{cr} = (\pi^2 \times 384,90) / (1,15 \times 3)^2 = 321,22 \text{ toneladas}$$

$$\delta = 1 / [1 - ((20\,318,50 / 0,70) \times 321,22)] = 1,10$$

$$M_d = 1,10 \times 7\,724,97 = 8\,492,34 \text{ kg-m}$$

Diseño de columna tipo C-1 nivel 1

Datos:

Sección = 30 cm x 30 cm

$M_x = 6\,509,63 \text{ kg-m}$

$M_y = 8\,492,34 \text{ kg-m}$

$L_u =$ Longitud efectiva 300 cm

Cálculo de refuerzo longitudinal

Cuando en una estructura existe carga axial y flexión biaxial, hay varios métodos para calcular el acero longitudinal en columnas. En este caso se utilizará el método de carga inversa desarrollado por Bresler, que es un método de aproximación de la falla. La idea fundamental es acercar el valor de $1/P'u$ (de la superficie de falla). Este valor se aproxima por un punto plano determinado por los tres valores siguientes: a) la carga axial pura ($P'O$); b) la carga de falla para una excentricidad e_x , ($P'x_0$); c) la carga de falla para una excentricidad e_y , ($P'O$).

Cada punto en la superficie de falla es aproximado por un plano distinto, es decir, para aproximar toda la superficie, se necesita un conjunto infinito de planos. Es uno de los métodos más utilizados, ya que es práctico y produce resultados satisfactorios comprobados con ensayos de laboratorio.

$$1/P'u = (1/P'xo) + (1/P'oy) + (1/P'o)$$

Donde:

$P'u$ = valor aproximado de la carga última en flexión que resiste la columna a una excentricidad “e”

$P'xo = K' * f'c * \text{sección del elemento} =$ carga última que resiste la columna cuando se presenta la excentricidad e_y , $e_x=0$

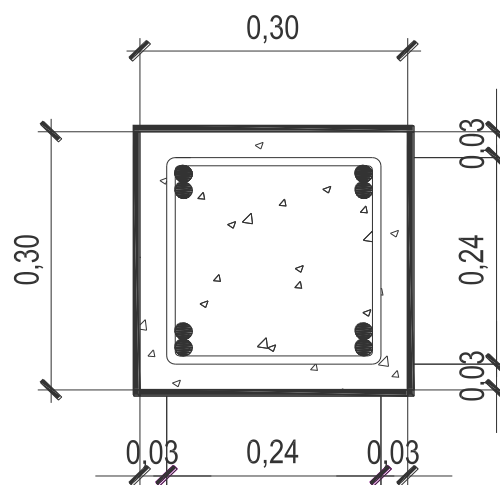
$P'oy = K' * f'c * \text{sección del elemento} =$ carga última que resiste la columna cuando se presenta la excentricidad “ e_x ”, $e_y=0$

$P'o = 0,70(0,85 * f'c * (A_g - A_s) + A_s * f_y) =$ carga última axial que resiste la columna o concéntrica que resiste la misma ($e_x=0$, $e_y=0$).

K_x y K_y son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para el diseño de columnas.

Si $P'u > P_u$, entonces el armado propuesto es correcto, de lo contrario se aumenta el área de acero.

Figura 18. **Sección de columna tipo C-1**



Datos:

$$P_u = 20\,318,50 \text{ kg}$$

$$M_{dx} = 6\,509,63 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 8\,492,34 \text{ kg-m}$$

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

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

$$\text{Recubrimiento} = 3 \text{ cm}$$

$$A_{s\text{mín}} = 0,01 \cdot (0,30 \cdot 0,30) = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,06 \cdot (0,30 \cdot 0,30) = 54 \text{ cm}^2$$

Para este caso se propone 8 varillas No. 6 = $22,80 \text{ cm}^2 = 2,5\% A_g$

Para el diseño de columnas el método de Bresler utiliza los diagramas de interacción, cuyos valores son:

a) Valor de la gráfica: $Y=X = (\text{Lado de columna} - (2 \cdot \text{Rec})) / \text{Lado de columna}$

$$Y = X = (30 - (2 \cdot 3)) / 30 = 0,80$$

b) Valor de la gráfica: $\rho_u = (A_s \cdot f_y) / (0,85 \cdot f'_c \cdot A_g)$

$$\rho_u = (22,80 \cdot 2\,810) / (0,85 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30) = 0,40$$

c) Excentricidades: $e_x = M_{dx} / P_u$ $e_y = M_{dy} / P_u$

$$e_x = 6\,509,63 / 20\,318,50 = 0,33 \quad e_y = 8\,492,34 / 20\,318,50 = 0,42$$

d) Valores para diagonales:

$$e_x / h_x = 0,33 / 0,30 = 1,11 \quad e_y / h_y = 0,42 / 0,30 = 1,39$$

Con los datos obtenidos en los incisos a), b), c) y d) se buscan los valores en el diagrama de interacción, encontrando que $K_x = 0,25$ $K_y = 0,20$.

Cálculo de cargas:

$$P'x = 0,25 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30 = 47\,250 \text{ kg}$$

$$P'y = 0,20 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30 = 37\,800 \text{ kg}$$

$$P'o = 0,70(0,85 \cdot 210 \cdot (900 - 22,80) + (22,80 \cdot 2\,810)) = 154\,438,31 \text{ kg}$$

Cálculo de $P'u$:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{47\,250} + \frac{1}{37\,800} + \frac{1}{154\,438,31} = P'u = 24\,304,40 \text{ kg}$$

Como $P'u > P_u$, el área de acero propuesta si soporta los esfuerzos a los que esta sometida la columna. En caso contrario se deberá aumentar el área de acero.

Cálculo de refuerzo transversal

Refuerzo por corte

Cálculo del corte resistente

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 30 \cdot 27 = 5\,287,98 \text{ kg}$$

De la figura 19 se obtiene que el corte actuante $V_a = 2\,957,40 \text{ kg}$

Si $V_r > V_a$ se colocan estribos a $S_{\text{máx}} = d/2$

Si $V_r < V_a$ se diseñarán los estribos por corte

Se debe considerar por requisito que la varilla mínima que se puede utilizar es la No. 3 para estribos.

$$V_r = 5\,287,98 > V_a = 2\,957,40, \text{ entonces se colocan estribos } S_{\text{máx}} = d/2$$
$$S_{\text{max}} = 27/2 = 13,5 \text{ cm}$$

Cálculo de refuerzo por confinamiento

$$S_o = (2A_v)/(\rho_s * L_n)$$

$$\rho_s = 0,45(A_g/A_{ch}-1)*(0,85*f'_c/f_y)$$

Donde:

A_v = área transversal de la varilla que se utiliza como estribo

L_n = longitud no soportada del estribo

S_o = espaciamiento entre estribos zona confinada

ρ_s = relación volumétrica de la columna $> 0,12(f'_c/f_y)$

A_g = área gruesa

A_{ch} = área chica

$$\rho_s = 0,45*(30*30/((24*24)-1))*(0,85*210/2\,810) = 0,016 > 0,12(210/2\,810) = 0,09$$

Suponiendo un estribo No. 3 $A_v = 0,7126 \text{ cm}^2$

$$S_o = (2*0,7126)/(0,016*24) = 4 \text{ cm}$$

Longitud de confinamiento, L_o

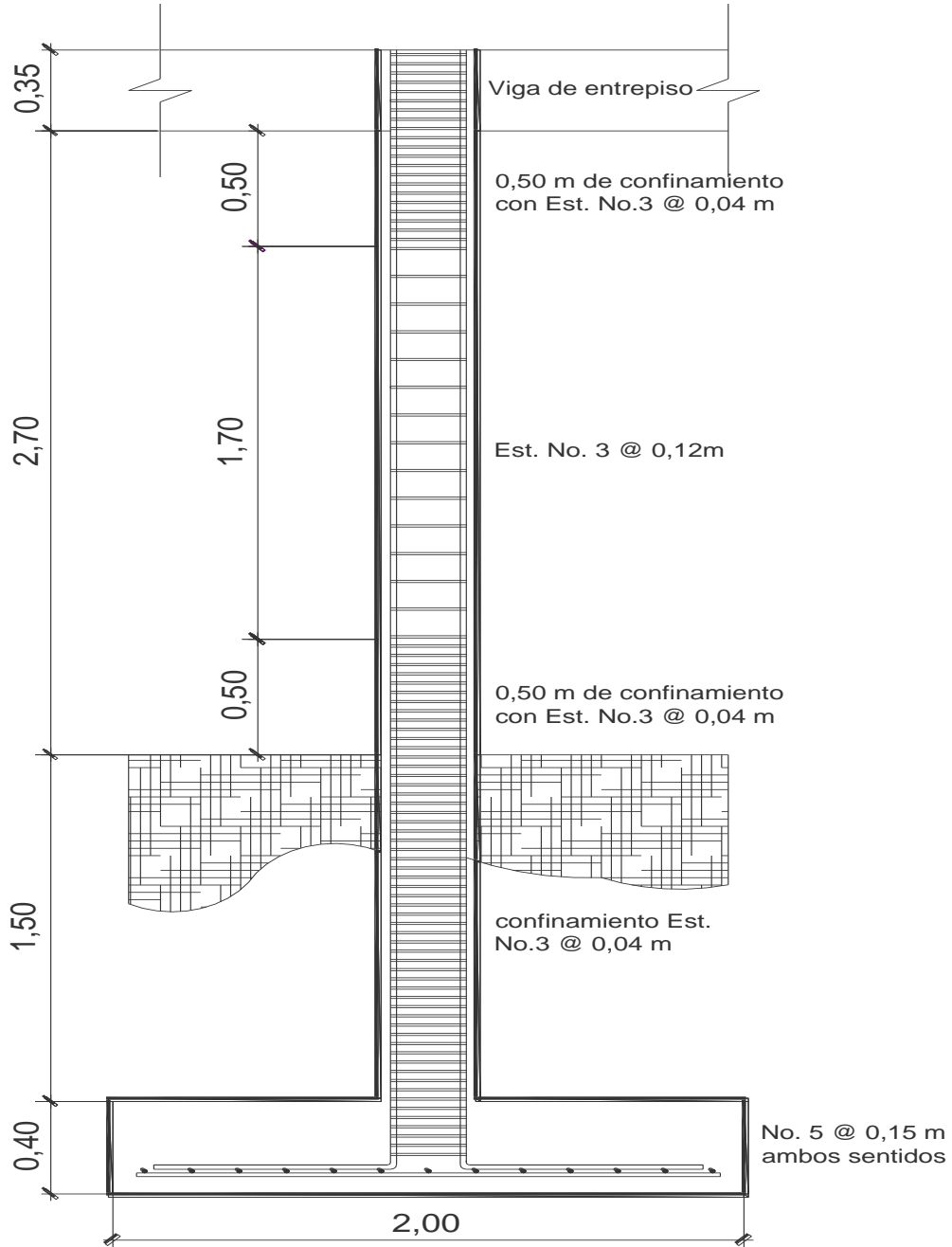
La longitud de confinamiento, L_o , no debe ser menor de la mayor de las opciones siguientes:

- a) Sexta parte del claro libre L_u del elemento donde $L_u = 300$ cm
 $L_o = 300/6 = 50$ cm
- b) Mayor dimension de la sección transversal del elemento $L_o = 30$ cm
- c) No menor de 50 cm, según ACI 318-99 sección 21.10.5.1

Por lo que la longitud de confinamiento será de 50 cm.

El procedimiento de diseño de las demás columnas es similar al de la tipo C-1. Los resultados de las columnas se encuentran en los planos constructivos en apéndices.

Figura 19. Armado final de columna



DETALLE DE SECCION DE COLUMNA ESCALA: 1 / 20
ESCUELA PRIMARIA

Fuente: elaboración propia

3.10. Diseño de cimientos

Para realizar el diseño del cimiento se tomarán los datos obtenidos del análisis estructural y los datos del valor soporte del suelo.

Cálculo de valor soporte del suelo

Para el cálculo del valor soporte del suelo se tienen los datos siguientes:

Base = 1 metro

$e = 2,71828183$

Peso específico del suelo $W_s = 0,95 \text{ ton} \cdot \text{m}^3$

Ángulo de fricción interna $\phi = 14,76 \text{ grados (0,26 radianes)}$

Carga última $C_u = 6,2 \text{ ton/m}^2$

Desplante $D = 1,50 \text{ metros}$

Factor de seguridad = 4

Factor de capacidad de sobrecarga N_q

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - \phi_{\text{rad}}\right)\tan\phi}}{2\cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 0,26\right)\tan 0,26}}{2\cos^2\left(45 + \frac{0,26}{2}\right)} = 4,34$$

Factor de capacidad de carga cohesión N_c

$$N_c = \cot\phi (N_q - 1) = \cot 0,26 (4,34 - 1) = 12,86$$

Factor de capacidad de peso del suelo N_y

$$N_y = 2(N_q + 1)\tan\phi = 2(3,34 + 1)\tan 0,26 = 2,81$$

Capacidad de cortante última q_o

$$q_o = (0,40 \cdot W_s \cdot B \cdot N_y) + (1,3 \cdot C_u \cdot N_c) + (W_s \cdot D \cdot N_q)$$

$$q_o = (0,40 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 2,81) + (1,3 \cdot 6,2 \cdot 12,68) + (0,95 \cdot 1,5 \cdot 4,34) = 109,41$$

Capacidad de carga admisible q_a

$$q_a = q_o / \text{Factor de seguridad} = \frac{109,41}{4} = 27,35 \text{ ton/m}^2$$

Tabla XVII. **Valor soporte según tipo de suelo**

Material del suelo	Ton/m ²	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con más del 10% de grava
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos, con mucha arena
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: Cabrera Seis, Jadenon Vinicio. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1. Trabajo de graduación de ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de ingeniería, 1994. Pág. 94.

En el diseño del cimiento se utilizará un valor soporte del suelo de 20 ton/m², debido a que es un suelo limo arenoso con densidad mediana, por lo tanto se obtienen los datos siguientes:

$$P_u = 28\,599,12 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 5\,881,51 \text{ kg-m}$$

$$M_{uy} = 9\,199,09 \text{ kg-m}$$

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

$$W_s = 950 \text{ kg/m}^3$$

$$V_s = 20\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

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

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

$$FCU = 1,5$$

Área de zapata

Las zapatas deben dimensionarse para soportar las cargas de servicio y las reacciones inducidas.

