



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE  
SEGUNDA AVENIDA (FASE 1) ALDEA SAN JOSÉ CABEN Y DISEÑO DEL EDIFICIO DE LA  
AUXILIATURA CANTÓN ALTA VISTA, ALDEA EL CEDRO, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ,  
SAN MARCOS**

**Fernando Daniel Cordero Barrios**

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, octubre de 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE  
SEGUNDA AVENIDA (FASE 1) ALDEA SAN JOSÉ CABEN Y DISEÑO DEL EDIFICIO DE LA  
AUXILIATURA CANTÓN ALTA VISTA, ALDEA EL CEDRO, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ,  
SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**FERNANDO DANIEL CORDERO BARRIOS**  
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento de 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 CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE  
SEGUNDA AVENIDA (FASE 1) ALDEA SAN JOSÉ CABEN Y DISEÑO DEL EDIFICIO DE LA  
AUXILIATURA CANTÓN ALTA VISTA, ALDEA EL CEDRO, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ,  
SAN MARCOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de febrero de 2022.

**Fernando Daniel Cordero Barrios**





Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 29 de julio de 2023  
REF.EPS.DOC.267.07.2023

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Fernando Daniel Cordero Barrios**, CUI 2987 63028 0101 y Registro Académico 201603424 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE SEGUNDA AVENIDA (FASE 1) ALDEA SAN JOSÉ CABEN Y DISEÑO DEL EDIFICIO DE LA AUXILIATURA CANTÓN ALTA VISTA, ALDEA EL CEDRO, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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

c.c. Archivo  
OAH/ra





Guatemala, 08 de agosto 2023

Ingeniero  
Armando Fuentes Roca  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

Ingeniero Fuentes:

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de EPS, "DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE SEGUNDA AVENIDA (FASE 1) ALDEA SAN JOSÉ CABEN Y DISEÑO DEL EDIFICIO DE LA AUXILIATURA CANTÓN ALTA VISTA, ALDEA EL CEDRO, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS", desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, Fernando Daniel Cordero Barrios, Registro Académico: 201603424, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe del Departamento de Hidráulica

**Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco**  
Coordinador del Departamento de Hidráulica

Asesor  
Interesado







LNG.DIRECTOR.200.EIC.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE SEGUNDA AVENIDA (FASE 1) ALDEA SAN JOSÉ CABEN Y DISEÑO DEL EDIFICIO DE LA AUXILIATURA CANTÓN ALTA VISTA, ALDEA EL CEDRO, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**, presentado por: **Fernando Daniel Cordero Barrios**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, octubre de 2023





LNG.DECANATO.OI.675.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE SEGUNDA AVENIDA (FASE 1) ALDEA SAN JOSÉ CABEN Y DISEÑO DEL EDIFICIO DE LA AUXILIATURA CANTÓN ALTA VISTA, ALDEA EL CEDRO, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**, presentado por: **Fernando Daniel Cordero Barrios**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. José Francisco Gómez Rivera   
Decano a.i.

Guatemala, octubre de 2023

JFGR/gaac





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser quien me cuido a largo de estos años para poder concluir esta meta.
- Mi madre** Maura Barrios, por su amor y apoyo incondicional en todo momento de mi vida.
- Mi padre** Rafael Cordero (q. e. p. d.), por sus consejos y confianza que puso en mi a lo largo de mi vida.
- Mis hermanos** Juan José Rafael Cordero, Luis Eduardo Cordero y Manuel Alejandro Cordero. Deseándoles lo mejor en todo lo que se propongan.
- Mi novia** Rocío Paredes, por sus consejos y apoyo en todo este proceso.
- Mis abuelos** Juan Barrios y Virgilia de León, por sus sabios consejos y apoyo incondicional.
- Mis amigos** Luis Hernández, Josué Cruz, Diego Vásquez, Daniel Mejía, Iván Carranza, Gamaliel Gómez, Javier Alarcón, Alejandro Fernández, Victoria Corzo, Dulce González, Kevin Cruz.

**Mis tíos**

Adolfo Daniel Barrios, Elmer Arnoldo Barrios, Donald Barrios, Gonzalo Barrios, Olivia Barrios y José Roberto Cordero con mucho cariño.

**Mis primos**

Eddy Barrios, Eslin Barrios, Paola Barrios, Marbin Barrios, Adolfo Barrios, Luis Barrios con mucho cariño.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la institución en formarme para ser un profesional.
<b>Facultad de Ingeniería y docentes</b>	Por permitirme forjar en sus aulas uno de mis grandes anhelos.
<b>Mis amigos de la facultad</b>	Por ser amigos y un grupo de trabajo para cumplir la meta.
<b>Ing. Oscar Argueta</b>	Por su asesoría y apoyo en este proyecto.
<b>Ing. Manual Arrivillaga</b>	Así también por su valioso tiempo en este proyecto.
<b>Ing. José Cordero</b>	Por ser mi padrino.
<b>Ing. Darvin Navarro</b>	Así también por su valioso tiempo en este proyecto.
<b>Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez</b>	Por su colaboración en la realización de este proyecto.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XV
GLOSARIO .....	XIX
RESUMEN .....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN .....	XXVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía de la aldea San José Caben.....	1
1.1.1. Antecedentes históricos .....	1
1.1.2. Costumbres y tradiciones .....	1
1.1.3. Población .....	2
1.2. Aspectos físicos.....	2
1.2.1. Localización y ubicación .....	2
1.2.2. Límites y colindancias .....	5
1.2.3. Clima.....	5
1.3. Aspectos de infraestructura .....	6
1.3.1. Vías de acceso .....	6
1.3.2. Servicios públicos .....	7
1.3.2.1. Energía eléctrica.....	7
1.3.2.2. Agua potable.....	7
1.3.2.3. Educación .....	8
1.3.2.4. Salud.....	9
1.3.2.5. Transporte.....	10
1.3.2.6. Vivienda .....	10

1.3.2.7.	Teléfono.....	10
1.4.	Aspectos socioeconómicos .....	11
1.4.1.	Actividad económica.....	11
1.4.2.	Idioma y religión .....	11
1.5.	Monografía aldea El Cedro.....	12
1.5.1.	Antecedentes históricos.....	12
1.5.2.	Costumbres y tradiciones .....	12
1.5.3.	Población.....	13
1.6.	Características físicas .....	14
1.6.1.	Ubicación y localización.....	14
1.6.2.	Colindancias .....	15
1.6.3.	Clima .....	15
1.7.	Aspectos de infraestructura .....	15
1.7.1.	Vías de acceso .....	16
1.7.2.	Servicios públicos.....	16
1.7.2.1.	Energía eléctrica.....	16
1.7.2.2.	Agua potable .....	16
1.7.2.3.	Educación.....	17
1.7.2.4.	Salud .....	18
1.7.2.5.	Transporte .....	19
1.7.2.6.	Vivienda.....	19
1.7.2.7.	Medios de comunicación .....	20
1.7.2.8.	Alcantarillado sanitario.....	21
1.8.	Aspectos socioeconómicos .....	21
1.8.1.	Actividad económica.....	21
1.8.2.	Idioma y religión .....	22

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	23
2.1.	Diseño del sistema del sistema de conducción y distribución de agua potable segunda avenida (fase 1) para la aldea San José Caben .....	23
2.1.1.	Localización de la fuente de abastecimiento.....	23
2.1.2.	Aforo de la fuente.....	23
2.1.3.	Calidad del agua .....	26
	2.1.3.1. Análisis fisicoquímico .....	26
	2.1.3.2. Análisis bacteriológico .....	26
2.1.4.	Levantamiento topográfico.....	26
	2.1.4.1. Altimetría.....	27
	2.1.4.2. Planimetría.....	27
2.1.5.	Criterios de diseño .....	27
	2.1.5.1. Periodo de diseño .....	28
	2.1.5.2. Tasa de crecimiento poblacional.....	28
	2.1.5.3. Estimación de la población de diseño .....	29
	2.1.5.4. Dotación.....	29
2.1.6.	Determinación de caudales.....	30
	2.1.6.1. Caudal medio diario (QMD) .....	30
	2.1.6.2. Caudal máximo diario (QDM).....	30
	2.1.6.3. Caudal máximo horario (QHM) .....	31
2.1.7.	Diseño de los componentes del sistema.....	32
	2.1.7.1. Captación.....	32
	2.1.7.2. Línea de conducción.....	32
	2.1.7.3. Tanque de distribución.....	35
	2.1.7.4. Línea de distribución.....	36
	2.1.7.5. Obras hidráulicas .....	42
	2.1.7.5.1. Caja reguladora de caudal .....	42