Cálculo de cargas de trabajo

$$P_t = P_u/FCU = 28\,599,12/1,5 = 19\,066,08 \text{ kg}$$

$$M_{tx} = M_{ux}/FCU = 5\,881,51/1,5 = 3\,921 \text{ kg-m}$$

$$M_{ty} = M_{uy}/FCU = 9\,199,09/1,5 = 6\,132,73 \text{ kg-m}$$

Predimensionamiento del área de la zapata

$$A_z = FCU \cdot P_t / V_s = 1,5 \cdot 19\,066,08 / 20\,000 = 1,42 \text{ m}^2$$

$$1,20 \times 1,20 = 1,44 \text{ m}^2$$

Luego de varias iteraciones las dimensiones y área son:

$$\text{Dimensiones} = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \quad \text{Área} = 4 \text{ m}^2$$

$$A_z = \text{Base} \times \text{Longitud} = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

Chequeo de presión sobre el suelo

Después de haber encontrado el área final de la zapata se debe calcular la carga admisible ($q_{\text{máx}}$), la cual debe ser menor que el valor soporte (V_s), si se supone que las presiones resultantes están linealmente distribuidas.

$$q_{\text{máx/mín}} = \frac{P}{A_z} + \frac{M_{tx}}{S_x} + \frac{M_{ty}}{S_y}$$

Esto permite la determinación de las presiones en los bordes extremos. La superficie necesaria de la zapata se encuentra teniendo en cuenta el $q_{\text{máx}} < V_s$ y $q_{\text{mín}} > 0$ para que no se produzcan presiones de tensión, ya que la zapata se diseña para resistir esfuerzos de presión.

$$S_x = S_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 2 \cdot 2^2 = 1,33$$

$$P = P_t + P_s + P_{col} + P_{cim}$$

$$P = 19\,066,08 + (4 \cdot 1,5 \cdot 950) + (30 \cdot 30 \cdot 4,50 \cdot 2\,400) + (4 \cdot 40 \cdot 2\,400) = 31\,000 \text{ kg}$$

$$q_{\text{máx/mín}} = \frac{31\,000}{4} \pm \frac{3\,921}{1,33} \pm \frac{6\,132,73}{1,33}$$

$$q_{\text{máx}} = 15\,000 \text{ kg/m}^2 \quad \text{Cumple, no excede el } V_s$$

$$q_{\text{mín}} = 210 \text{ kg/m}^2 \quad \text{Cumple, sólo compresión en el suelo}$$

Presión última

Teniendo en cuenta que la presión debajo de la zapata en un punto, es distinta a la localizada en cualquier otro punto. Por este motivo se trabaja con una presión constante debajo de la zapata, la cual debe ser un valor que se encuentre entre q_{medio} y $q_{\text{máx}}$.

$$q_{\text{diseño}} = q_{\text{máx}} \cdot \text{FCU} = 15\,000 \cdot 1,5 = 22\,000 \text{ kg/m}^2$$

Espesor de zapata

Para determinar el espesor de la zapata es necesario que se analice si soporta el corte simple y corte punzonante, causado por la columna y las cargas actuantes.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone utilizar una altura de cimiento $h_c = 40 \text{ cm}$, con un recubrimiento de $7,5 \text{ cm}$.

Chequeo por corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual al peralte efectivo d del borde de la columna. Por tal razón, se debe analizar y chequear si el corte resistente es mayor que el actuante. Esto se realiza de la forma siguiente:

$$d = h_c - \text{Rec} - (\emptyset \text{ varilla}/2)$$

Asumiendo un diámetro de varilla No. 5

$$d = 40 - 7,5 - (1,5875/2) = 32 \text{ cm}$$

Corte actuante

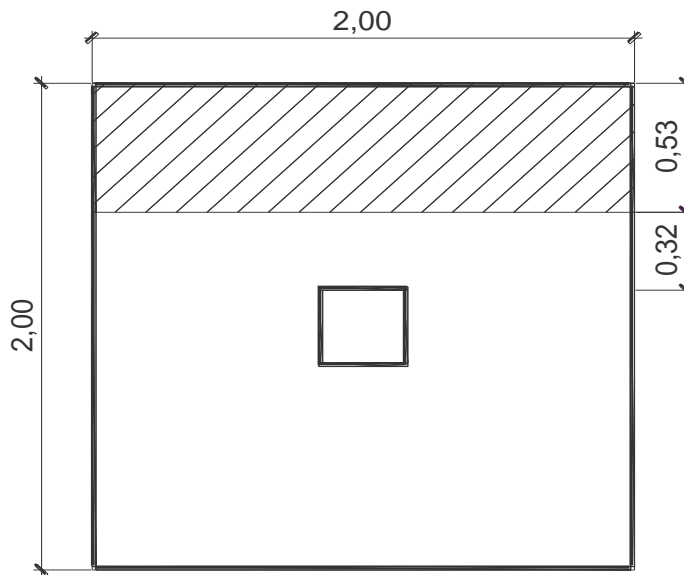
$$V_a = q_{\text{diseño}} * \text{área} = 22\,000 * (0,53 * 2,00) = 23\,320 \text{ kg/m}^2$$

Corte resistente

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 200 * 32 = 41\,781,53 \text{ kg/m}^2$$

Entonces $V_a < V_r$, por lo tanto si chequea.

Figura 20. **Chequeo por corte simple**



Fuente: elaboración propia

Chequeo por corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en ella alrededor del perímetro de la columna.

El límite en donde ocurre la falla se encuentra a una distancia de $d/2$ del perímetro de la columna.

$$d = 0,32 \text{ m}$$

$$V_a = q_{\text{diseño}} * (A_{\text{total}} - A_{\text{punzonante}})$$

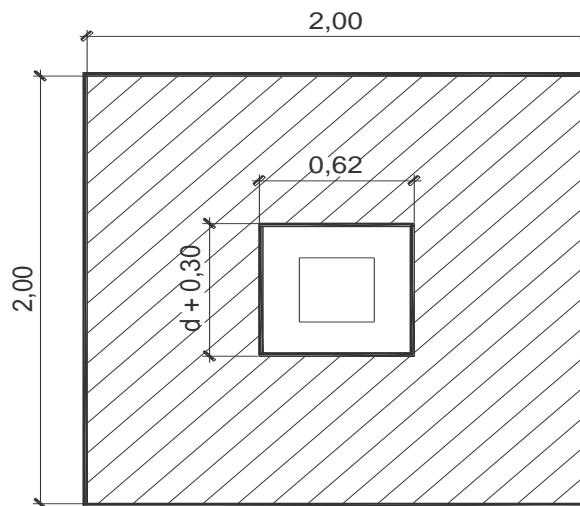
$$V_a = 22\,000 * (4 - (0,62 * 0,62)) = 79\,543,20 \text{ kg}$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f_c} * \text{Perímetro punzonante} * d =$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * (32 + 40) * 4 * 32 = 120\,330 \text{ kg}$$

Entonces $V_a < V_r$, por lo tanto sí chequea.

Figura 21. **Chequeo por corte punzonante**



Fuente: elaboración propia

Diseño de refuerzo por flexión

El suelo produce en la zapata un momento flector debido al empuje que ejerce. Por lo que es necesario reforzarla con acero, para resistir los esfuerzos inducidos.

Sentido X

El momento último, se define como una losa en voladizo

$$M_u = (q_{\text{diseño}} \cdot L^2) / 2 = (22\,000 \cdot ((2-0,30)/2)^2) / 2 = 7\,950 \text{ kg-m}$$

L es igual a la distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata.

$$d_x = 32 \text{ cm} \quad b = F_U = 100 \text{ cm}$$

Área de acero

$$A_s = \left\{ (F_U \cdot d) - \left[(F_U \cdot d)^2 - \frac{(M_{\text{max}} \cdot F_U)}{(0,003825 \cdot f'c)} \right] \right\} \times \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left\{ (100 \cdot 32) - \left[(100 \cdot 32)^2 - \frac{(7\,950 \cdot 100)}{(0,00382 \cdot 210)} \right] \right\} \times \left(\frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} \right) = 10,20 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = (14,1/2\,810) \cdot 100 \cdot 32 = 16 \text{ m}^2$$

Como $A_{s\text{requerido}} < A_{s\text{mín}}$, entonces se utiliza $A_{s\text{mín}}$

Espaciamiento de varilla $S = A_v / A_s$

Utilizando varilla No. 5 $A_v = 1,98 \text{ cm}^2$

$$S = 1,98 / 16 = 0,12 \text{ m}$$

Entonces el armado en el sentido x será No. 5 @ 0,12 m

Sentido Y

$$M_u = 7\,950 \text{ Kg-m}$$

$$d_y = d_x - \emptyset \text{ varilla No. 5} = 32 - ((5/8) \cdot 2,5) = 30,15 \text{ cm} \quad b = 100 \text{ cm}$$

Área de acero

$$A_s = \left\{ (100 \times 30,15) - \left[(100 \times 30,15)^2 - \frac{(7\,950 \times 100)}{(0,003825 \times 210)} \right] \right\} \times \left(\frac{0,85 \times 210}{2\,810} \right)$$

$$A_s = 10,80 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = 16 \text{ cm}^2$$

Como $A_{s\text{requerido}} < A_{s\text{mín}}$, entonces se utiliza $A_{s\text{mín}}$

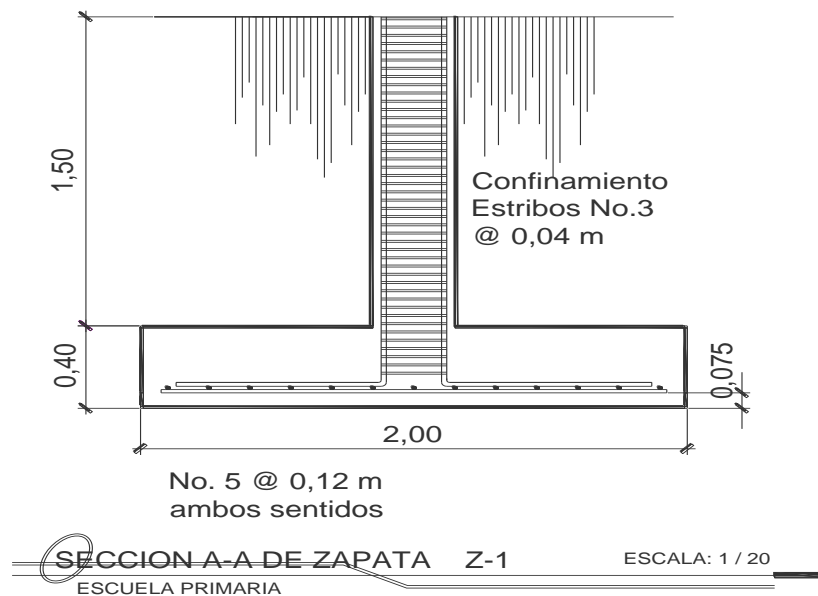
Espaciamiento de varilla $S = A_v/A_s$

Utilizando varilla No. 5 $A_v = 1,98 \text{ cm}^2$

$$S = 1,98/16 = 0,12 \text{ m}$$

Entonces el armado en el sentido x será No. 5 @ 0,12 m

Figura 22. Armado final de zapata Z-1



Fuente: elaboración propia

Longitud de cimiento L

$$L = ((c/2) + X_r) * 2 = ((0,30/2) + 1,90) * 2 = 4,10 \text{ m}$$

Ancho de cimiento B

$$\text{Área aprox} = Pr/V_s = 43/20 = 2,20 \text{ m}^2$$

$$B = A/L = 2,20/4,10 = 0,65 = 1,50 \text{ m}$$

Chequeo de presiones sobre el suelo

$$q_{\text{máx/mín}} = \left(\frac{Pr}{Azap} \right) \pm \left(\frac{M_{\text{máx x}}}{S_x} \right) \pm \left(\frac{M_{\text{máx y}}}{S_y} \right) =$$

$$S_x = 1/6 * B * h^2 = 1/6 * 4,10 * 1,50^2 = 1,537$$

$$S_y = 1/6 * B * h^2 = 1/6 * 1,50 * 4,10^2 = 4,202$$

$$q_{\text{máx/mín}} = \left(\frac{43}{4,10 * 1,50} \right) \pm \left(\frac{6}{1,537} \right) \pm \left(\frac{12}{4,202} \right) =$$

$q_{\text{máx}} = 14 \text{ ton/m}^2 < V_s (20 \text{ ton/m}^2)$; Por lo que cumple

$q_{\text{mín}} = 1,90 \text{ ton/m}^2 > 0$; Por lo que cumple sin presiones negativas

Chequeo por corte simple

Cálculo de peralte efectivo d:

Diámetro de varilla (asumiendo No. 5) = 0,015625 metros

Recubrimiento = 0,075 metros Altura = 0,60 metros

$$d = h - (\text{Rec} + (\text{diámetro var}/2)) = 0,60 - (0,075 + (0,015625/2)) = 0,51\text{m}$$

Corte actuante V_a

$$V_a = q_{\text{diseño}} \cdot \text{Área de corte} = (V_s \cdot 1,5) \cdot [(B/2) - (c/2) - d] \cdot L$$

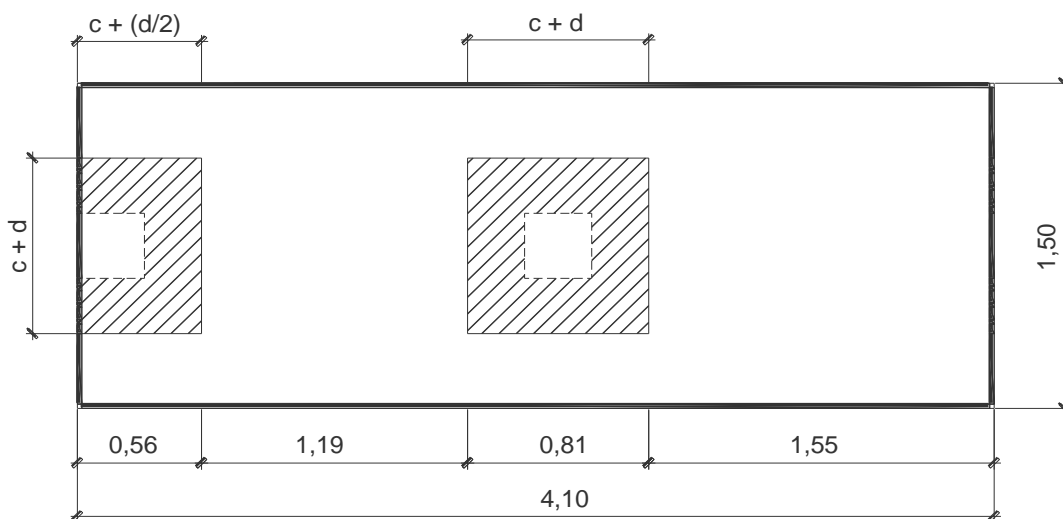
$$V_a = (20\,000 \cdot 1,5) \cdot [(0,51) \cdot 4,10] = 17\,138\text{ kg}$$

Corte resistente V_r

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot B \cdot d = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 150 \cdot 51 = 29\,443\text{ kg}$$

Entonces $V_a = 17\,138\text{ kg} < V_r = 29\,443\text{ kg}$; Por lo que cumple

Figura 24. **Chequeo por corte punzonante cimiento combinado**



Fuente: elaboración propia

Chequeo por corte punzonante en columna C1:

Corte actuante V_a

$$V_a = qd * [\text{área zapata} - \text{área punzonante}]$$

$$V_a = qd * [(B * L) - ((c + d/2) * (c + d))]$$

$$V_a = 22\,000 * [(1,50 * 4,10) - (0,51 * 0,71)] = 125\,409 \text{ kg}$$

Corte resistente V_r

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'_c} * \text{Perímetro punzonante} * d$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * [2(c + (d/2)) + (c + d)] * d$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * [2(30 + (51/2)) + (30 + 51)] * 51 = 127\,851 \text{ kg}$$

Entonces $V_a = 125\,409 \text{ kg} < V_r = 127\,851 \text{ kg}$; Cumple con el chequeo

Chequeo por corte punzonante en columna C2:

Corte actuante V_a

$$V_a = 134\,785 \text{ kg}$$

Corte resistente V_r

$$V_r = 215\,749 \text{ kg}$$

Entonces $V_a < V_r$; Sí cumple

Cálculo de área de acero en ancho efectivo de columnas sentido corto:

Datos:

$$M_u = 24\,720 \text{ kg}$$

$$B = 1,50 \text{ m}$$

$$d = 0,51 \text{ m}$$

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

$$f_y = 4\,220 \text{ kg/cm}^2 \text{ (grado 60 psi)}$$

Área de acero mínimo $A_s \text{ mín}$

$$A_s = (14,1/f_y) * b * d = (14,1/4220) * 150 * 51 = 17 \text{ cm}^2$$

Cálculo de momento último

$$M_u = w * l^2 / 2 = ((P_u / b) * l^2) / 2$$

Donde:

$$b = 1,50$$

$$P_u = 31\,000 \text{ kg}$$

$$l = (b - c) / 2 = (1,50 - 0,30) / 2 = 0,60 \text{ m}$$

$$M_u = ((31\,000 / 1,50) * 0,60^2) / 2 = 3\,800 \text{ kg} * \text{m}$$

$$A_s = \left\{ (b \times d) - \sqrt{\left[(b \times d)^2 - \frac{(M_{\text{máx}} \times b)}{(0,003825 \times f'c)} \right]} \right\} \times \left(\frac{0,85 \times f'c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left\{ (150 \times 51) - \sqrt{\left[(150 \times 51)^2 - \frac{(3\,800 \times 100)}{(0,003825 \times 210)} \right]} \right\} \times \left(\frac{0,85 \times 210}{4\,220} \right)$$

$$A_s = 4 \text{ cm}^2$$

Debido a que $A_s < A_{s\text{mín}}$ utilizar el área de acero mínimo para refuerzo.

No. De varillas a utilizar = $A_{s\text{mín}} / \text{Área varilla}$ (No. 6)

$$\text{No. Varillas} = 17 / 2,85031 = 6 \text{ varillas}$$

Espaciamiento entre varillas $S = \text{Longitud de ancho efectivo} / \text{No. varillas}$

$$\text{Ancho efectivo columna C1} = 0,75 \times d + c = 0,75 \times 0,51 + 0,30 = 0,70 \text{ m}$$

$$\text{Ancho efectivo columna C2} = 2(0,75 \times d) + c = 2(0,75 \times 0,51) + 0,30 = 1,10 \text{ m}$$

$$S \text{ columna C1} = 0,70 / 6 = 0,10 \text{ m}$$

$$S \text{ columna C2} = 1,10 / 6 = 0,15 \text{ m}$$

Entonces el armado en sentido corto queda de la forma siguiente:

Ancho efectivo columna C1 colocar varilla No. 6 @ 0,10 m

Ancho efectivo columna C2 colocar varilla No. 6 @ 0,15 m

Cálculo de área de acero en sentido largo:

$$A_s = \left\{ (100 \times 51) - \sqrt{\left[(100 \times 51)^2 - \frac{(24\,720 \times 100)}{(0,003825 \times 210)} \right]} \right\} \times \left(\frac{0,85 \times 210}{4\,220} \right)$$

$$A_s = 13 \text{ cm}^2$$

Debido a que $A_s < A_s \text{ mín}$ entonces utilizar área de acero mínimo para refuerzo.

No. de varillas = Área de acero/ Área de varilla (No. 6)

$$\text{No. de varillas} = 17 / 2.85031 = 6 \text{ varillas}$$

Espaciamiento entre varillas $S = \text{Longitud} / \text{No. de varillas}$

$$S = (1,50 - (2 \times \text{rec})) / 6 = (1,50 - (2 \times 0,075)) / 6 = 0,20 \text{ m}$$

Entonces el armado de acero en sentido largo que de la forma siguiente:

Colocar varilla No. 6 @ 0,20 m + estribos No. 3 @ 0,30 ver detalle de armado en planos constructivos.

3.11. Planos constructivos

Los planos elaborados para el edificio de escuela comprenden: planta amueblada, planta acotada, elevaciones, planta de acabados, planta de electricidad, planta de drenaje, planta de instalaciones hidráulicas, planta de cimientos y distribución de columnas, planta de losas y vigas, y detalles estructurales los cuales se pueden ver en apéndice.

3.12. Presupuesto

Es un documento que permite establecer los diferentes elementos que compone el proyecto y la factibilidad de la realización del proyecto.

3.13. Mano de obra

La mano de obra calificada estará a cargo de la municipalidad de La Unión y la no calificada será proporcionada por la comunidad.

3.14. Costo total del proyecto

Para poder obtener este valor, es necesario desglosar el proyecto por renglones de trabajo los cuales separan cada uno de los componentes por unidades de acuerdo a la ejecución.

- Costo directo: se incluyen los precios de los materiales, los cuales se cotizaron en el municipio y de la mano de obra calificada y no calificada, necesarios en cada unidad de ejecución.
- Costo indirecto: es la suma de todos los gastos técnicos-administrativos. se valorizan como un porcentaje del costo directo.

Para el costo total del proyecto se debe multiplicar la cantidad de trabajo por el precio unitario de cada renglón y la sumatoria de costos totales por renglones, obteniendo un costo total de proyecto de Q 1 045 765,46 y un área de 147 m² con la que se obtiene un costo de Q 7 114,06 por m². Todos los renglones descritos anteriormente se presentan en la tabla siguiente:

Tabla XVIII. Presupuesto de escuela

Presupuesto de escuela de aldea Campanario Progreso municipio de La Unión departamento de Zacapa					
No.	descripción	cantidad	unidad	precio unitario	total
1	PRELIMINARES	155,50	m ²	Q 38,61	Q 6 003,85
2	CIMIENTO CORRIDO	52,15	ml	Q 259,78	Q 13 547,52
3	ZAPATA Z-1	7,00	unidad	Q 5 316,11	Q 37 212,77
4	ZAPATA Z-2	6,00	unidad	Q 16 08,75	Q 9 652,50
5	ZAPATA COMBINADA Z-3	7,00	unidad	Q 12 803,64	Q 89 625,48
6	COLUMNA TIPO C-1	88,20	ml	Q 929,23	Q 81 958,08
7	COLUMNA TIPO C-2	18,90	ml	Q 846,18	Q 15 992,80
8	COLUMNA TIPO C-3	37,80	ml	Q 674,27	Q 25 487,40
9	COLUMNA TIPO C-4	16,40	ml	Q 729,52	Q 11 964,12
10	COLUMNA TIPO C-5	366,70	ml	Q 158,96	Q 58 290,63
11	COLUMNA TIPO C-6	36,80	ml	Q 132,01	Q 4 857,96
12	SOLERA HIDRÓFUGA	129,60	ml	Q 144,98	Q 18 789,40
13	SOLERA DE 0.10X0.15	23,40	ml	Q 173,73	Q 4 065,28
14	SOLERA INTERMEDIA	129,60	ml	Q 144,98	Q 18 789,40
15	SOLERA FINAL	129,60	ml	Q 144,95	Q 18 785,52
16	LEVANTADO DE MURO	18,00	m ²	Q 157,43	Q 66 041,88
17	LEVANTADO DE MURO BAÑOS	18,00	m ²	Q 163,55	Q 2 943,90
18	VIGA TIPO V-1	25,00	ml	Q 738,47	Q 18 461,75
19	VIGA TIPO V-2	10,00	ml	Q 858,96	Q 8 589,60
20	VIGA TIPO V-3	10,00	ml	Q 701,74	Q 7 017,40
21	VIGA TIPO V-4	4,00	ml	Q 1 028,77	Q 4 115,08
22	VIGA TIPO V-5	21,00	ml	Q 711,12	Q 14 933,52
23	VIGA TIPO V-6	42,00	ml	Q 648,34	Q 27 230,28
24	VIGA TIPO V-7	35,00	ml	Q 541,09	Q 18 938,15
25	VIGA TIPO V-8	14,00	ml	Q 607,31	Q 8 502,34
26	VIGA TIPO V-9	63,00	ml	Q 498,70	Q 31 418,10
27	VIGA TIPO V-10	10,05	ml	Q 601,23	Q 6 042,36
28	LOSA DE GRADAS	14,30	m ²	Q 990,77	Q 14 168,01
29	LOSA DE CONCRETO	277,12	m ²	Q 916,26	Q 253 913,97
30	PISO	320,00	m ²	Q 152,77	Q 48 886,40
31	ACABADOS	1 004,72	m ²	Q 71,27	Q 71 606,39
32	INSTALACIONES SANIT. Y PLUV.	1,00	global	Q 26 038,46	Q 26 038,46
33	INSTALACIONES HIDRÁULICAS	1,00	global	Q 2 862,61	Q 2 862,61
34	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	1,00	global	Q 33 818,40	Q 33 818,40
35	VENTANERÍA Y PUERTAS	37,00	global	Q 1 482,15	Q 54 839,55
COSTO TOTAL DEL PROYECTO:					Q 1 045 765,46

Fuente: elaboración propia

Tabla XIX. Cronograma de ejecución de escuela

MES		1				2				3				4			
SEMANAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
No.	DESCRIPCIÓN																
1	TRAZO Y NIVELACIÓN	■															
2	ZANJEO	■	■														
3	RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE		■														
4	ZAPATA			■	■	■											
5	CIMIENTO CORRIDO					■	■										
6	COLUMNAS					■	■	■									
7	VIGAS								■	■	■						
8	LOSAS											■	■	■	■		
9	LEVANTADO DE BLOCK														■	■	■
10	COLOCACIÓN DE PISO														■	■	
11	INSTALACIONES ELÉCTRICAS														■	■	
12	INSTALACIÓN PUERTAS Y VENTANAS														■	■	
13	ACABADOS														■	■	■

MES		5				6				7				8			
SEMANAS		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
No.	DESCRIPCIÓN																
14	COLUMNAS NIVEL 2	■	■	■													
15	VIGAS NIVEL 2				■	■	■										
16	LOSAS NIVEL 2							■	■	■							
17	LEVANTADO DE BLOCK NIVEL 2									■	■						
18	COLOCACIÓN DE PISO NIVEL 2										■	■					
19	INSTALACIONES ELÉCTRICAS NIV. 2									■	■						
20	MODULO DE GRADAS									■	■	■					
21	INSTALACIÓN PUERTAS Y VENTANAS											■	■				
22	ACABADOS											■	■	■			
23	LIMPIEZA GENERAL												■	■			

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

1. La construcción de un sistema de agua potable vendrá a mejorar la calidad de vida de los pobladores de la aldea Joconal, ya que contará con agua entubada y principalmente con un sistema de desinfección, para evitar que se utilicen fuentes contaminadas.
2. El proyecto de agua potable en la aldea Joconal consta de un sistema de conducción por gravedad y bombeo, así como la distribución, en el cual se obtiene un valor presente neto VPN de – Q 12,486.95, debido a que es un proyecto de carácter social, sólo se le asignará una pequeña cuota a los vecinos, para el funcionamiento y operación del proyecto y un aporte de la municipalidad.
3. La edificación de una escuela del nivel primaria es de gran importancia para la población estudiantil de la aldea Campanario Progreso, ya que contarán con un lugar adecuado y provisto de los servicios básicos como instalaciones de agua potable, eléctricas y drenajes.

RECOMENDACIONES

1. En la construcción de los proyecto de agua potable y edificio escolar es de gran importancia que los materiales de construcción sean sometidos a pruebas de laboratorio para garantizar la seguridad y condiciones óptimas de éstos.
2. Se deben construir los proyectos basándose en planos constructivos y normas específicas.
3. Es importante que la municipalidad en coordinación con el Ministerio de Salud Pública, realicen una campaña educativa acerca del uso adecuado del agua potable.
4. Se debe realizar por parte de la municipalidad un mantenimiento adecuado a los distintos componentes del sistema de agua potable y el edificio escolar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto de Fomento Municipal INFOM. Unidad ejecutora del programa de acueductos UNEPAR. *Guía para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales*. Guatemala: INFOM 1997. 40 p.
2. MACCORMAC, James. NELSON, James. *Análisis de estructuras, método clásico y matricial*. 2ª ed. México: Editorial Alfa Omega, 2002. p. 292-398.
3. NILSON, Arthur H. *Diseño de Estructuras de Concreto*. USA: Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A. 1999. 300 p.
4. Oficina Sanitaria Panamericana. *Normas de diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales de Guatemala*. Guatemala: INFOM 1997. 107 p.
5. *Reglamentos para las construcciones de concreto estructural y comentarios*, ACI 318-99. Chile: 1999.