	2.1.7.5.2.	Caja reunidora de caudal ..	42
	2.1.7.5.3.	Válvulas de compuerta .....	42
	2.1.7.5.4.	Válvulas de limpieza.....	42
	2.1.7.5.5.	Válvulas de aire.....	43
2.1.8.		Programa de operación y mantenimiento .....	43
	2.1.8.1.	Válvulas .....	43
	2.1.8.2.	Línea de conducción .....	44
	2.1.8.3.	Tanque de distribución .....	45
	2.1.8.4.	Línea de distribución .....	47
	2.1.8.5.	Conexiones domiciliarias.....	48
2.1.9.		Propuesta de tarifa .....	48
	2.1.9.1.	Costo de operación (O) .....	48
	2.1.9.2.	Costo de mantenimiento (M) .....	49
	2.1.9.3.	Costo de tratamiento (T).....	49
	2.1.9.4.	Costo de administración (A) .....	50
	2.1.9.5.	Costo de reserva (R) .....	50
	2.1.9.6.	Tarifa propuesta (TAR).....	50
2.1.10.		Elaboración de planos .....	51
2.1.11.		Evaluación de impacto ambiental .....	52
2.1.12.		Evaluación socioeconómica .....	63
	2.1.12.1.	Valor presente neto .....	64
	2.1.12.2.	Tasa interna de retorno .....	65
2.1.13.		Presupuesto .....	66
2.2.		Diseño de auxiliatura para el cantón Alta Vista, aldea El Cedro...	67
	2.2.1.	Descripción del proyecto .....	67
	2.2.2.	Levantamiento topográfico .....	67
	2.2.3.	Criterios generales .....	68
	2.2.3.1.	Normas AGIES y CONRED.....	68
	2.2.3.2.	Iluminación .....	68



2.2.3.3.	Instalaciones .....	69
2.2.4.	Análisis de suelos .....	69
2.2.5.	Diseño arquitectónico .....	70
2.2.5.1.	Ubicación de la edificación dentro del terreno .....	70
2.2.5.2.	Requerimientos y distribución de ambientes .....	70
2.2.5.3.	Altura de piso a cielo y altura total de la edificación .....	71
2.2.5.4.	Selección del sistema estructural.....	71
2.2.6.	Análisis estructural.....	71
2.2.6.1.	Predimensionamiento de los elementos estructurales .....	71
2.2.6.2.	Cargas aplicadas a la estructura.....	75
2.2.6.2.1.	Marcos típicos de la estructura.....	76
2.2.6.3.	Cargas Verticales con aplicación AGIES 2018.....	77
2.2.6.4.	Cargas Horizontales con aplicación AGIES 2018.....	81
2.2.6.4.1.	Centro de masa .....	90
2.2.6.4.2.	Centro de rigidez .....	91
2.2.6.4.3.	Excentricidad .....	96
2.2.6.4.4.	Torsión.....	97
2.2.6.4.5.	Modelo matemático de la estructura.....	100
2.2.7.	Determinación de momentos y cortes por método de Kani y comprobación de ETABS.....	103

2.2.7.1.	Determinación de momentos utilizando Método de Kani .....	103
2.2.7.2.	Análisis de la estructura con ETABS .....	114
2.2.7.3.	Comparación de resultados obtenidos por Kani y comprobación con ETABS ....	123
2.2.7.4.	Envolvente de momentos .....	125
2.2.7.5.	Determinación de esfuerzos cortantes ...	129
2.2.7.6.	Diagrama de cortes y momento.....	132
2.2.8.	Diseño estructural.....	140
2.2.8.1.	Diseño de losas .....	141
2.2.8.2.	Diseño de vigas .....	151
2.2.8.3.	Diseño de columnas .....	156
2.2.8.4.	Diseño de nudo sísmico .....	168
2.2.8.5.	Diseño de cimentación .....	170
2.2.8.6.	Diseño de gradas .....	197
2.2.9.	Muro de contención .....	200
2.2.9.1.	Selección de sistema para muro de contención .....	200
2.2.9.2.	Especificaciones de diseño .....	200
2.2.9.2.1.	Dimensionamiento del muro en voladizo .....	201
2.2.9.3.	Diseño estructural.....	203
2.2.9.3.1.	Chequeo de estabilidad contra volteo.....	206
2.2.9.3.2.	Chequeo de estabilidad por deslizamiento .....	206
2.2.9.3.3.	Chequeo de capacidad soporte del suelo .....	207
2.2.9.4.	Diseño del pie.....	209

	2.2.9.4.1.	Chequeo por corte .....	211
	2.2.9.4.2.	Chequeo por flexión.....	212
2.2.9.5.		Diseño del talón .....	214
	2.2.9.5.1.	Chequeo por corte .....	214
	2.2.9.5.2.	Chequeo por flexión.....	215
2.2.9.6.		Longitud de desarrollo .....	216
2.2.9.7.		Acero por temperatura .....	217
2.2.9.8.		Diseño de la pantalla del muro.....	219
	2.2.9.8.1.	Chequeo por corte .....	219
	2.2.9.8.2.	Chequeo por flexión.....	221
	2.2.9.8.3.	Acero en la cara exterior de la pantalla .....	222
	2.2.9.8.4.	Acero transversal en la pantalla del muro .....	223
	2.2.9.8.5.	Gancho estándar para el refuerzo longitudinal en la pantalla .....	225
	2.2.9.8.6.	Longitud de desarrollo ....	225
2.2.10.		Instalaciones.....	226
2.2.11.		Diseño de instalaciones hidráulicas .....	226
	2.2.11.1.	Red de agua potable.....	226
	2.2.11.2.	Drenaje de aguas negras.....	230
	2.2.11.3.	Drenaje de agua pluvial .....	234
2.2.12.		Instalaciones eléctricas.....	235
	2.2.12.1.	Iluminación.....	235
	2.2.12.2.	Fuerza.....	236
2.2.13.		Presupuesto.....	236
2.2.14.		Elaboración de planos .....	236
2.2.15.		Cronograma de actividades .....	241

CONCLUSIONES.....243  
RECOMENDACIONES .....245  
REFERENCIAS .....247  
APÉNDICES.....249  
ANEXO.....283

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Municipio San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	4
<b>Figura 2.</b>	Aldea San José Caben .....	5
<b>Figura 3.</b>	Aldea El Cedro.....	14
<b>Figura 4.</b>	Establecimientos educativos aldea El Cedro .....	18
<b>Figura 5.</b>	Fórmula de estimación de población .....	29
<b>Figura 6.</b>	Fórmula del caudal medio diario (QMD) .....	30
<b>Figura 7.</b>	Fórmula del caudal máximo diario (QDM) .....	31
<b>Figura 8.</b>	Fórmula para caudal máximo horario .....	31
<b>Figura 9.</b>	Línea de conducción tubería PVC 160 PSI.....	35
<b>Figura 10.</b>	Fórmula del tanque de distribución.....	35
<b>Figura 11.</b>	Caudales de diseño .....	37
<b>Figura 12.</b>	Fórmula de la presión estática.....	38
<b>Figura 13.</b>	Fórmula de diámetro de la tubería.....	38
<b>Figura 14.</b>	Fórmula de la presión dinámica.....	40
<b>Figura 15.</b>	Calculo hidráulico de la línea de distribución.....	41
<b>Figura 16.</b>	Presupuesto.....	66
<b>Figura 17.</b>	Marco típico en sentido Y .....	76
<b>Figura 18.</b>	Marco típico sentido X .....	77
<b>Figura 19.</b>	Mapa de zonificación sísmica de Guatemala.....	82
<b>Figura 20.</b>	Modelo matemático marco típico eje Y .....	101
<b>Figura 21.</b>	Modelo matemático marco típico eje X.....	102
<b>Figura 22.</b>	Diagrama de momentos en vigas, carga muerta en marco típico Y.....	118

<b>Figura 23.</b>	Diagrama de momentos en vigas, carga viva en marco típico Y .....	119
<b>Figura 24.</b>	Diagrama de momentos en vigas, sismo en marco típico Y .....	120
<b>Figura 25.</b>	Diagrama de momento en columnas, carga muerta marco típico Y .....	121
<b>Figura 26.</b>	Diagrama de momento en columnas, carga viva marco típico Y .....	122
<b>Figura 27.</b>	Diagrama de momentos en columnas, sismo marco típico Y .....	123
<b>Figura 28.</b>	Diagrama de corte en vigas, marco típico Y .....	133
<b>Figura 29.</b>	Diagrama de corte en columnas, marco típico Y .....	134
<b>Figura 30.</b>	Diagrama de corte en vigas, marco típico X .....	135
<b>Figura 31.</b>	Diagrama de corte en columnas, marco típico X .....	136
<b>Figura 32.</b>	Diagrama envolvente de momentos en vigas, marco típico Y .....	137
<b>Figura 33.</b>	Diagrama envolvente de momentos en columnas, marco típico Y .....	138
<b>Figura 34.</b>	Diagrama envolvente de momentos en vigas, marco típico X .....	139
<b>Figura 35.</b>	Diagrama envolvente de momentos en columnas, marco típico X .....	140
<b>Figura 36.</b>	Planta de distribución de losas por nivel .....	141
<b>Figura 37.</b>	Distribución de momentos en Losa, lado largo .....	145
<b>Figura 38.</b>	Distribución de momentos en Losa, lado corto .....	146
<b>Figura 39.</b>	Gráfica de interacción para columnas de concreto reforzado C.9 .....	165
<b>Figura 40.</b>	Falla por corte simple en zapata .....	175
<b>Figura 41.</b>	Zapata sometida a corte punzante .....	176
<b>Figura 42.</b>	Diagrama para análisis de zapata .....	178
<b>Figura 43.</b>	Falla por corte simple en zapata .....	183
<b>Figura 44.</b>	Zapata sometida a corte punzante .....	184
<b>Figura 45.</b>	Diagrama para análisis de zapata .....	186