APÉNDICES

Resumen del cálculo hidráulico

Tramo		Diam.	Clase	Q	Vel.	HF	Cota piezométrica		Cota de terreno		Presión disponible		Presión estática		Dist.
DE	A	Nom. (plg)	(PSI)	(L/s)	(m/s)	(m)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	(m)
0	6	2	160	1,5	0,62	1,07	10 000	9 998,9	10000	9 996,6	0	2,27	0	3,34	135.78
6	9	2	160	1,5	0,62	0,16	9 998,9	9 996,50	9 9996,6	9 9992,6	2,27	3,88	3,34	4,03	19.71
29	32	1,5	160	1,3	0,85	2,16	10 044,9	10 042,7	10 044,9	10 037,3	0	5,33	0	7,49	115.14
32	42	0,75	160	0,7	1,52	42,16	10 042,72	9 995,23	10 037,3	9 972,3	5,33	22,93	7,49	65,09	366.38
32	53	0,75	160	0,5	1,15	12,57	10042.72	10 024,8	10 037,3	9 998,8	5,33	26,01	7,49	38,58	182.67

Fuente: elaboración propia

Horas de bombeo y consumo de energía por mes según año

HORAS DE BOMBEO Y CONSUMO DE ENERGÍA POR MES SEGÚN AÑO						
Año	Pob. Fut.	Qmd (l/s)	Qb (l/s)	Hrs. Bom.	Pot. HP	kwh/mes
2010	275	0,38	1,45	6,32	7.5	990,00
2011	282	0,39	1,45	6,48	7.5	1 014,75
2012	289	0,40	1,45	6,64	7.5	1 040,12
2013	296	0,41	1,45	6,81	7.5	1 066,12
2014	304	0,42	1,45	6,98	7.5	1 092,77
2015	311	0,43	1,45	7,15	7.5	1 120,09
2016	319	0,44	1,45	7,33	7.5	1 148,10
2017	327	0,45	1,45	7,51	7.5	1 176,80
2018	335	0,47	1,45	7,70	7.5	1 206,22
2019	343	0,48	1,45	7,90	7.5	1 236,37
2020	352	0,49	1,45	8,09	7.5	1 267,28
2021	361	0,50	1,45	8,29	7.5	1 298,97
2022	370	0,51	1,45	8,50	7.5	1 331,44
2023	379	0,53	1,45	8,71	7.5	1 364,73
2024	389	0,54	1,45	8,93	7.5	1 398,84
2025	398	0,55	1,45	9,16	7.5	1 433,82
2026	408	0,57	1,45	9,38	7.5	1 469,66
2027	418	0,58	1,45	9,62	7.5	1 506,40
2028	429	0,60	1,45	9,86	7.5	1 544,06
2029	440	0,61	1,45	10,11	7.5	1 582,66
2030	451	0,63	1,45	10,36	7.5	1 622,23
2031	462	0,64	1,45	10,62	7.5	1 622,79
2032	473	0,66	1,45	10,88	7.5	1 704,36

Fuente: elaboración propia

ANEXOS

Ensayo de compresión triaxial



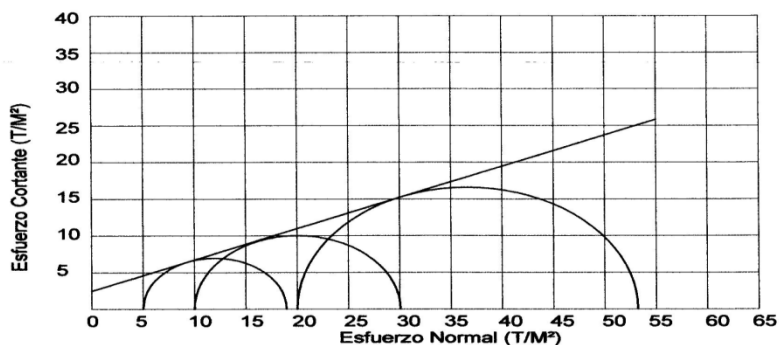
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 008546

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 286 S.S. O.T.No.: 25,527
 INTERESADO: Miguel Angel Barrera Chinchilla
 PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS
 UBICACIÓN: Aldea Campanario, Progreso del municipio de la Unión, Departamento de Zacapa
 pozo: 1 Profundidad: X m Muestra: 1
 Fecha: 10 de julio de 2009



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 14.76^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 6.20 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenoso color café
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m²)	13.95	20.07	33.22
PRESION INTERSTICIAL u(T/m²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	1.0	2.5	5.0
DENSIDAD SECA (T/m³)	0.95	0.95	0.95
DENSIDAD HUMEDA (T/m³)	1.26	1.26	1.26
HUMEDAD (%w)	29.6	29.6	29.6



Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Teléfonos:
 Centro de Investigaciones de Ingeniería
 Tels. (502) 2418-8000 ext. 88221 y 86209
 Director: (502) 2418-9115 - 2418-9121

Análisis físico-químico sanitario



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 004181

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO			
O.T. No. 25 597		INF. No. 23 725	
INTERESADO:	Miguel Angel Barrera Chinchilla (Carné No. 200010520)	PROYECTO:	EPS "Diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo en la aldea Joconal"
RECOLECTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	USAC-FACULTAD DE INGENIERÍA
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Aldea Joconal	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2009-07-17; 08 h 00 min.
FUENTE:	Nacimiento	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.:	2009-07-17; 16 h 00 min.
MUNICIPIO:	La Unión	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Zacapa		
RESULTADOS			
1. ASPECTO:	Claro	4. OLOR:	Inodora
2. COLOR:	01,00 Unidades	5. SABOR:	-----
3. TURBIEDAD:	00,50 UNT	6. potencial de Hidrógeno (pH):	06,10 unidades
		7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección)	--° C
		8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	24,00 µmhos/cm
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,30	6. CLORUROS (Cl ⁻)	06,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,00	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,05
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	01,10	8. SULFATOS (SO ₄ ⁻²)	01,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,01
5. MANGANESO (Mn)	00,017	10. DUREZA TOTAL	06,00
11. SOLIDOS TOTALES	20,00	12. SOLIDOS VOLÁTILES	04,00
13. SOLIDOS FIJOS	16,00	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	01,20
15. SOLIDOS DISUELTOS	12,00		
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)			
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	12,00	12,00

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física y química el agua cumple con la norma. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21TH EDITION 2 005, NORMA COGUANACOMIS (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 2900 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

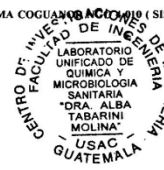
Guatemala, 2009-08-06

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



[Signature]
Zenon Miguel Santos
Ing. Químico Cbl. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Análisis bacteriológico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 004182

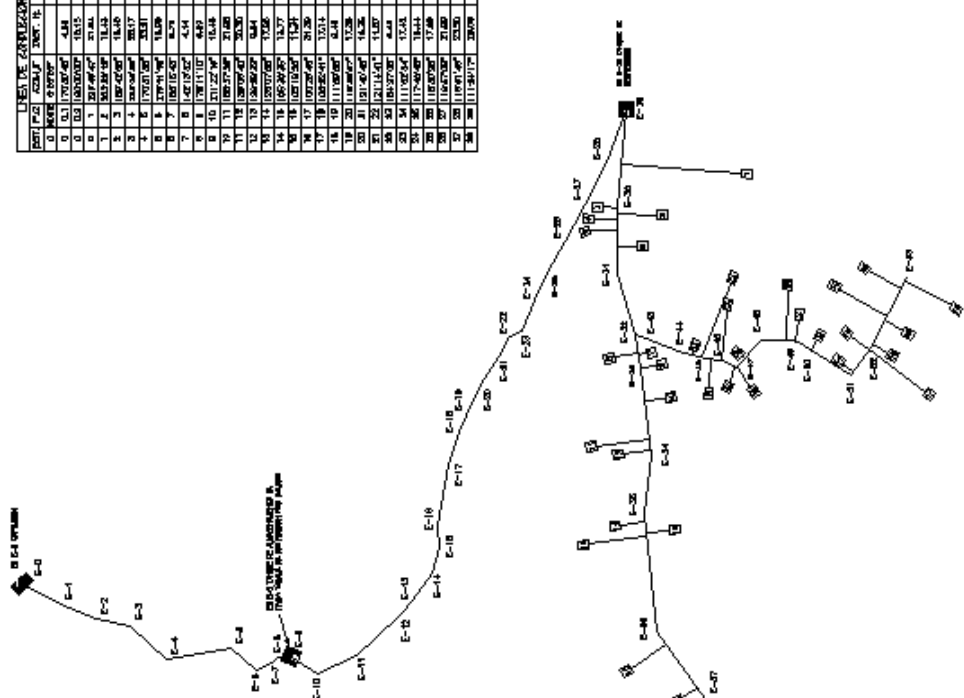
EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No.A-305 117
O.T. No. 25 597		
INTERESADO	MIGUEL ANGEL BARRERA CHIN-CHILLA (carne 200010520)	PROYECTO: EPS "Diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo Aldea Joconal"
MUESTRA RECOLECTADA POR	Interesado	DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERÍA-USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Aldea Joconal	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2009-07-17; 08 h 00 min.
FUENTE:	Nacimiento	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2009-07-17; 16 h 00 Min
MUNICIPIO:	La Unión	CONDICIONES DE TRANSPORTE: Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Zacapa	
SABOR:	-----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN No hay
ASPECTO:	Claro	COLORO RESIDUAL -----
OLOR:	Inodora	
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)		
		PRUEBA CONFIRMATIVA
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	FORMACION DE GAS
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS – 35°C	TOTAL FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++ +- - -
01,00 cm ³	+ + - - -	+ + - -
00,10 cm ³	+ - - - -	+ -
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		70 4
<p>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.</p> <p>OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I. Calidad bacteriológica que exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua. Guatemala, 2009 -08-06</p>		
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		 Zelmira Muñoz Santos Ing. Químico Cel. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



CONSIDERACIONES TÉCNICAS

1. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
2. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
3. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
4. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
5. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
6. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
7. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
8. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
9. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
10. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
11. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
12. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
13. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
14. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
15. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
16. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
17. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
18. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
19. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.
20. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE EN EL PAÍS.




RED DE DISTRIBUCION

POST	PC	ANALIT	DETE. N.	DATA
0	0	0	0	000000
1	1	1	1	000001
2	2	2	2	000002
3	3	3	3	000003
4	4	4	4	000004
5	5	5	5	000005
6	6	6	6	000006
7	7	7	7	000007
8	8	8	8	000008
9	9	9	9	000009
10	10	10	10	000010
11	11	11	11	000011
12	12	12	12	000012
13	13	13	13	000013
14	14	14	14	000014
15	15	15	15	000015
16	16	16	16	000016
17	17	17	17	000017
18	18	18	18	000018
19	19	19	19	000019
20	20	20	20	000020
21	21	21	21	000021
22	22	22	22	000022
23	23	23	23	000023
24	24	24	24	000024
25	25	25	25	000025
26	26	26	26	000026
27	27	27	27	000027
28	28	28	28	000028
29	29	29	29	000029
30	30	30	30	000030
31	31	31	31	000031
32	32	32	32	000032
33	33	33	33	000033
34	34	34	34	000034
35	35	35	35	000035
36	36	36	36	000036
37	37	37	37	000037
38	38	38	38	000038
39	39	39	39	000039
40	40	40	40	000040

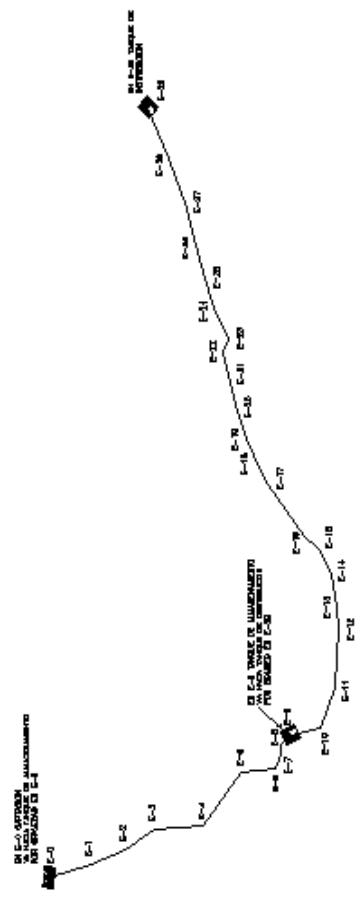
LISTADO DE SERVICIOS

POST	PC	ANALIT	DETE. N.	DATA
0	0	0	0	000000
1	1	1	1	000001
2	2	2	2	000002
3	3	3	3	000003
4	4	4	4	000004
5	5	5	5	000005
6	6	6	6	000006
7	7	7	7	000007
8	8	8	8	000008
9	9	9	9	000009
10	10	10	10	000010
11	11	11	11	000011
12	12	12	12	000012
13	13	13	13	000013
14	14	14	14	000014
15	15	15	15	000015
16	16	16	16	000016
17	17	17	17	000017
18	18	18	18	000018
19	19	19	19	000019
20	20	20	20	000020
21	21	21	21	000021
22	22	22	22	000022
23	23	23	23	000023
24	24	24	24	000024
25	25	25	25	000025
26	26	26	26	000026
27	27	27	27	000027
28	28	28	28	000028
29	29	29	29	000029
30	30	30	30	000030
31	31	31	31	000031
32	32	32	32	000032
33	33	33	33	000033
34	34	34	34	000034
35	35	35	35	000035
36	36	36	36	000036
37	37	37	37	000037
38	38	38	38	000038
39	39	39	39	000039
40	40	40	40	000040

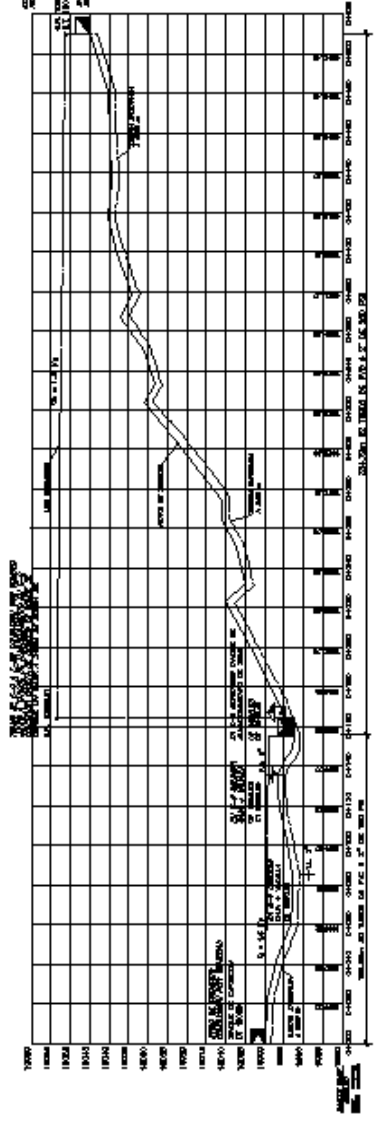


Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Construcción, Electrónica,
Instalación de Agua Potable, Agua Saneamiento
Municipalidad de La Unión
Paseo General