<b>Figura 46.</b>	Falla por corte simple en zapata .....	191
<b>Figura 47.</b>	Zapata sometida a corte punzante .....	192
<b>Figura 48.</b>	Diagrama para análisis de zapata .....	194
<b>Figura 49.</b>	Recomendaciones para dimensionamiento mínimo de un muro en voladizo.....	201
<b>Figura 50.</b>	Dimensiones del muro de contención propuesto .....	202
<b>Figura 51.</b>	Diagrama de cuerpo libre para muro de contención .....	204
<b>Figura 52.</b>	Presiones sobre los elementos que conforman el muro .....	210
<b>Figura 53.</b>	Gastos probables para la aplicación del método Hunter (l/s).....	229
<b>Figura 54.</b>	Cronograma de actividades .....	241

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Localización .....	3
<b>Tabla 2.</b>	Centros educativos de la comunidad .....	8
<b>Tabla 3.</b>	Principales causas de morbilidad general San Pedro Sacatepéquez.....	9
<b>Tabla 4.</b>	Servicios de agua .....	17
<b>Tabla 5.</b>	Tipos de vivienda por caserío .....	20
<b>Tabla 6.</b>	Datos de aforo derivador No.1, primer caudal .....	24
<b>Tabla 7.</b>	Datos del aforo al derivador No.2, primer caudal.....	25
<b>Tabla 8.</b>	Datos del aforo al derivador No.2, segundo caudal .....	25
<b>Tabla 9.</b>	Identificación de planos .....	51
<b>Tabla 10.</b>	Evaluación de impacto ambiente del proyecto.....	52
<b>Tabla 11.</b>	Consideraciones de carga .....	72
<b>Tabla 12.</b>	Resultado de análisis de cargas verticales sentido Y, Marco B... 80	
<b>Tabla 13.</b>	Resultado de análisis de cargas verticales sentido X .....	81
<b>Tabla 14.</b>	Distribución de corte basal por nivel de la estructura .....	90
<b>Tabla 15.</b>	Rigideces de los marcos en sentido X.....	95

<b>Tabla 16.</b>	Rigideces de los marcos en sentido Y.....	96
<b>Tabla 17.</b>	Resultado de análisis por torsión sentido X.....	99
<b>Tabla 18.</b>	Resultado de análisis por torsión sentido Y.....	100
<b>Tabla 19.</b>	Cálculo de momentos fijos debido a carga muerta.....	104
<b>Tabla 20.</b>	Cálculo de momentos fijos debido a carga viva .....	104
<b>Tabla 21.</b>	Factores de giro para los nodos.....	106
<b>Tabla 22.</b>	Resultados de momentos de sujeción.....	107
<b>Tabla 23.</b>	Resultado para momentos empleando método de Kani.....	108
<b>Tabla 24.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a carga muerta eje Y .....	109
<b>Tabla 25.</b>	Resultado de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje Y .....	109
<b>Tabla 26.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a carga viva eje Y .....	110
<b>Tabla 27.</b>	Resultados de momentos finales en columnas debido a carga viva eje Y .....	110
<b>Tabla 28.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje Y.....	111
<b>Tabla 29.</b>	Resultados de momentos finales en columnas debido a Sismo eje Y .....	111
<b>Tabla 30.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a carga muerta eje X.....	112
<b>Tabla 31.</b>	Resultado de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje X.....	112
<b>Tabla 32.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a carga viva eje X .....	113
<b>Tabla 33.</b>	Resultados de momentos finales en columnas debido a carga viva eje X.....	113



<b>Tabla 34.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje X .....	114
<b>Tabla 35.</b>	Resultados de momentos finales en columnas debido a Sismo eje X.....	114
<b>Tabla 36.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a carga muerta eje Y .....	115
<b>Tabla 37.</b>	Resultado de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje Y .....	115
<b>Tabla 38.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a carga viva eje Y.....	116
<b>Tabla 39.</b>	Resultados de momentos finales en columnas debido a carga viva eje Y .....	116
<b>Tabla 40.</b>	Resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje Y .....	117
<b>Tabla 41.</b>	Resultados de momentos finales en columnas debido a Sismo eje Y.....	117
<b>Tabla 42.</b>	Comparación de resultados de momentos .....	124
<b>Tabla 43.</b>	Resultado de envolvente de momentos en vigas marco típico sentido Y.....	126
<b>Tabla 44.</b>	Resultado de envolvente de momentos en columnas marco típico sentido Y .....	127
<b>Tabla 45.</b>	Resultado de envolvente de momentos en vigas marco típico sentido X.....	128
<b>Tabla 46.</b>	Resultado de envolvente de momentos en columnas marco típico sentido X .....	129
<b>Tabla 47.</b>	Corte último en vigas, marco típico Y .....	130
<b>Tabla 48.</b>	Corte último en vigas, marco típico X .....	131
<b>Tabla 49.</b>	Corte último en columnas, marco típico Y .....	131
<b>Tabla 50.</b>	Corte último en columnas, marco típico X .....	132

<b>Tabla 51.</b>	Resultados de momentos en losas .....	144
<b>Tabla 52.</b>	Resultados de balance de momentos, lado largo.....	148
<b>Tabla 53.</b>	Resultado de cálculo de áreas de acero para losa.....	150
<b>Tabla 54.</b>	Cálculo de área de acero requerida .....	153
<b>Tabla 55.</b>	Resumen de armado de vigas en ambos sentidos.....	156
<b>Tabla 56.</b>	Resumen de diseño de zapata.....	180
<b>Tabla 57.</b>	Resumen de diseño de zapata.....	188
<b>Tabla 58.</b>	Resumen de diseño de zapata.....	196
<b>Tabla 59.</b>	Valores de fuerzas y momentos resistentes del muro .....	205
<b>Tabla 60.</b>	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías .....	227
<b>Tabla 61.</b>	Cálculo de unidades Hunter para alcaldía auxiliar .....	228
<b>Tabla 62.</b>	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones .....	232
<b>Tabla 63.</b>	Cálculo de unidades Hunter para alcaldía auxiliar .....	233
<b>Tabla 64.</b>	Diámetro de las derivaciones en colector.....	234
<b>Tabla 65.</b>	Identificación de planos .....	237
<b>Tabla 66.</b>	Presupuesto alcaldía auxiliar Alta Vista.....	238
<b>Tabla 67.</b>	Presupuesto muro de contención en voladizo.....	240
<b>Tabla 68.</b>	Cronograma de implementación .....	242

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>H</b>	Altura
<b>A</b>	Área
<b>As</b>	Área de acero
<b>cm</b>	Carga muerta
<b>W</b>	Carga o peso
<b>CU</b>	Carga ultima
<b>Cv</b>	Carga viva
<b>Q</b>	Caudal
<b>qmd</b>	Caudal medio diario
<b>C</b>	Coeficiente de rugosidad de la tubería
<b>Kp</b>	Coeficiente de empuje pasivo
<b>COCODE</b>	Consejo comunitario de desarrollo
<b>Vb</b>	Corte basal
<b>∅</b>	Diámetro
<b>D</b>	Diámetro
<b>Di</b>	Distancia del centro de rigidez
<b>DH</b>	Distancia horizontal
<b>S</b>	Espaciamiento
<b>Est</b>	Estación
<b>σ</b>	Esfuerzo
<b>V</b>	Esfuerzo de corte
<b>Fs</b>	Esfuerzo de flexión
<b>Fy, fy</b>	Esfuerzo de fluencia del acero