2023-10-23
Escuela de Ingeniería
Municipalidad de La Unión
Paseo General

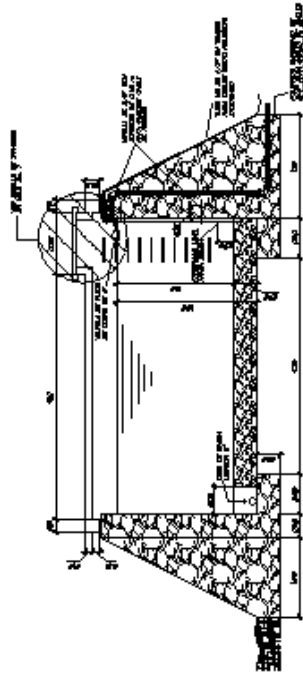
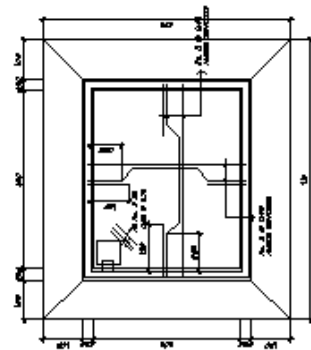
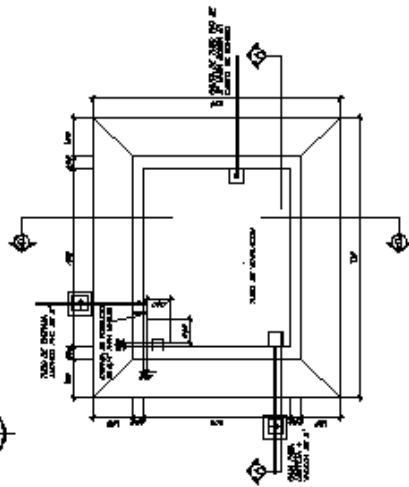


ABRIGADO	ACERQUE
+	SEÑALIZACION
E-1	SEÑALIZACION DE LA CARRETERA
E-2	SEÑALIZACION
E-3	SEÑALIZACION
E-4	SEÑALIZACION
E-5	SEÑALIZACION
E-6	SEÑALIZACION
E-7	SEÑALIZACION
E-8	SEÑALIZACION
E-9	SEÑALIZACION
E-10	SEÑALIZACION
E-11	SEÑALIZACION
E-12	SEÑALIZACION
E-13	SEÑALIZACION
E-14	SEÑALIZACION
E-15	SEÑALIZACION
E-16	SEÑALIZACION
E-17	SEÑALIZACION
E-18	SEÑALIZACION
E-19	SEÑALIZACION
E-20	SEÑALIZACION
E-21	SEÑALIZACION
E-22	SEÑALIZACION
E-23	SEÑALIZACION
E-24	SEÑALIZACION
E-25	SEÑALIZACION
E-26	SEÑALIZACION
E-27	SEÑALIZACION
E-28	SEÑALIZACION



CONSEJO DE ADMINISTRACION DE LA GUAYANA
MUNICIPALIDAD DE LA GUAYANA

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingenieros Escuela Profesional de Ingenieros Ingenieros de la Guayana, 1984
Nombre:	Manizales de la Guayana
Fecha:	2020-10-20
Escuela:	Ingenieros de la Guayana
Curso:	Ingenieros de la Guayana
Alumno:	[Redacted]



SECCION TRANSVERSAL DE MANTENIMIENTO DE 2.50 M DE ANCHO

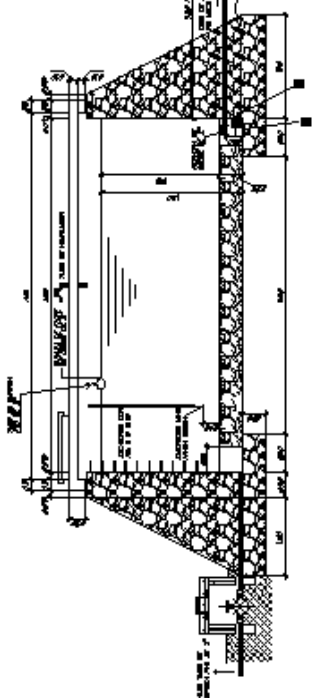
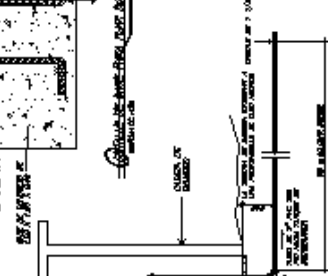
SECCION TRANSVERSAL DE MANTENIMIENTO DE 2.50 M DE ANCHO

SECCION TRANSVERSAL DE MANTENIMIENTO DE 2.50 M DE ANCHO

SECCION TRANSVERSAL DE MANTENIMIENTO DE 2.50 M DE ANCHO

SECCION TRANSVERSAL DE MANTENIMIENTO DE 2.50 M DE ANCHO

- INDICACIONES DE INSTALACION DE BARRAS
1. VERIFICAR ANTES DE LA OBRA LA POSICION DE LAS BARRAS.
 2. COLOCAR LAS BARRAS EN SU POSICION CORRECTA.
 3. EN CASO DE ROTURA DE LAS BARRAS, REEMPLAZARLAS POR OTRAS DE MISMA CALIDAD Y SECCION.
 4. LAS BARRAS DEBEN QUEDAR SIN ENTORQUE EN SU EXTREMIDAD.
 5. LAS BARRAS DEBEN QUEDAR SIN ENTORQUE EN SU EXTREMIDAD.
 6. LAS BARRAS DEBEN QUEDAR SIN ENTORQUE EN SU EXTREMIDAD.
 7. LAS BARRAS DEBEN QUEDAR SIN ENTORQUE EN SU EXTREMIDAD.
 8. LAS BARRAS DEBEN QUEDAR SIN ENTORQUE EN SU EXTREMIDAD.
 9. LAS BARRAS DEBEN QUEDAR SIN ENTORQUE EN SU EXTREMIDAD.
 10. LAS BARRAS DEBEN QUEDAR SIN ENTORQUE EN SU EXTREMIDAD.



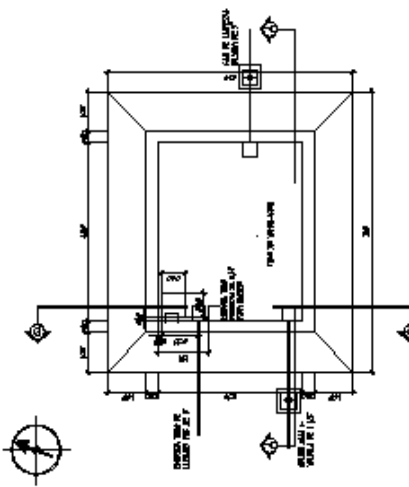
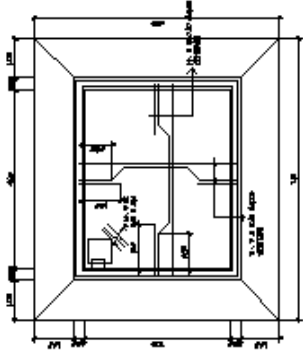
SECCION TRANSVERSAL DE MANTENIMIENTO DE 2.50 M DE ANCHO

UNIVERSIDAD DEL CARIBE DE GUAYAMA
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Electrónica, Electrónica
 Introducción al agua potable, agua potable
 Facultad de la UCR
 Plan de estudios de asignaturas - mecánica
 y agua de canal de bombeo.

1000-10000
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Electrónica, Electrónica
 Introducción al agua potable, agua potable
 Facultad de la UCR
 Plan de estudios de asignaturas - mecánica
 y agua de canal de bombeo.

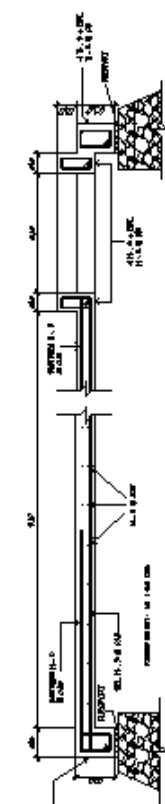
1000-10000
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Electrónica, Electrónica
 Introducción al agua potable, agua potable
 Facultad de la UCR
 Plan de estudios de asignaturas - mecánica
 y agua de canal de bombeo.

- ESPECIFICACIONES**
1. MATERIALES: LOS MATERIALES DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE CALIDAD, DEBEN SER DE TIPO NACIONAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 2. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 3. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 4. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 5. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 6. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 7. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 8. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 9. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.
 10. LA OBRA DEBEN SER DE TIPO COMERCIAL Y DE TIPO COMERCIAL.



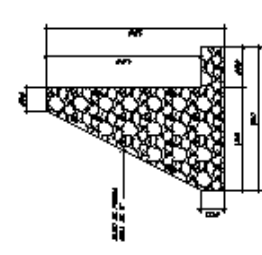
PLANO DE FONDO DE LA TORRE DE ESTABILIZACION DE 30 MP

PLANO DE FONDO DE LA TORRE DE ESTABILIZACION DE 30 MP

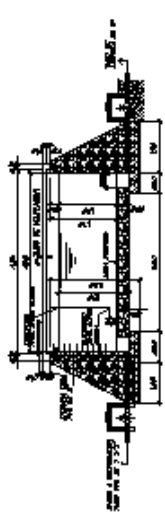


SECCION TRANSVERSAL DE LA TORRE DE 30 MP

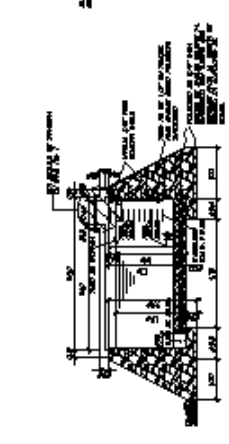
SECCION TRANSVERSAL DE LA TORRE DE 30 MP