<b><math>\sigma</math></b>	Esfuerzo total
<b>e</b>	Excentricidad
<b>fd</b>	Estabilidad contra deslizamiento
<b>fv</b>	Estabilidad contra volteo
<b>Fs</b>	Factor de seguridad
<b>Fdm</b>	Factor de día máximo
<b>Fhm</b>	Factor de hora máxima
<b>Fv</b>	Fuerza vertical
<b>HG</b>	Hierro galvanizado
<b>Kg-m</b>	Kilogramo – metro
<b>L</b>	Litros
<b>Lt/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>L/s</b>	Litros por segundo
<b>L</b>	Longitud
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>M</b>	Momento
<b>Mc</b>	Momento magnificado
<b>Ma-</b>	Momento negativo
<b>Ma+</b>	Momento positivo
<b>MT</b>	Momento total
<b>Mu</b>	Momento último
<b>d</b>	Peralte
<b>Wc</b>	Peso del concreto
<b>Ws</b>	Peso del suelo
<b>Wt</b>	Peso total
<b>Pa</b>	Población actual

<b>Pf</b>	Población futura
<b>Pu</b>	Precio unitario
<b>Pulg</b>	Pulgadas
<b>F'c, f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>i</b>	Tasa de crecimiento de población
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>T</b>	Tensión
<b>Ton</b>	Toneladas
<b>VPN</b>	Valor presente neto
<b>Vs</b>	Valor soporte
<b>v</b>	Velocidad
<b>V</b>	Volumen



## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Medir el volumen de agua que lleva una corriente en un determinado tiempo.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura (sin elementos patógenos ni elementos tóxicos) que es agradable a los sentidos (inodora, incolora e isobara).
<b>ACI</b>	American Concret Institute (Instituto Americano de Concreto).
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
<b>Análisis estructural</b>	Calculo que determina cómo se comporta una estructura ante momentos, corte y flexión.
<b>Carga axial</b>	Fuerza que es aplicada en el centro geométrico de la sección transversal de un elemento.
<b>Carga mayorada</b>	Carga con un factor de incremento.
<b>Corte basal</b>	Fuerza de reacción que se representa en todos los marcos que forman parte de la estructura.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.

<b>Deflexión</b>	Desplazamiento vertical en el eje axial de la viga.
<b>Estribo</b>	Elemento estructural que sirve para soportar esfuerzos de corte.
<b>Golpe de ariete</b>	Se denomina a la sobrepresión que reciben las tuberías, por defecto del cierre brusco del flujo de agua.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>Momento</b>	Se expresa en unidades de fuerza por unidades de distancia.
<b>Nivel dinámico</b>	Es la distancia desde la superficie del terreno hasta el nivel del agua en el pozo cuando se extrae un determinado caudal.
<b>Nivel estático</b>	Distancia desde la superficie media del terreno hasta el nivel del agua en el pozo no afectado por ningún bombeo.
<b>Pérdida de carga</b>	Es la pérdida de energía (o baja de presión) en la tubería, debida a la resistencia del material del conducto al flujo del agua.
<b>Piezométrica</b>	Se mide como una elevación de la superficie líquida expresada en unidades de longitud.



**Válvulas**

Accesorios que controlan el flujo del sistema y permiten un mejor funcionamiento.

**UNEPAR**

Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.



## RESUMEN

El trabajo de graduación, realizado a través del ejercicio profesional supervisado (E.P.S.) consisten en el diseño del sistema de conducción y distribución de agua potable en la aldea San José Caben y el diseño de la edificación de la auxiliatura del Cantón Alta Vista, aldea El Cedro; ubicados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

El diseño de la conducción y distribución de agua potable está basado por medio de un sistema de gravedad, desde la fuente de servicio llegando al tanque de almacenamiento existente y continuando la distribución hasta las conexiones domiciliarias, el proyecto consta con una longitud de 6,165.46 metros lineales.

En el diseño del edificio de la auxiliatura tiene como propósito cubrir la necesidad presentada de la comunidad, este diseño está basado por medio de marcos estructurales en ambos sentidos y con muro a los laterales de la estructura. El área para trabajar consta de 55 m<sup>2</sup>.

A continuación, se presenta el contenido anteriormente descrito dividido en 2 fases: la primera fase de investigación la primera fase de investigación contiene la monografía y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de los lugares en estudio, la segunda fase de servicio técnico profesional. En la segunda fase se trabajó presupuestos, cronogramas, memorias de cálculo.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Mejorar el desarrollo social y la calidad de vida por medio del abastecimiento de agua potable de una forma más ordenada y controlada para los vecinos de la aldea San José Caben y diseñar el edificio de la auxiliatura, para contribuir a mejorar la infraestructura y las condiciones de vida de los habitantes del cantón Alta Vista, aldea El Cedro, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

### **Específicos**

1. Realizar la investigación de la infraestructura y de la población a servir para las aldeas San José Caben y El Cedro del municipio de San Pedro Sacatepéquez.
2. Implementar los conocimientos técnicos de ingeniería en el diseño e investigación para cumplir con la demanda del proyecto.
3. Reducir cualquier indicio de enfermedades por la falta del abastecimiento de agua potable mejorando así la calidad de vida de las personas beneficiadas del proyecto.
4. Diseñar el edificio de la auxiliatura para que los habitantes de la comunidad puedan contar con un lugar específico para realizar sus capacitaciones, reuniones y celebraciones.



## INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) de la Facultad de Ingeniería, es un programa de apoyo que llega a las comunidades donde no cuentan con un desarrollo social adecuado como podría ser la falta de servicios básicos y de infraestructura.

La falta de abastecimiento de agua potable para una comunidad trae como consecuencias condiciones de vida insalubres, extrema pobreza y un desarrollo social bajo, por lo anterior mencionado en la aldea de San José Caben, municipio de San Pedro Sacatepéquez del departamento de San Marcos surge la necesidad de diseñar el sistema de distribución de agua potable.

Las comunidades deben contar con un lugar para poder reunirse, con el fin de trasladar la información por las autoridades competentes para beneficio de los vecinos como podría ser información sobre medidas de bioseguridad por la pandemia que atraviesa el mundo, ayudas comunitarias a la mujer, a la lactancia materna, jornadas médicas de cualquier especialización, entre otros. Al no contar con una infraestructura adecuada, genera inconformismo con las autoridades presentes debido a que para realizar las reuniones deben hacerse en el sector privado siendo un gasto para la comunidad.

Debido a lo anterior, a través del programa de E.P.S. se presentará la planificación y diseño del sistema de conducción y distribución de agua potable donde beneficie a la comunidad y también ayude a prevenir enfermedades y mejore el desarrollo social y económico y el diseño del edificio de la auxiliatura

donde beneficie y ayude a informar a la comunidad sobre lo que sucede y las diferentes ayudas que hay.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía de la aldea San José Caben**

La monografía de la aldea San José Caben comprende los antecedentes históricos, costumbres, tradiciones y la población de la aldea.

### **1.1.1. Antecedentes históricos**

El municipio de San Pedro Sacatepéquez, perteneciente al departamento de San Marcos, ubicado en el Occidente del País. Con una extensión territorial de 253 kilómetros cuadrados, a una distancia de 2 kilómetros de la cabecera departamental. Este se conforma espacialmente por 1 ciudad, 17 aldeas y 40 caseríos según registro establecido en el Plan de Desarrollo Municipal al año 2011.

La Aldea fue fundada en 1838, inicialmente como un paraje denominado en mam con el término Tregaben, que significa lugar de incendios en 1893 se dona la imagen de San José Patriarca por parte de un vecino; dando origen a su nombre actual San José Caben.

### **1.1.2. Costumbres y tradiciones**

Dentro de sus principales tradiciones se encuentran la celebración de su feria patronal en honor a San Pedro Apóstol, siendo el día principal el 29 de junio de cada año. El festejo en Honor al Maíz denominado ¿El Baile de la Paach?, ha

sido nombrado Patrimonio Cultural Intangible de la Nación, motivo por el cual es conocido a nivel Nacional e Internacional.

La comunidad tiene su feria patronal el 19 de marzo de cada año, en honor al Patrono San José Patriarca y segunda feria 7 de octubre en honor a la Virgen del Rosario.

### **1.1.3. Población**

De acuerdo con estadísticas proporcionadas por el puesto de salud y la alcaldía auxiliar, en la comunidad existen aproximadamente 8,000 habitantes.

## **1.2. Aspectos físicos**

Dentro de los aspectos físicos que se presentan esta la localización, clima, así como los límites y colindancias.

### **1.2.1. Localización y ubicación**

La descripción técnica de la localización de se presenta en la siguiente tabla, determinando distancia a la cabecera departamental, distancia a la cabecera municipal, latitud, longitud, entre otros, además se presenta el mapa del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

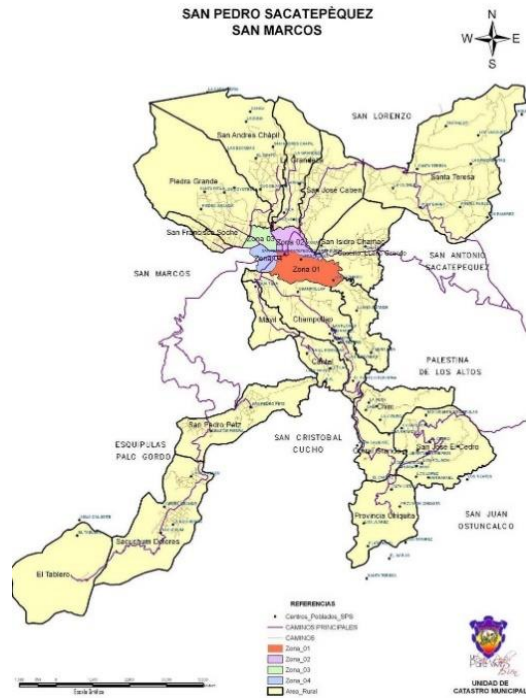
**Tabla 1.***Localización*

<b>Distancia a la cabecera departamental</b>	4,6 kilómetros
<b>Distancia a la cabecera municipal</b>	2,6 kilómetros
<b>Distancia a la ciudad capital</b>	246 kilómetros
<b>Latitud</b>	14° 59' 05"
<b>Longitud</b>	91° 46' 13"
<b>Altitud</b>	2 410 metros sobre el nivel del mar
<b>Extensión territorial</b>	2,6 kilómetros cuadrados
<b>Tipo de carretera</b>	Empedrado con carrileras de concreto en la ruta de acceso

*Nota.* Descripción de la localización del proyecto. Google Earth (2019). *San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.* (<https://earth.google.com/web/search/San+Pedro+Sacatepequez,+San+Marcos/@14.96921885,91.77693325,2349.3638295a,5484.6759931d,35y,0h,45t,0r/data=Co0BGmMSXQoIMHg4NThIODEwZTZjMGZkOWRkOjB4MTEwOGYwN2E0NGRINDJmMBkuPHdnPAtQCHtblRd9vFWwCoiU2FuIFBIZHJvIFNhY2F0ZXBlcXVleiwgU2FuIE1hcmNvcxgCIAEiJgokCSDMh1BPUDVAESDMh1BPUDXAGWyMMw2gABdAIU0kjbkoZVjAKAI>), consultado el 14 de marzo de 2022. De dominio público.

## Figura 1.

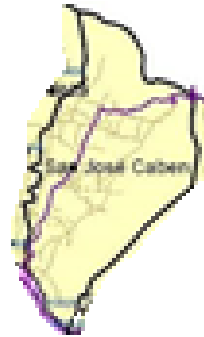
*Municipio San Pedro Sacatepéquez, San Marcos*



*Nota.* Mapa del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Obtenido de Dirección Municipal de Planificación (2022). *Información general del municipio.* (p. 8). Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

## **Figura 2.**

### *Aldea San José Caben*



*Nota.* Mapa de la aldea San José Caben, San Marcos. Obtenido de Dirección Municipal de Planificación (2022). *Información general del municipio.* (p. 8). Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

### **1.2.2. Límites y colindancias**

La aldea colinda: al norte con aldea Santa Teresa y el municipio de San Lorenzo, San Marcos. Al sur con el casco urbano de San Pedro Sacatepéquez, S.M. Al Este con aldeas Santa Teresa y San Isidro Chamac, San Pedro Sacatepéquez, al Oeste con Aldea La Grandeza del municipio de San Pedro Sacatepéquez. La división política administrativa es de 5 caseríos: Los Molinos, La Democracia, La Libertad, Entre Ríos e Ixhual.

### **1.2.3. Clima**

La mayor parte del año es frío, ya sea por la época de verano cuando se tienen antecedentes sobre la caída de hielo y hay vientos con dirección norte muy fuertes, en la época de invierno en donde hace mucho frío por la precipitación de lluvias y vientos que ésta acarrea.

### **1.3. Aspectos de infraestructura**

Dentro de estos aspectos se presentan las vías de acceso y los servicios públicos de los cuales se describe la energía eléctrica, agua potable, educación, salud, entre otros.

#### **1.3.1. Vías de acceso**

Dista de la cabecera municipal 4 km. De los cuales 1km. Es asfaltado que inicia del centro de la ciudad de San Pedro Sacatepéquez, hasta la entrada de la aldea, salida hacia la ciudad de Quetzaltenango. Y tres km de empedrado con carrileras y partes ya totalmente adoquinadas o pavimentadas, anteriormente se llegaba a la comunidad por un solo camino, el cual los habitantes le han llamado camino real/camino viejo y actualmente 1º. Avenida El Reformador, debido a que en el tránsito el Reformador de Guatemala el General Justo Rufino Barrios, años más tarde las mismas necesidades de los habitantes por el crecimiento de la población obligo a los comunitarios a trazar otro camino, el cual parte del lugar denominado Entre Ríos, y era conocido como camino nuevo, actualmente 2ª. Avenida, siendo la más poblada por los habitantes y que conduce al centro de la comunidad donde se encuentran los principales edificios públicos tales como la EORM María Flores Rivera de Méndez Peña, El Salón Comunal Prof. Oscar Emiro Barrios García, El Templo Católico, cementerio General.

En el año 1978 fue inaugurada otra avenida que denominó El Rosario en honor a la virgen del mismo nombre que se encuentra en el templo católico, ahora reconocida como 3ª. Avenida la cual sirve de enlace por la 4ª. Calle con la comunidad La Grandeza, y las dos primeras avenidas con el municipio de San Lorenzo, las cuales son transitables en cualquier época del año, además cuenta

con 7 calles principales, diagonales y veredas que sirven para comunicarse con lugares aledaños.

### **1.3.2. Servicios públicos**

Dentro de los servicios públicos se describe la energía eléctrica, agua potable, educación, salud transporte, vivienda y teléfono.

#### **1.3.2.1. Energía eléctrica**

El servicio es distribuido por la Empresa Eléctrica Municipal de San Pedro Sacatepéquez, institución que compra la energía al Instituto Nacional de Electrificación (INDE). En la comunidad existen 1,222 usuarios. (Miranda, 2010)

#### **1.3.2.2. Agua potable**

Dentro de la organización comunitaria, se encuentran divididas por: Dos asociaciones legalmente establecidas, que administran dos proyectos de agua potable ASJCA y ASCAPAR, también se encuentra conformado un comité de apoyo de la alcaldía auxiliar que administra el proyecto de agua potable de la zona central. Por último, está el tanque comunitario que abastece a 18 familias, la escuela y el cementerio administrado por un comité, los sistemas fueron construidos en el año de 1963, por obras públicas del gobierno, estos sistemas se encuentran ya deteriorados por el paso del tiempo y el terremoto del 12 de noviembre del 2012, siendo uno de los muchos problemas que aquejan a la población. Según el Departamento Municipal de Agua y Drenajes, Área Técnica 2018, los habitantes de la comunidad se abastecen del vital líquido de 6 nacimientos de agua, cuentan con 6 tanques de distribución, no recibe cloración el agua y es por sistema de gravedad.

### 1.3.2.3. Educación

Se cuenta con 5 establecimientos que funcionan en la comunidad, en donde se atienden 320 estudiantes de tres niveles educativos, los establecimientos se incluyen en la tabla siguiente. No se incluye la Libertad, Los Molinos e Ixhual.

**Tabla 2.**

*Centros educativos de la comunidad*

Código	Establecimiento	Nivel	Jornada	Docentes	Estudiantes		
					Hombres	Mujeres	Total
12-02-0162-42	EODP - PROGRAMA HOGARES COMUNITARIOS -	Párvulos	Matutina	02	24	17	41
12-02-1248-42	EODP,Aldea San José Caben	Párvulos	Matutina	01	13	7	20
12-02-1286-43	EODP, San José Caben	Párvulos	Matutina	01	13	7	20
12-02-0104-43	EORM 'MARIA FLORES RIVERA DE MENDEZ PEÑA'	Primario	Matutina	09	120	100	220
12-02-0054-45	INEB DE TELESECUNDARIA	Básico	Vespertina	02	10	9	19

*Nota.* Identificación de los centros educativos de la comunidad. Obtenido de Ministerio de Educación (2022). *Ficha Escolar.* (p. 8). Ministerio de Educación.



### 1.3.2.4. Salud

El casco urbano cuenta con un Centro de Atención Permanente CAP, que es atendido por 7 doctores, 3 enfermeras profesionales, 22 enfermeras auxiliares, 1 odontólogo, 1 técnico laboratorista y 2 inspectores de saneamiento. A este centro se moviliza la población del casco urbano y de las aldeas para recibir atención médica. En el área rural se cuenta con 7 puestos de salud y 2 unidades mínimas de salud.

En la tabla 3 se presentan las enfermedades causantes de morbilidad general en el municipio de San Pedro Sacatepéquez.