SECCION TRANSVERSAL DE LA TORRE DE 30 MP

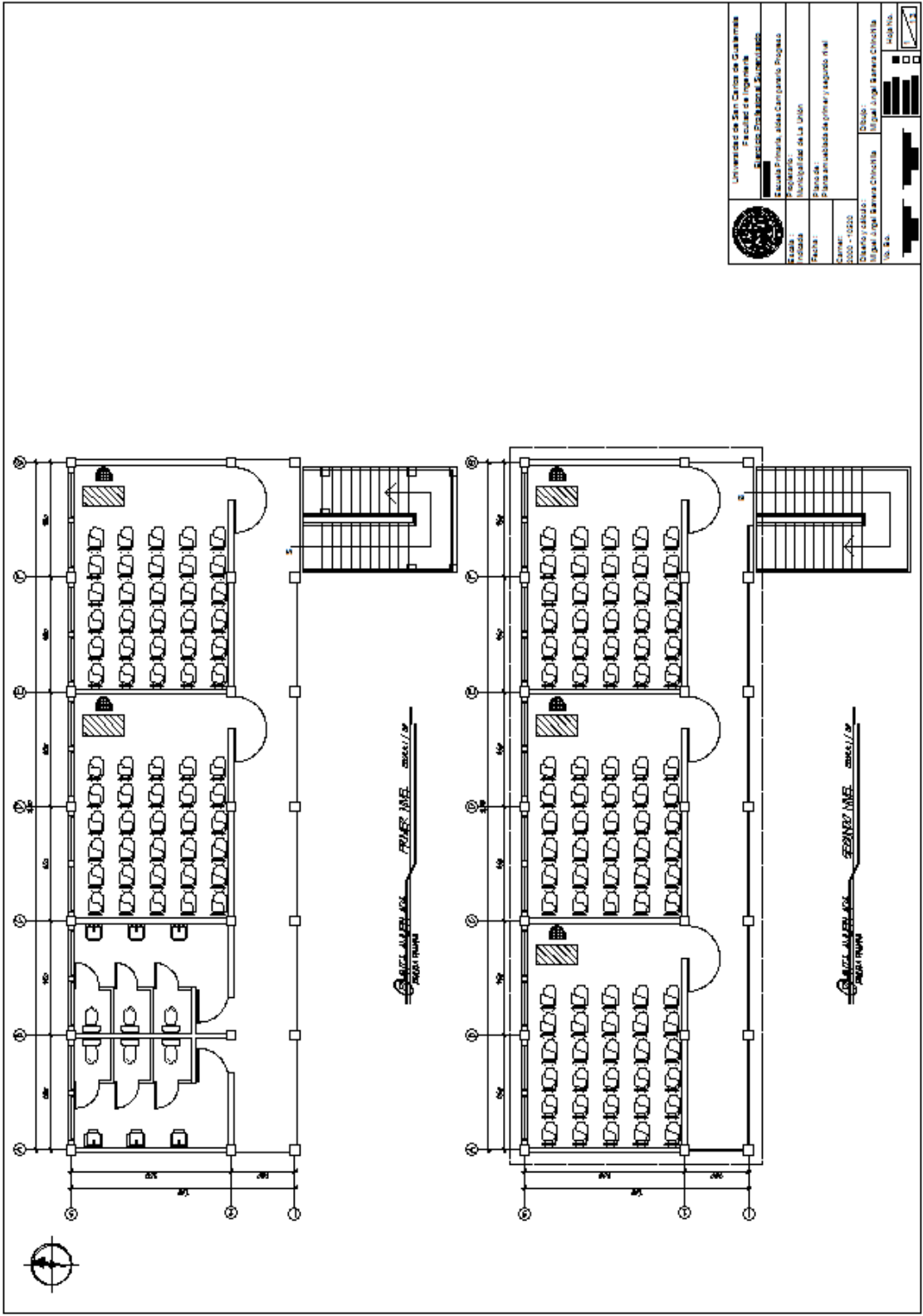



SECCION TRANSVERSAL DE LA TORRE DE 30 MP



SECCION TRANSVERSAL DE LA TORRE DE 30 MP

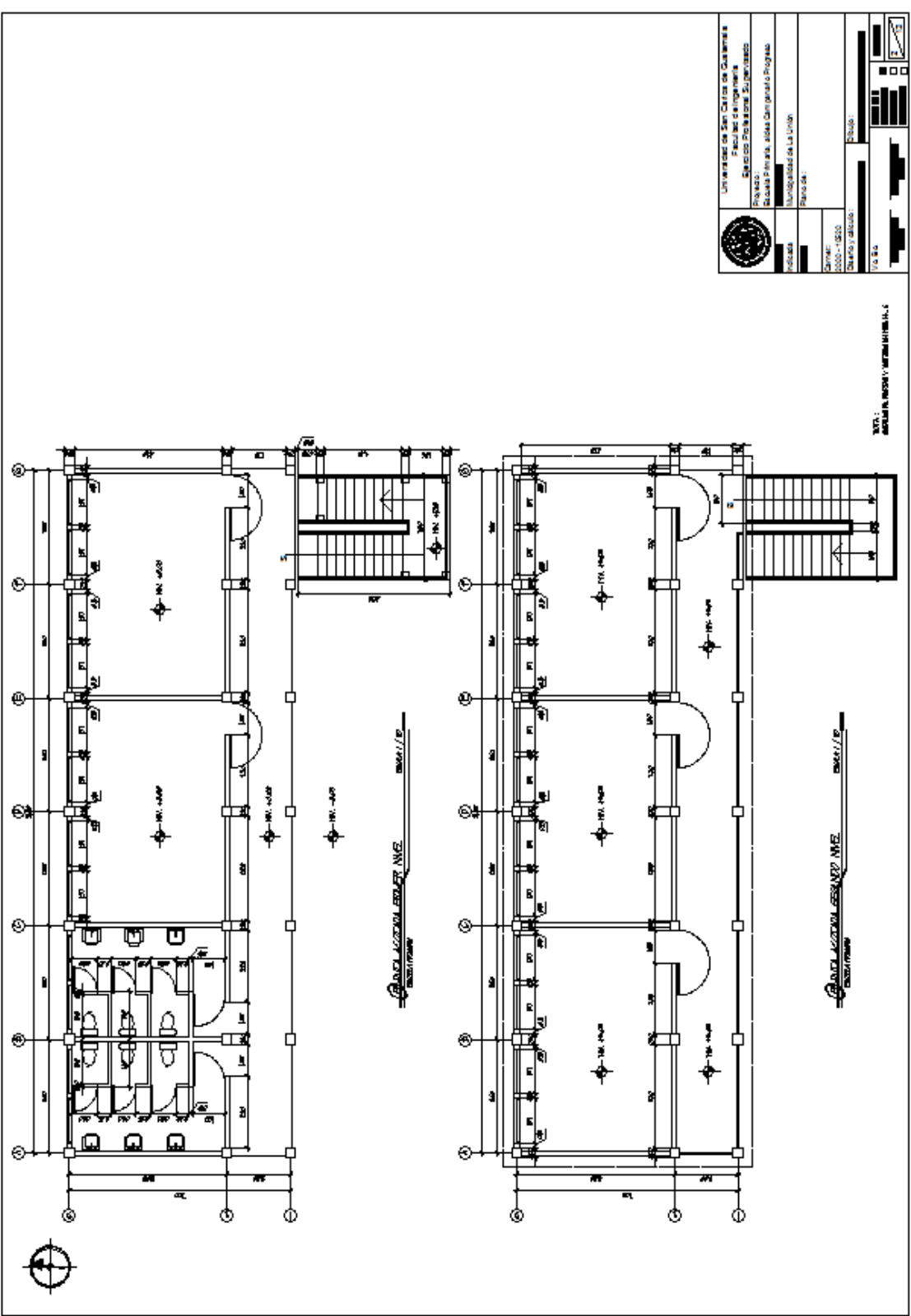
	Universidad de San Carlos de Guatemala
	Escuela de Ingeniería Civil
	Municipalidad de La Unión
	Proyectos y Asesoría de Obras - Obras
Proyecto: [Redacted] Ubicación: [Redacted] Fecha: [Redacted]	
Autor: [Redacted] Asesor: [Redacted]	
Escala: 1:100	
Título: [Redacted]	
No. de Hoja: [Redacted]	




 Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Arquitectura y Urbanismo	
Título: Plan de aula	Proyecto: Plan de aula para el primer y segundo año
Fecha: 2020 - 2022	Lugar: Universidad de San Carlos de Guatemala
Autor: [Nombre del autor]	Escala: 1:50

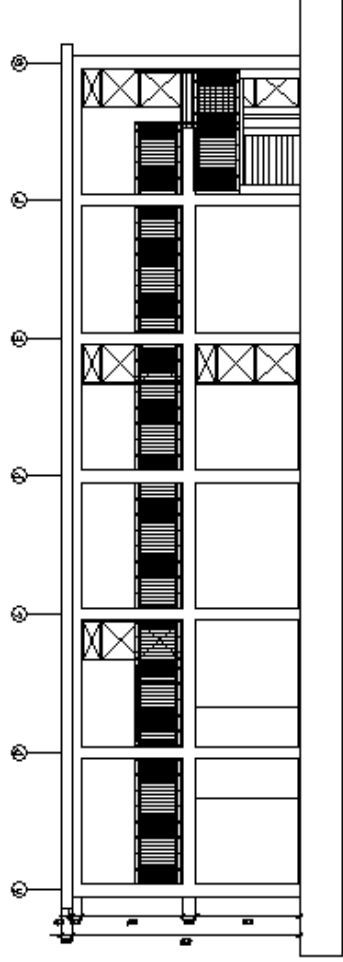

 ARQUITECTURA
 FERNANDEZ MORALES
 2020/2022


 ARQUITECTURA
 FERNANDEZ MORALES
 2020/2022

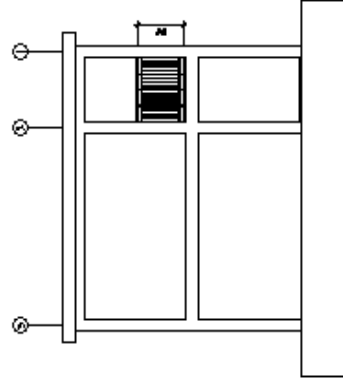


	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería	
	Proyecto: Escuela Primaria, Aldea San Juan La Pradera	
Escala: 1:50	Lugar: Municipio de La Unión	Fecha: 2020-12-20
Autor: Daniel García	Título: Plano de	Hoja: 1 de 1

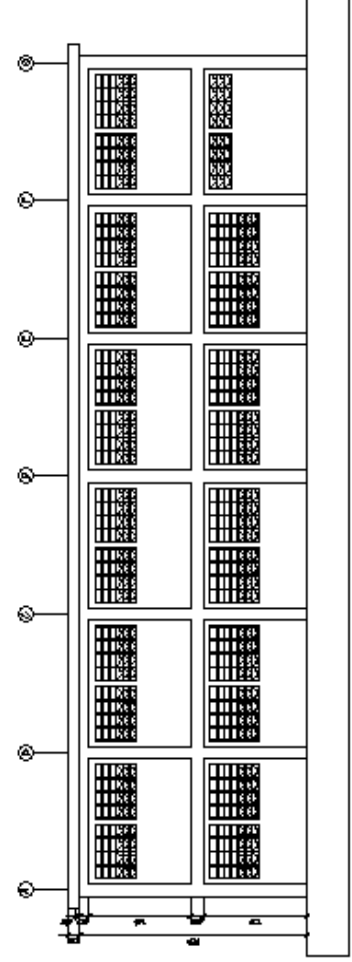
NOTA:
 CONSULTAR PLANOS Y MEMORIA TÉCNICA



SECCION A-A

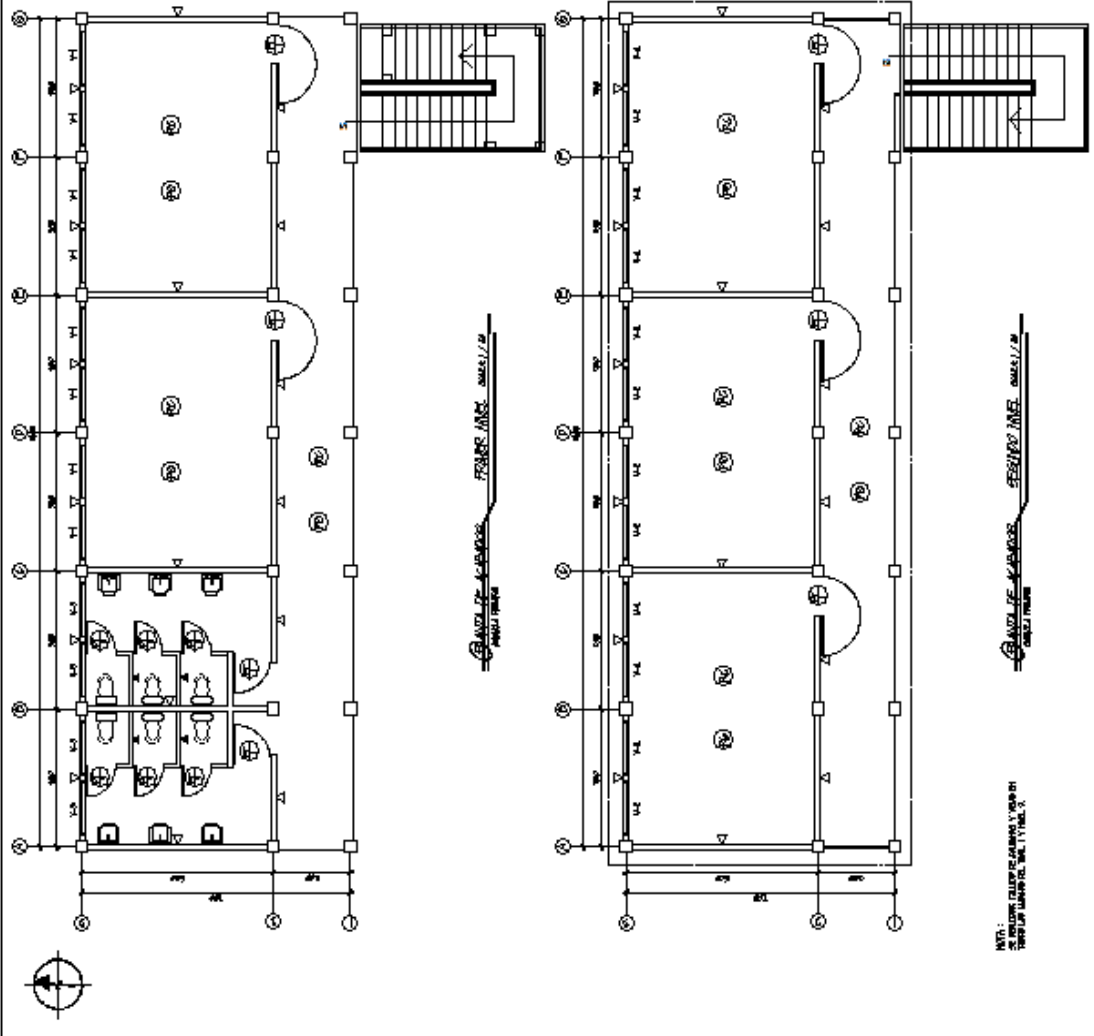


SECCION T-T



SECCION V-V

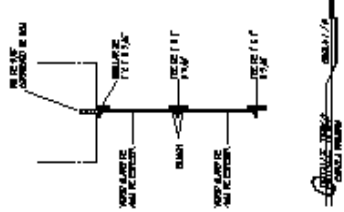
	Universidad del Cauca - Sede de Cali	
	Facultad de Arquitectura	
Proyecto: Edificio de la Facultad de Arquitectura		
Revisor: [Redacted]		
Autor: [Redacted]		
Escala: [Redacted]		
Fecha: [Redacted]		
Hoja: [Redacted]		
Total: [Redacted]		
Escala: [Redacted]		
Fecha: [Redacted]		
Hoja: [Redacted]		
Total: [Redacted]		




FAMILIA DE VENTILAS	
TIPO	VENTILADOR
VT-1	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M
VT-2	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M
VT-3	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M

FAMILIA DE VENTILAS	
TIPO	VENTILADOR
VT-1	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M
VT-2	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M
VT-3	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M

FAMILIA DE VENTILAS	
TIPO	VENTILADOR
VT-1	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M
VT-2	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M
VT-3	VENTILADOR DE TUBO DE 1.50 M x 1.50 M x 1.50 M



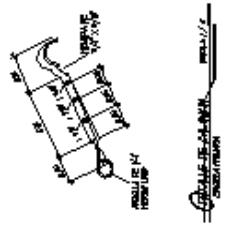
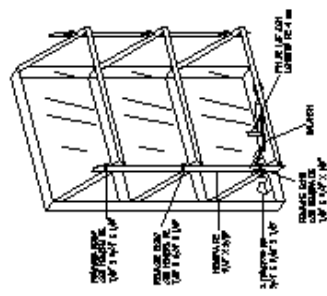
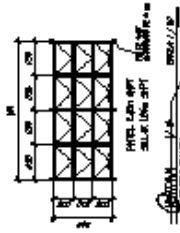
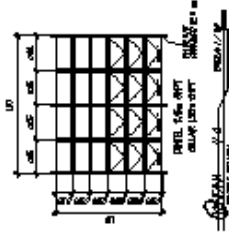
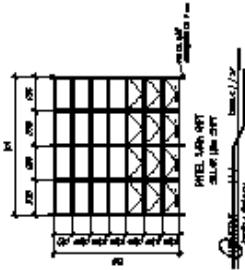

 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Ing. Juan Carlos Chivalla
 Ing. Juan Carlos Chivalla

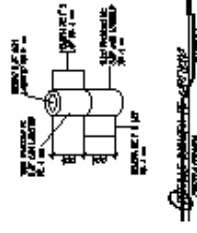
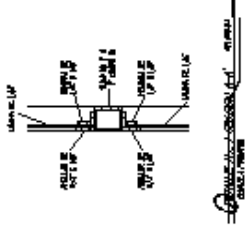
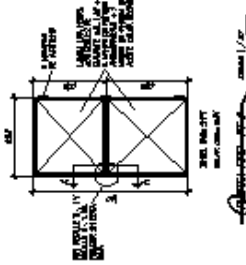
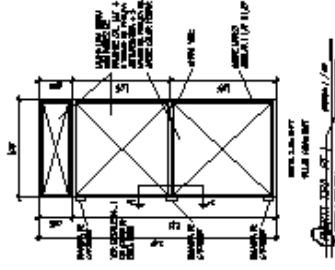
NOTA:
 SE INCLUYE TABLA DE CARGAS Y VEDOS EN
 EL ANEXO 1 DEL PROYECTO.