**Tabla 3.**

*Principales causas de morbilidad general San Pedro Sacatepéquez*

No.	Diez (10) Primeras Causas de Mortalidad General	No. Muertes Masculinos	%*	No. Muertes Femeninos	%*	Total
1	Neumonía	28	17.28	19	13.01	47.00
2	Infarto agudo del miocardio	10	6.17	12	8.22	22.00
3	Accidente cerebrovascular	4	2.47	14	9.59	18.00
4	Úlcera gástrica	10	6.17	6	4.11	16.00
5	Insuficiencia cardíaca	10	6.17	4	2.74	14.00
6	Senectud	5	3.09	9	6.16	14.00
7	Diabetes	4	2.47	8	5.48	12.00
8	Cirrosis	8	4.94	4	2.74	12.00
9	Intoxicación alcohólica	9	5.56	1	0.68	10.00
10	Diarreas	3	1.85	3	2.05	6.00
	RESTO DE CAUSAS	71	43.83	66	45.21	137.00
	TOTAL DE CAUSAS	162	100	146	100	308.00

*Nota.* Descripción de las principales causas de morbilidad en San Pedro Sacatepéquez. Obtenido de Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez (2022). *Plan de desarrollo municipal 2011-2025.* (p. 23). Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez

### **1.3.2.5. Transporte**

En la actualidad la aldea de San José Caben cuentan con dos medios de transporte principales la línea de taxis asociación cabense cobrando un monto de Q 3.00 quetzales por persona, línea de microbús cobrando Q2.00 quetzales por persona, se movilizan de la cabecera municipal al centro de la aldea con un tiempo aproximado de 13 minutos con un horario de 6:00 de la mañana a 9:00 de la noche con un rango de 10 minutos entre uno y otro, del centro de la aldea al municipio de San Pedro Sacatepéquez, una parte de habitantes poseen carros propios. Así también, existen personas que aun utilizan caballos o burros para traslado de cargas pesadas.

### **1.3.2.6. Vivienda**

Las viviendas en la comunidad de la segunda avenida para habitar son de casa formal, cuarto en casa de vecinos, apartamento y otros tipos. La mayoría de la población utiliza casa formal y de madera. Los materiales que hay en la mayor parte de las viviendas son:

- Paredes exteriores de block.
- Techos de lámina y terraza.
- Piso de concreto y de madera.

### **1.3.2.7. Teléfono**

Según indican las autoridades comunitarias en el caserío no existen líneas fijas de teléfono únicamente el uso del teléfono celular en la mayoría de las personas ya que es una herramienta para comunicarse de forma rápida, ya sea

por cuestiones familiares o de trabajo, además que es tecnología de punta y las comunidades no se quedan atrás siempre van a la par del desarrollo tecnológico.

#### **1.4. Aspectos socioeconómicos**

Los aspectos socioeconómicos comprenden las actividades económicas principales de la aldea, idioma y religión.

##### **1.4.1. Actividad económica**

La población de aldea San José Caben en un alto porcentaje ubica sus actividades productivas en el empleo formal asalariado, siendo las profesiones más significativas: policías, maestros de educación pública, peritos contadores y en menor porcentaje profesionales a nivel universitarios; por otro lado se identificó a comerciantes vendedores de abarrotes, hortalizas perecedoras principalmente, el comportamiento de la producción agropecuaria en general es de decrecimiento pues en la actualidad se ha abandonado la agricultura como principal fuente de ingresos.

##### **1.4.2. Idioma y religión**

El idioma que predomina a la fecha es el español, sin embargo, sus raíces se fundamentaron en el Mam. Cuenta con organización comunitaria, en todos los niveles jerárquicos existentes y también con organización de mujeres.

En la aldea San José Caben la población tiene la libertad de escoger la religión sin ningún impedimento, por lo tanto, existen iglesias y creencias de todo tipo. La que mayor predomina es la iglesia católica.

## **1.5. Monografía aldea El Cedro**

En específico para la aldea El Cedro se presenta la monografía con los antecedentes históricos, población, costumbres y tradiciones.

### **1.5.1. Antecedentes históricos**

La aldea El Cedro pertenece al municipio de San Pedro Sacatepéquez, se le llama también Mirador de la Costa Baja, porque se encuentra en un cerro llamado Cocol, nombre de un caserío que viene de Cool que quiere decir Calabaza o Ayote, se le llama Mirador porque desde su cima se puede observar una gran extensión de la región del occidente de Guatemala, incluyendo la cinta espumosa del Océano Pacífico. Según cuenta la historia, los primeros pobladores, fueron familias provenientes del municipio de San Pedro Sacatepéquez, de aldea San Isidro Chamac y de aldea San Andrés Chapil.

En el año de 1850 los primeros habitantes fueron las familias de don José López, Isidro Navarro, Juan Ardiano y Rafael Ardiano, unos de los habitantes que poblaron esta aldea venían a pastorear y otros con fines de migración, huyendo de las dictaduras de los gobiernos de turno. Su nombre Cedro se debe a un tronco de esta especie maderera que se encuentra en el cantón San Rafael; y San José en honor a la imagen del mismo nombre que fue comprado por los habitantes desde hace muchos años.

### **1.5.2. Costumbres y tradiciones**

La cultura del municipio y de la aldea esta enriquecida por una serie de manifestaciones sociales, culturales y religiosas; donde resaltan las celebraciones en los principales centros poblados que tienen como referente al

santoral católico cristiano. Principalmente las fiestas de la aldea El Cedro, se caracteriza por la práctica de algunas tradiciones que se celebran en honor a santos patronales en las que se tienen actividades de carácter; religioso acompañada de juegos pirotécnicos, comidas tradicionales, celebraciones cristianas y bailes de carácter popular.

En el caso de la aldea El Cedro la Celebración de la fiesta patronal es el 19 de marzo, en honor a San José, también se celebra la Semana Santa: con la celebración de Miércoles de Ceniza, vía crucis cada viernes de Cuaresma hasta culminar con las solemnes procesiones, de viernes Santo y Domingo de Resurrección.

También realizan el recorrido de muñecos imitando a Judas, además en Navidad: se celebran las posadas del 16 al 24 de diciembre, culminando con la celebración del Nacimiento del Niño Jesús, compartiendo en familia los tradicionales tamales de carne o torteados, una tradición sobresaliente es el baile de la Pa'ch: para agradecer la cosecha de maíz que se logró durante el año. Dentro de las principales organizaciones que fomentan la cultura en las comunidades, se encuentra; los establecimientos educativos y la iglesia.

### **1.5.3. Población**

Según investigación documental en el Departamento Municipal de Agua y Drenaje (2018), se establece que en el cantón Alta Vista, aldea El Cedro aproximadamente hay 450 pobladores; y según investigación de campo COCODE (2019) se beneficiará directamente a toda la población por ser una infraestructura para toda la comunidad (450 pobladores), que es el área de influencia, se define como beneficiarios indirectos a los que de una u otra forma

obtendrán algún beneficio como lo son las personas que por razones laborales habitan en la aldea y el municipio y otras que prestan servicios profesionales.

## **1.6. Características físicas**

Las características físicas de la aldea se describen a través de la ubicación, localización, colindancias y clima.

### **1.6.1. Ubicación y localización**

Aldea El Cedro, pertenece a la micro región sur del municipio de San Pedro Sacatepéquez, posee las coordenadas siguientes: N: 14° 54'21.731" y O: 91° 43'38.234". Se encuentra a una distancia de 29,5 kilómetros de la cabecera municipal, con una extensión territorial de 7.50 kilómetros cuadrados.

#### **Figura 3.**

*Aldea El Cedro*



*Nota.* Mapa de la aldea San José Caben, San Marcos. Obtenido de Dirección Municipal de Planificación (2022). *Información general del municipio.* (p. 8). Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

### **1.6.2. Colindancias**

La aldea El Cedro tiene las siguientes colindancias: al norte con aldea el Carmen del municipio de Palestina de los Altos departamento de Quetzaltenango, al sur con aldea Provincia Chiquita del municipio de San Pedro Sacatepéquez, al este con el municipio de San Juan Ostuncalco de Quetzaltenango, y al oeste con aldeas Corral Grande y Chim del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

### **1.6.3. Clima**

El clima de la aldea es frío; su temperatura máxima es de 22 °C, y la mínima es de 5 °C; registrándose heladas en los meses de diciembre a enero. Los vientos son de moderados a fuertes, registrándose en los meses de octubre a diciembre, los más fuertes forman una dirección de este a oeste.

Su precipitación pluvial se da durante 5 a 6 meses durante el año, con un promedio de 150 días y se inicia en la primera semana de mayo. Se clasifica en un bosque húmedo bajo subtropical, su humedad relativa se encuentra en un 89 %, el periodo de verano abarca noviembre a abril. Los vientos predominantes, se registran en direcciones noroeste durante los meses de noviembre-abril.

## **1.7. Aspectos de infraestructura**

Dentro de la infraestructura se exponen las vías de acceso, servicios públicos como energía, agua potable, educación, salud, transporte, entre otros.

### **1.7.1. Vías de acceso**

La principal entrada parte de la ruta asfaltada de San Marcos Quetzaltenango, a la altura de aldea La Cumbre del municipio de Palestina de los Altos, departamento de Quetzaltenango. Esta ruta es accesible, hasta el centro de la comunidad. Los caminos de acceso a los caseríos y cantones de la aldea El Cedro son empedrados o con carrileras en su mayoría, sin embargo, aún hay tramos de terracería.

### **1.7.2. Servicios públicos**

Los servicios públicos que se describen son la energía eléctrica, agua potable, educación, salud, transporte, vivienda, medios de comunicación y alcantarillado sanitario.

#### **1.7.2.1. Energía eléctrica**

La aldea El Cedro cuenta con servicio de energía eléctrica, el cual es distribuido por la Distribuidora de Electricidad de Occidente DEOCSA.

#### **1.7.2.2. Agua potable**

En la aldea El Cedro y caseríos existen los siguientes servicios de agua.



**Tabla 4.***Servicios de agua*

<b>Comunidad</b>	<b>Nacimiento</b>	<b>Tanque de distribución</b>	<b>Sistema de cloración</b>	<b>Sistema de pago</b>	<b>Modo de abastecimiento</b>
Centro aldea	1	1	Sin información	No	Gravedad
Cantón Alta Vista	3	1	No	Si	Gravedad
Crío. San Miguel Las Flores	1	2	No	Si	Bombeo
Crío. Bella Vista	Cosechadores y pozo artesanal		-	No	Cosechador
	1	1	Si	Si	Bombeo
Crío. San Rafael	1	1	Si	Sin información	Gravedad
Crío. El Tizate	1	1	Si	Si	Gravedad

*Nota.* Descripción de los servicios de agua. Obtenido de Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez (2022). *Departamento Municipal de agua y drenajes área técnica 2018.* (p. 54). Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

### **1.7.2.3. Educación**

En aldea El Cedro y sus caseríos, la población escolar que tiene el nivel primario dentro de su formación alcanza el 69.63 %; sin embargo, un dato que es de suma importancia es el de quienes no tienen ningún nivel de escolaridad, que corresponden al 23.27 %, siendo este grupo de la población a quienes se debe prestar atención especial e incluirla dentro de los programas de educación. El 4.88 % han realizado estudios de nivel medio, lo que les permite tener conocimientos que les facilite el acceso a oportunidades de trabajo con mejores

salarios y/o continuar estudios superiores; sin embargo, no hay datos sobre habitantes que han continuado estudios superiores.

#### **Figura 4.**

##### *Establecimientos educativos aldea El Cedro*

<b>No.</b>	<b>Nombre del establecimiento y jornada de trabajo</b>	<b>Ubicación</b>
1	Escuela Oficial Rural Mixta, jornada matutina	Aldea El Cedro (Centro)
2	Escuela Oficial de Párvulos Anexa a Escuela Oficial Rural Mixta, jornada matutina	Aldea El Cedro (Centro)
3	Escuela Oficial Rural Mixta, jornada matutina	Caserío San Miguel Las Flores
4	Escuela de Autogestión Comunitaria	Caserío San Rafael
5	Escuela de Autogestión Comunitaria	Caserío El Tizate
6	Instituto de Educación Básica Programa Telesecundaria, jornada vespertina	Aldea Chim (centro)

*Nota.* Descripción de los establecimientos educativos en Aldea El Cedro. Obtenido de Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez (2004). *Unidad de informática de dirección departamental de educación San Marcos.* (p. 31). Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

El ausentismo escolar es una circunstancia temporal, sobre todo por enfermedad de alumnos. Con relación a deserción escolar, son casos aislados que se dan cuando los padres de algunos niños emigran a fincas de la costa sur a trabajar y llevan a toda su familia.

#### **1.7.2.4. Salud**

En El Cedro funciona un Puesto de Salud que forma parte de los servicios públicos de salud del municipio y está bajo la coordinación del Centro de Salud ubicado en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez.

En el puesto de salud cuenta con el siguiente personal:

- 1 enfermera Auxiliar del Centro de Salud de San Pedro Sacatepéquez que permanece en la comunidad para brindar atención a la población en los programas de: Control de niños, Control de mujeres embarazadas, Planificación familiar, Control de vacunación, Enfermedades comunes.
- 3 comadronas
- Alcalde Auxiliar

#### **1.7.2.5. Transporte**

El transporte es exclusivamente por vía terrestre, y se puede llegar con vehículo de doble tracción preferiblemente, existe línea de microbuses del centro del municipio hacia la aldea y viceversa, el horario de salida es irregular.

#### **1.7.2.6. Vivienda**

Para que una vivienda reúna las condiciones mínimas de comodidad y salubridad, debe poseer una buena ventilación, iluminación y sus ambientes deben estar debidamente separados. Durante la investigación de campo se pudo observar que las viviendas de esta comunidad no presentan estas condiciones, debido al tipo de construcción antigua que predomina en la comunidad, lo cual hace que las carezcan de iluminación adecuada porque las ventanas, en su mayoría, son muy pequeñas. En viviendas que no cuentan con ambientes separados y/o donde vive más de una familia, se produce un problema de hacinamiento que afecta a quienes la habitan, sobre todo porque el uso de leña para la elaboración de alimentos permite la producción de gases que al ser inhalados provocan graves daños en la salud.

**Tabla 5.***Tipos de vivienda por caserío*

<b>Nombre de la comunidad, caserío, aldea</b> <b>El Cedro</b>	<b>Número de hogares/casas</b>	<b>Material de paredes</b>	<b>Material de techo</b>	<b>Material de piso</b>
Caserío San Rafael, aldea El Cedro	62	Madera y block	Lamina	Cemento
Caserío Bella Vista, aldea El Cedro	63	Block	Lamina y terraza	Cemento

*Nota.* Descripción de los tipos de vivienda por caserío. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

#### **1.7.2.7. Medios de comunicación**

Telefonía celular, comunicación escrita por medio de los señores de auxiliatura que llevan mensajes para la comunidad, estaciones de radio, televisión nacional y por cable, periódicos de la ciudad capital, centros de internet y radiodifusoras con frecuencia modulada (FM) y en amplitud modulada (AM), dentro de las cuales se mencionan: Recuerdo estéreo 101.9 Occidental estéreo 88.7 Futura FM 92.3 Dinámica FM 89.9 Especial FM 96.7 estéreo San Pedro 94.9 F.M Tropical FM 99.1 San José FM 91.2 Radio Begonia 98.7 F.M Radio Retama en AM, y otras que funcionan como radios comunitarias.

Según la superintendencia de telecomunicaciones para el 2008 se tenían en el municipio 4,876 líneas fijas. Se desconocen datos exactos sobre el servicio de telefonía celular, pero por percepción de la población manifiestan que en todas las comunidades rurales y cabecera municipal hay personas que cuentan con teléfonos celulares como medio de comunicación, siendo las empresas Tigo de

COMCEL, Claro de PCS y Movistar las que sobresalen. El uso de la telefonía celular ha aumentado, se considera que más del 80 % de las familias cuentan con un celular.

#### **1.7.2.8. Alcantarillado sanitario**

Según información proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación (2019), en la comunidad y caseríos existe un total de seis sistemas de letrinas al servicio de la población, no existe alcantarillado sanitario por la topografía del territorio.

### **1.8. Aspectos socioeconómicos**

Se describen en este apartado la actividad económica de la aldea, idioma y religión.

#### **1.8.1. Actividad económica**

La actividad económica de los hombres en esta aldea se realiza a través de: la agricultura (granos básicos, verduras y frutas); albañilería; comercio (tiendas, carpinteros); artesanía (tejedores de telas típicas); servicios varios (agentes de seguridad, pilotos automovilistas); profesionales (maestros, peritos contadores, entre otros.) De la población que se dedica a la agricultura, el 75 % se traslada a fincas de la costa sur del país, debido a la poca o nula asistencia técnica para el mejoramiento de los cultivos en la aldea.

Las mujeres de esta aldea que realizan actividades para generar ingresos económicos, lo hacen a través de prestación de servicios domésticos (comida, lavado, planchado y limpieza); producción y venta de animales domésticos y sus

derivados (gallinas, vacas, conejos, entre otros.); y comercio agrícola (venta de verduras, flores, frutas); manufactura (artesanía típica, tejidos de punto, costureras, bordadoras); comercio (tiendas, panaderías, entre otros.), servicios varios (comadronas); profesionales (maestras, secretarías, entre otros.) La actividad artesanal se realiza de manera empírica por no contar con la asistencia técnica para mejorar los productos que elaboran.