FERRIS LINE
 0.0000 / 0.0000

FERRIS LINE
 0.0000 / 0.0000



NOTA: LAS COLUMNAS DE LA PLANTA DE ARRIBA DEBEN SER DE TIPO PERFORADO Y LAS COLUMNAS DE LA PLANTA DE ARRIBA DEBEN SER DE TIPO PERFORADO.



NOTA: LAS COLUMNAS DE LA PLANTA DE ARRIBA DEBEN SER DE TIPO PERFORADO Y LAS COLUMNAS DE LA PLANTA DE ARRIBA DEBEN SER DE TIPO PERFORADO.

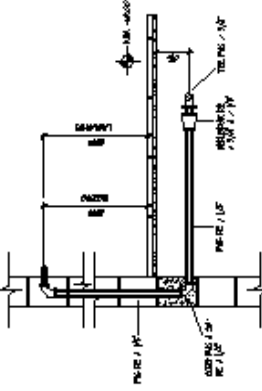


Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela Civil de Ingeniería	
Proyecto: Municipalidad de La Unión	
Plano: 08 Plano estructural de primer y segundo nivel	
Fecha: 2018	
Lugar: San Carlos, Guatemala	
Escala: 1:100	
Autor: [Redacted]	
Revisor: [Redacted]	
Aprobado: [Redacted]	

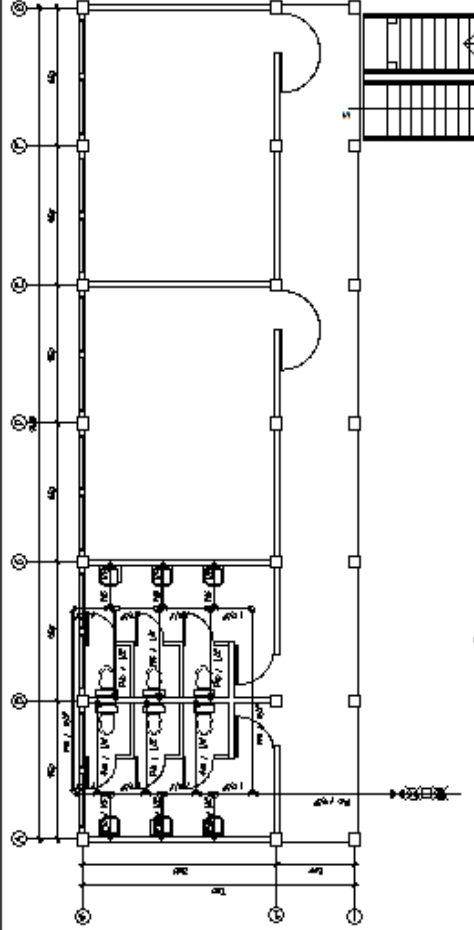
MATERIALES		DESCRIPCIÓN	
REJALTO	□	ACERVO	
	⊗	USO DE CÁMERA	
	⊗	USO DE PISO	
	⊗	ACERVO	
	⊗	USO DE ADA (WHEELING / RAMP)	
	⊗	USO DE 1° NORMAL	
	⊗	USO DE 2° NORMAL	
	⊗	USO DE 3° NORMAL	



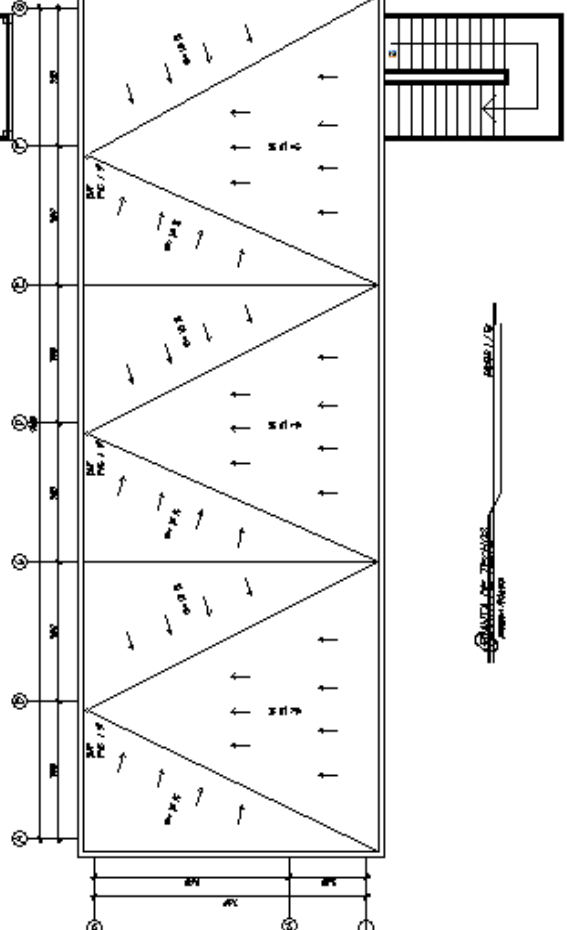
ANÁLISIS DE USABILIDAD DE INSTALACIÓN BARRERA



ANÁLISIS DE USABILIDAD DE BARRERA EN LA INTERSECCIÓN



ANÁLISIS DE USABILIDAD DE INSTALACIÓN PRIMER PISO



ANÁLISIS DE USABILIDAD DE BARRERA SEGUNDO PISO

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Escuela Profesional de Ingeniería
 Escuela Profesional de Ingeniería
 Municipalidad de la URB

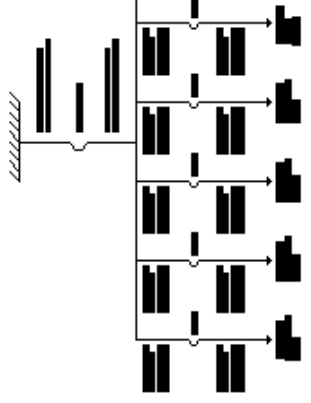
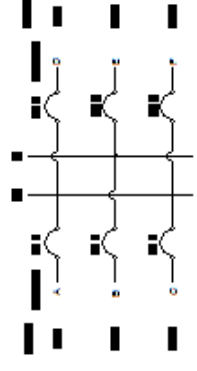
Nombre	
Matrícula	
Fecha	
Curso	
Asignatura	
Profesor	
Alumno	
Calificación	
Observaciones	




LEYENDA	
□	RECEPTOR
—	TRAYECTO DE INSTALACION
—	LAMPARA FLUORESCENTE DE 320 W. 2x40 TUBO
—	LAMPARA FLUORESCENTE DE 110 W. 2x30 TUBO
□	SWITCH DE CONTROL
—	ALAMBRE DE TENSION ALAMBRE #12
—	ALAMBRE GALVANIZADO #12
—	CONDUCTOR MULTIFILAMENTO #12
—	CONDUCTOR MULTIFILAMENTO #14
—	TUBERIA PVC ELECTRICA DE 3/4" EN GRILLO

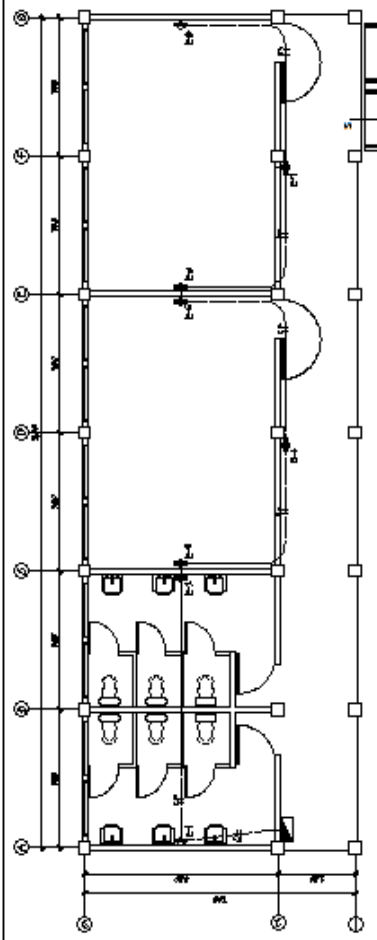
LEYENDA		RECEPTOR		LAMPARA		TRAYECTO DE INSTALACION		LAMPARA FLUORESCENTE DE 320 W. 2x40 TUBO		LAMPARA FLUORESCENTE DE 110 W. 2x30 TUBO	
1	A	1	SW	1	SW	1	A	1	B	1	SW
2	B	1	SW	1	SW	1	B	1	C	1	SW
3	C	1	SW	1	SW	1	C	1	D	1	SW
4	D	1	SW	1	SW	1	D	1	E	1	SW
5	E	1	SW	1	SW	1	E	1	F	1	SW
6	F	1	SW	1	SW	1	F	1	G	1	SW
7	G	1	SW	1	SW	1	G	1	H	1	SW
8	H	1	SW	1	SW	1	H	1	I	1	SW
9	I	1	SW	1	SW	1	I	1	J	1	SW
10	J	1	SW	1	SW	1	J	1	K	1	SW
11	K	1	SW	1	SW	1	K	1	L	1	SW
12	L	1	SW	1	SW	1	L	1	M	1	SW
13	M	1	SW	1	SW	1	M	1	N	1	SW
14	N	1	SW	1	SW	1	N	1	O	1	SW
15	O	1	SW	1	SW	1	O	1	P	1	SW
16	P	1	SW	1	SW	1	P	1	Q	1	SW
17	Q	1	SW	1	SW	1	Q	1	R	1	SW
18	R	1	SW	1	SW	1	R	1	S	1	SW
19	S	1	SW	1	SW	1	S	1	T	1	SW
20	T	1	SW	1	SW	1	T	1	U	1	SW
21	U	1	SW	1	SW	1	U	1	V	1	SW
22	V	1	SW	1	SW	1	V	1	W	1	SW
23	W	1	SW	1	SW	1	W	1	X	1	SW
24	X	1	SW	1	SW	1	X	1	Y	1	SW
25	Y	1	SW	1	SW	1	Y	1	Z	1	SW
26	Z	1	SW	1	SW	1	Z	1	AA	1	SW
27	AA	1	SW	1	SW	1	AA	1	AB	1	SW
28	AB	1	SW	1	SW	1	AB	1	AC	1	SW
29	AC	1	SW	1	SW	1	AC	1	AD	1	SW
30	AD	1	SW	1	SW	1	AD	1	AE	1	SW
31	AE	1	SW	1	SW	1	AE	1	AF	1	SW
32	AF	1	SW	1	SW	1	AF	1	AG	1	SW
33	AG	1	SW	1	SW	1	AG	1	AH	1	SW
34	AH	1	SW	1	SW	1	AH	1	AI	1	SW
35	AI	1	SW	1	SW	1	AI	1	AJ	1	SW
36	AJ	1	SW	1	SW	1	AJ	1	AK	1	SW
37	AK	1	SW	1	SW	1	AK	1	AL	1	SW
38	AL	1	SW	1	SW	1	AL	1	AM	1	SW
39	AM	1	SW	1	SW	1	AM	1	AN	1	SW
40	AN	1	SW	1	SW	1	AN	1	AO	1	SW
41	AO	1	SW	1	SW	1	AO	1	AP	1	SW
42	AP	1	SW	1	SW	1	AP	1	AQ	1	SW
43	AQ	1	SW	1	SW	1	AQ	1	AR	1	SW
44	AR	1	SW	1	SW	1	AR	1	AS	1	SW
45	AS	1	SW	1	SW	1	AS	1	AT	1	SW
46	AT	1	SW	1	SW	1	AT	1	AU	1	SW
47	AU	1	SW	1	SW	1	AU	1	AV	1	SW
48	AV	1	SW	1	SW	1	AV	1	AW	1	SW
49	AW	1	SW	1	SW	1	AW	1	AX	1	SW
50	AX	1	SW	1	SW	1	AX	1	AY	1	SW
51	AY	1	SW	1	SW	1	AY	1	AZ	1	SW
52	AZ	1	SW	1	SW	1	AZ	1	BA	1	SW
53	BA	1	SW	1	SW	1	BA	1	BB	1	SW
54	BB	1	SW	1	SW	1	BB	1	BC	1	SW
55	BC	1	SW	1	SW	1	BC	1	BD	1	SW
56	BD	1	SW	1	SW	1	BD	1	BE	1	SW
57	BE	1	SW	1	SW	1	BE	1	BF	1	SW
58	BF	1	SW	1	SW	1	BF	1	BG	1	SW
59	BG	1	SW	1	SW	1	BG	1	BH	1	SW
60	BH	1	SW	1	SW	1	BH	1	BI	1	SW
61	BI	1	SW	1	SW	1	BI	1	BJ	1	SW
62	BJ	1	SW	1	SW	1	BJ	1	BK	1	SW
63	BK	1	SW	1	SW	1	BK	1	BL	1	SW
64	BL	1	SW	1	SW	1	BL	1	BM	1	SW
65	BM	1	SW	1	SW	1	BM	1	BN	1	SW
66	BN	1	SW	1	SW	1	BN	1	BO	1	SW
67	BO	1	SW	1	SW	1	BO	1	BP	1	SW
68	BP	1	SW	1	SW	1	BP	1	BQ	1	SW
69	BQ	1	SW	1	SW	1	BQ	1	BR	1	SW
70	BR	1	SW	1	SW	1	BR	1	BS	1	SW
71	BS	1	SW	1	SW	1	BS	1	BT	1	SW
72	BT	1	SW	1	SW	1	BT	1	BU	1	SW
73	BU	1	SW	1	SW	1	BU	1	BV	1	SW
74	BV	1	SW	1	SW	1	BV	1	BW	1	SW
75	BW	1	SW	1	SW	1	BW	1	BX	1	SW
76	BX	1	SW	1	SW	1	BX	1	BY	1	SW
77	BY	1	SW	1	SW	1	BY	1	BZ	1	SW
78	BZ	1	SW	1	SW	1	BZ	1	CA	1	SW
79	CA	1	SW	1	SW	1	CA	1	CB	1	SW
80	CB	1	SW	1	SW	1	CB	1	CC	1	SW
81	CC	1	SW	1	SW	1	CC	1	CD	1	SW
82	CD	1	SW	1	SW	1	CD	1	CE	1	SW
83	CE	1	SW	1	SW	1	CE	1	CF	1	SW
84	CF	1	SW	1	SW	1	CF	1	CG	1	SW
85	CG	1	SW	1	SW	1	CG	1	CH	1	SW
86	CH	1	SW	1	SW	1	CH	1	CI	1	SW
87	CI	1	SW	1	SW	1	CI	1	CJ	1	SW
88	CJ	1	SW	1	SW	1	CJ	1	CK	1	SW
89	CK	1	SW	1	SW	1	CK	1	CL	1	SW
90	CL	1	SW	1	SW	1	CL	1	CM	1	SW
91	CM	1	SW	1	SW	1	CM	1	CN	1	SW
92	CN	1	SW	1	SW	1	CN	1	CO	1	SW
93	CO	1	SW	1	SW	1	CO	1	CP	1	SW
94	CP	1	SW	1	SW	1	CP	1	CQ	1	SW
95	CQ	1	SW	1	SW	1	CQ	1	CR	1	SW
96	CR	1	SW	1	SW	1	CR	1	CS	1	SW
97	CS	1	SW	1	SW	1	CS	1	CT	1	SW
98	CT	1	SW	1	SW	1	CT	1	CU	1	SW
99	CU	1	SW	1	SW	1	CU	1	CV	1	SW
100	CV	1	SW	1	SW	1	CV	1	CW	1	SW
101	CW	1	SW	1	SW	1	CW	1	CX	1	SW
102	CX	1	SW	1	SW	1	CX	1	CY	1	SW
103	CY	1	SW	1	SW	1	CY	1	CZ	1	SW
104	CZ	1	SW	1	SW	1	CZ	1	DA	1	SW
105	DA	1	SW	1	SW	1	DA	1	DB	1	SW
106	DB	1	SW	1	SW	1	DB	1	DC	1	SW
107	DC	1	SW	1	SW	1	DC	1	DD	1	SW
108	DD	1	SW	1	SW	1	DD	1	DE	1	SW
109	DE	1	SW	1	SW	1	DE	1	DF	1	SW
110	DF	1	SW	1	SW	1	DF	1	DG	1	SW
111	DG	1	SW	1	SW	1	DG	1	DH	1	SW
112	DH	1	SW	1	SW	1	DH	1	DI	1	SW
113	DI	1	SW	1	SW	1	DI	1	DJ	1	SW
114	DJ	1	SW	1	SW	1	DJ	1	DK	1	SW
115	DK	1	SW	1	SW	1	DK	1	DL	1	SW
116	DL	1	SW	1	SW	1	DL	1	DM	1	SW
117	DM	1	SW	1	SW	1	DM	1	DN	1	SW
118	DN	1	SW	1	SW	1	DN	1	DO	1	SW
119	DO	1	SW	1	SW	1	DO	1	DP	1	SW
120	DP	1	SW	1	SW	1	DP	1	DQ	1	SW
121	DQ	1	SW	1	SW	1	DQ	1	DR	1	SW
122	DR	1	SW	1	SW	1	DR	1	DS	1	SW
123	DS	1	SW	1	SW	1	DS	1	DT	1	SW
124	DT	1	SW	1	SW	1	DT	1	DU	1	SW
125	DU	1	SW	1	SW	1	DU	1	DV	1	SW
126	DV	1	SW	1	SW	1	DV	1	DW	1	SW
127	DW	1	SW	1	SW	1	DW	1	DX	1	SW
128	DX	1	SW	1	SW	1	DX	1	DY	1	SW
129	DY	1	SW	1	SW	1	DY	1	DZ	1	SW