Aldea El Cedro posee lugares naturales que presentan atractivo al turista, siendo éstos:

- Las Minas
- Piedra 2
- El Molino
- Las Ventanas
- El Copete
- Piedra El Molino

### **1.8.2. Idioma y religión**

Antiguamente la población de El Cedro hablaba el Mam, pero se ha dejado de practicar, sobre todo por no tener acceso a un sistema educativo bilingüe, lo cual ha influido para que en la actualidad el total de los habitantes de la aldea hablen el español.

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

### **2.1. Diseño del sistema del sistema de conducción y distribución de agua potable segunda avenida (fase 1) para la aldea San José Caben**

Dentro de este diseño se presenta la localización de la fuente de abastecimiento, aforo de la fuente, calidad del agua, levantamiento topográfico, criterios de diseño, determinación de caudales, entre otras consideraciones importantes.

#### **2.1.1. Localización de la fuente de abastecimiento**

La fuente de abastecimiento se localiza en latitud: 14°59'31.00"N y longitud: 91°45'20.00"O esta fuente es un nacimiento la cual se encuentra en un terreno de la aldea y este mismo fue donado a la municipalidad para la realización del proyecto. Esta fuente se encuentra a 269.46 metros del tanque de distribución.

#### **2.1.2. Aforo de la fuente**

El aforo es un método para determinar el caudal de la fuente a la cual se necesita realizar el estudio correspondiente. El método empleado para este proyecto fue por el método volumétrico el cual consiste en utilizar una cubeta de 5 galones, tomando el tiempo de llenado de esta se puede determinar el caudal; para que el método sea más confiable se realiza 5 pruebas como mínimo.

Para este caso como existen dos derivadores de caudal se tomó el primer caudal del derivador 1 para referencia de lo que entra en el derivador 2 y así ver si existe algún tipo de pérdida.

En el derivador 2 se encuentra el caudal que se va a utilizar para el proyecto, mientras que el otro caudal que se divide ahí va hacia otra parte, de igual forma se tomó para conocer lo que entra en el derivador 2 y así mismo comprobar que no haya pérdidas.

**Tabla 6.**

*Datos de aforo derivador No.1, primer caudal*

No.	Tiempo (segundos)
1	3.13
2	3.15
3	4.22
4	5.79
5	3.33
6	4.75
7	5.14

*Nota.* Descripción de los datos de aforo derivador No. 1, primer caudal. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Así se determina que el primer caudal del derivador No.1 es de 4,49 L/s. este caudal es el que teóricamente entra al derivador No.2.

En este caso si tomamos los dos caudales en los cuales este derivador los divide para conocer si hay alguna pérdida de acuerdo con lo que entra del caudal anterior.



**Tabla 7.**

*Datos del aforo al derivador No.2, primer caudal*

No.	Tiempo (segundos)
1	7.49
2	8.09
3	6.75
4	8.49
5	8.09

*Nota.* Descripción de los datos de aforo derivador No. 2, primer caudal. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Así determinamos que el primer caudal del derivador No.1 es de 2.43 L/s.

**Tabla 8.**

*Datos del aforo al derivador No.2, segundo caudal*

No.	Tiempo (segundos)
1	9.70
2	10.05
3	9.40
4	9.44
5	9.75

*Nota:* Descripción de los datos de aforo derivador No. 2, segundo caudal. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Así se determina que el segundo caudal es de 1.95 L/s. Este caudal es que se va a utilizar para el proyecto.

Al hacer la sumatoria del primer y segundo caudal del derivador No. 2 se obtiene como resultado 4,38 L/s con esto es posible determinar que se pierde 0.11 L/s de acuerdo con lo que proporciona el primer caudal del derivador No.1.

### **2.1.3. Calidad del agua**

El agua para que pueda ser sanitariamente segura al consumo humano se determina la calidad de esta por medio un análisis fisicoquímico y bacteriológico los cuales se deben realizar por medio de lo que nos dice la norma COGUANOR NGO 29001.

#### **2.1.3.1. Análisis fisicoquímico**

El análisis establece la potabilidad del agua para consumo humano, realizando diversos ensayos que determinen el color, olor, turbiedad, pH, conductividad, dureza, calcio, magnesio, sulfato, nitrato, cloro residual y amonio.

#### **2.1.3.2. Análisis bacteriológico**

El análisis establece que el agua para consumo humano debe estar libre de cualquier microorganismo, parasito o presencias del grupo coliforme que perjudiquen la salud humana.

### **2.1.4. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico de un proyecto es una parte fundamental del mismo ya que con los datos que se recaban se puede representar gráficamente los puntos posibles donde pasara la tubería, también sirve para tomar referencias

sobre estructuras existentes, caminos, entre otros. El equipo utilizado para el levantamiento fue:

- Estación total marca Trimble
- Bastón de 2.65 metros
- Prisma
- Trípode de metal.
- Cinta métrica de 25 metros

#### **2.1.4.1. Altimetría**

Es una rama de la topografía que se basa en la diferencia de niveles entre puntos, se utilizó el método taquimétrico la cual toma la distancia tanto vertical como horizontal entre puntos por medio de una observación de una misma estación.

#### **2.1.4.2. Planimetría**

Se utilizó una poligonal abierta, con el método de conservación de azimut. Estos puntos encontrados sirven para poder proyectarlos en un plano de referencias tomando como inicio de estos puntos el norte.

#### **2.1.5. Criterios de diseño**

Dentro de los criterios de diseño se presenta el periodo, tasa de crecimiento, estimación y dotación.

### 2.1.5.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño es aquel en el cual debe funcionar correctamente el sistema sin presentar efectos negativos. Esto dependerá del crecimiento población, los materiales a utilizar, las tasas de interés, entre otros. Para este proyecto se adoptó un periodo de 20 años.

### 2.1.5.2. Tasa de crecimiento poblacional

De acuerdo con el plan comunitario para prevención de migración irregular y violencia en 2019 los habitantes en la aldea eran de 8,000 personas aproximadamente. Las autoridades de la aldea tenían un registro de un censo en el 2011 con 6,780 personas.

Con la siguiente formula se determinó la tasa de crecimiento:

$$i = \left(\frac{pf}{pa}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (1)$$

Fuente: INFOM guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.

Donde:

pf = población futura, 8,000 habitantes actuales

pa = población actual, 6,780 habitantes dato tomado por la aldea en el 2011.

n = número de años que está entre la población actual y futura, 8 años.

$$i = \left(\frac{8,000}{6,780}\right)^{\frac{1}{8}} - 1 = 2.09 \%$$

La tasa de crecimiento poblacional para la aldea es de 2.09 %.

### 2.1.5.3. Estimación de la población de diseño

La población futura de la aldea que será beneficiada con el proyecto se calculó según la ecuación de crecimiento geométrico:

#### Figura 5.

*Fórmula de estimación de población*

$$pf = pa(1 + i)^n \quad (2)$$

*Nota.* Descripción de la fórmula para calcular la población. Obtenido de INFOM (2020). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* (p. 12). Gobierno de Guatemala.

Donde:

pf = población futura

pa = población actual, 1,505 habitantes

i = tasa de crecimiento poblacional, 2.09 %

n = periodo de diseño, 20 años

$$pf = 1,505(1 + 0.0209)^{20} = 2,277 \text{ habitantes}$$

### 2.1.5.4. Dotación

Dotación es la cantidad (en volumen por habitante por unidad de tiempo) de agua que servirá a cada habitante. Para seleccionar este dato se debe conocer factores como el clima, el nivel de vida, la calidad del agua, actividades productivas que se realizan en la comunidad, entre otros. De acuerdo con las

normas del INFOM se determinó que se usará la dotación de 80 litros/hab/día, ya que la aldea tiene un clima frío y el área es rural.

### **2.1.6. Determinación de caudales**

Esto incluye el caudal medio diario, caudal máximo diario y el caudal máximo horario.

#### **2.1.6.1. Caudal medio diario (QMD)**

Es la cantidad de agua promedio que consume una población en un tiempo de 24 horas y está en función de la dotación y la población futura.

#### **Figura 6.**

*Fórmula del caudal medio diario (QMD)*

$$QMD = \frac{\text{dotacion} * \text{poblacion futura}}{86\ 400} \quad (3)$$

*Nota.* Descripción de la fórmula para calcular el caudal medio diario. Obtenido de INFOM (2020). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* (p. 12). Gobierno de Guatemala.

$$QMD = \frac{80 \text{ (L/hab/ dia)} * 2,277 \text{ habitantes}}{86,400} = 2.11 \text{ L/s}$$

#### **2.1.6.2. Caudal máximo diario (QDM)**

Es la cantidad máxima de consumo de agua en una población en un tiempo de 