MATERIALES	
PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD
TRANSPORTE DUBLE A DUBIN NPT.	
TUBERIA POLIETILENO SERRADA 1/2"	
MARCA ALFARO CUBIC II	
MARCA ALFARO CUBIC II	

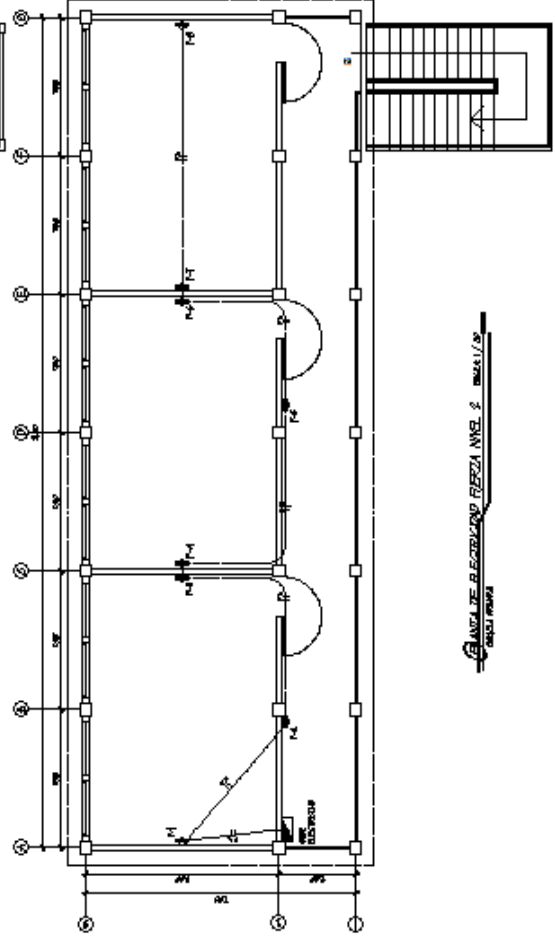


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

 Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ingeniería en Electricidad	
Escuela:	Ingeniería
Fecha:	15 de mayo de 2010
Curso:	Instalación de sistemas eléctricos de fuerza
Nombre del alumno:	[Redacted]
Nombre del profesor:	[Redacted]
Nombre del curso:	Instalación de sistemas eléctricos de fuerza
Nombre del profesor:	[Redacted]
Nombre del curso:	Instalación de sistemas eléctricos de fuerza

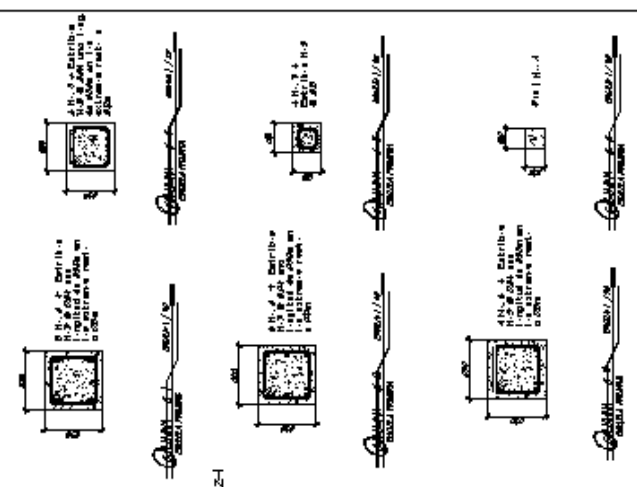
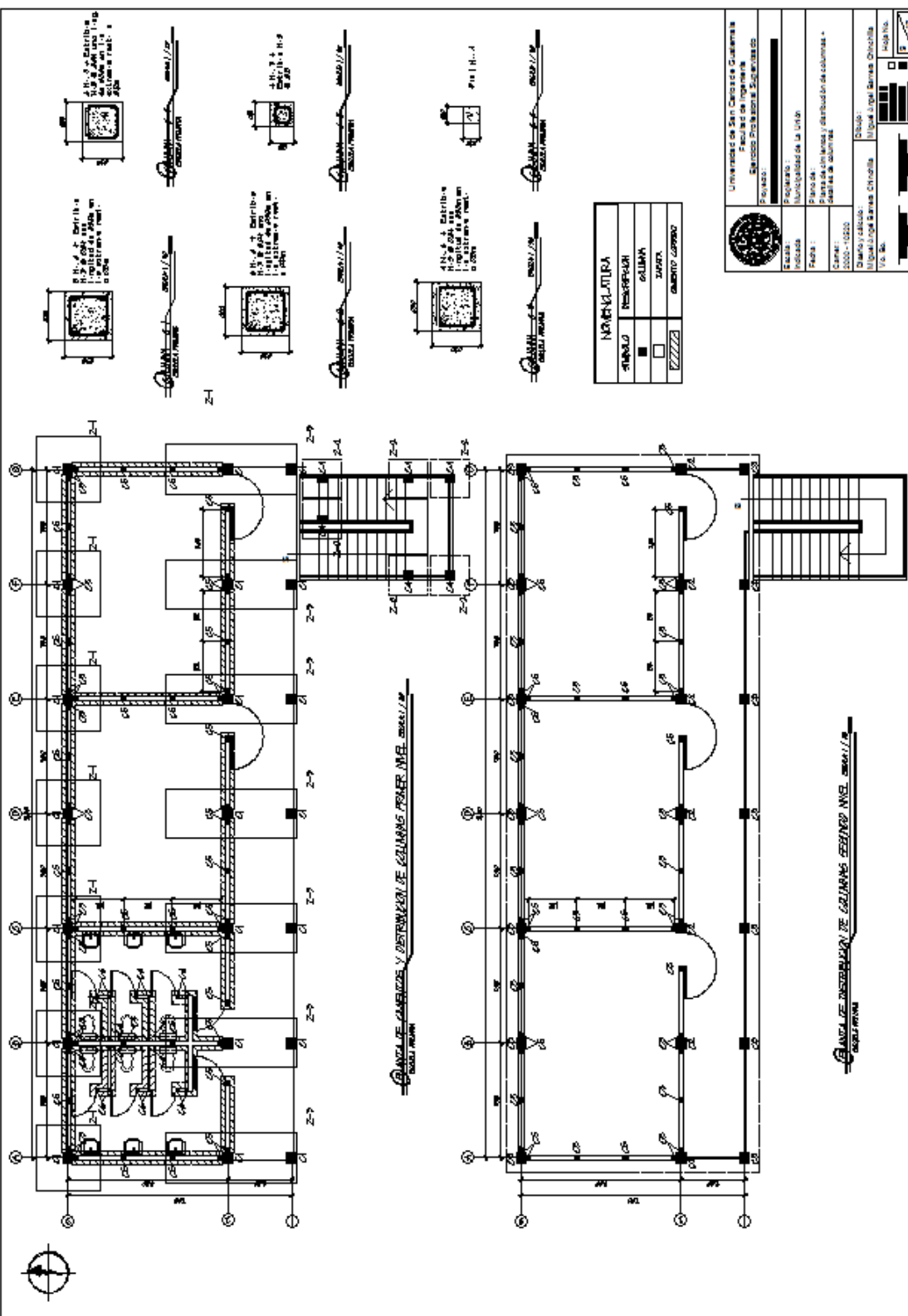


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA EN ELECTRICIDAD



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA EN ELECTRICIDAD





NOMENCLATURA	
■	REINFORZO
□	COLUMNA
▤	TRAMPA
▨	CANTONERA

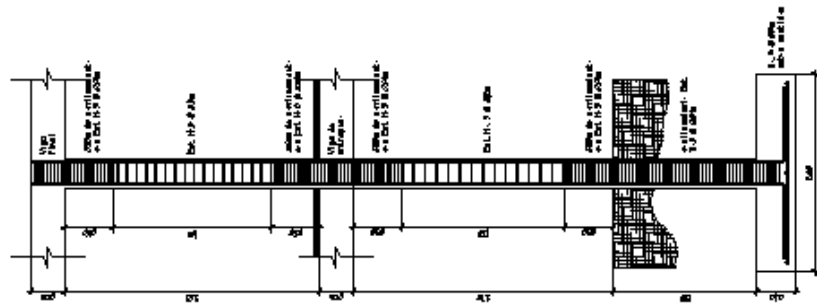
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Escuela de Ingeniería Civil

Programa :
 Ingeniería Civil
 Materia :
 Estructuras II
 Fecha :
 2023-10-20
 Autor :
 MSc. Carlos A. López

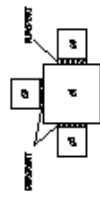
Título :
 Proyecto de Estructura de un Edificio de 3 Niveles para Oficinas y Almacén

Lugar :
 Guatemala, Guatemala

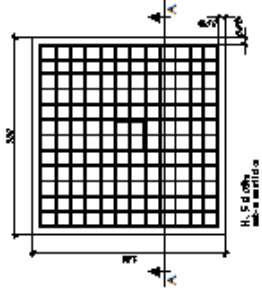




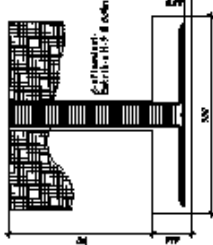
ARMADO DE CEMENTO
ARMADO DE ACERO
ARMADO DE ALAMBRE DE CIERRE



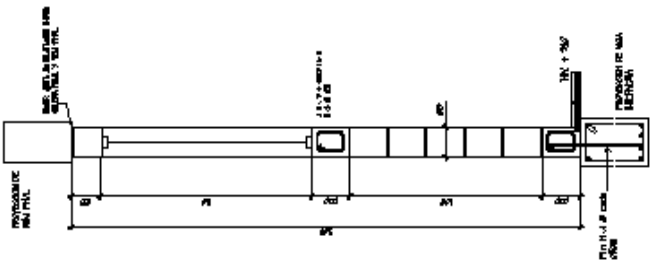
ARMADO DE CEMENTO
ARMADO DE ACERO
ARMADO DE ALAMBRE DE CIERRE



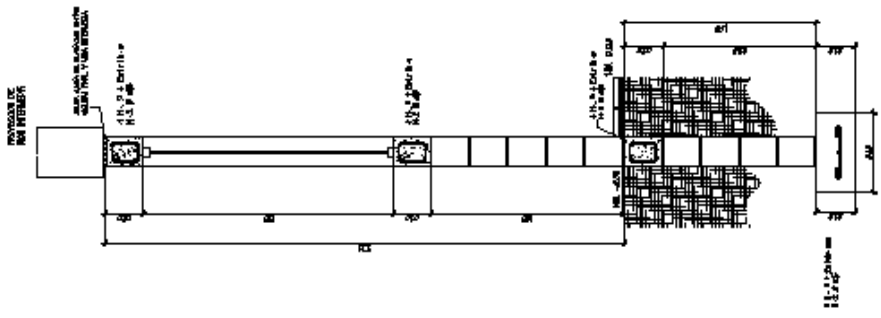
ARMADO DE CEMENTO
ARMADO DE ACERO
ARMADO DE ALAMBRE DE CIERRE



ARMADO DE CEMENTO
ARMADO DE ACERO
ARMADO DE ALAMBRE DE CIERRE



ARMADO DE CEMENTO
ARMADO DE ACERO
ARMADO DE ALAMBRE DE CIERRE



ARMADO DE CEMENTO
ARMADO DE ACERO
ARMADO DE ALAMBRE DE CIERRE

		Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil
Autor: Fecha: Título:	Proyecto: Ubicación de la obra: Plano de:	Nombre: Matrícula: Carrera:
Dirección:		Ciudad:
Teléfono:		País:

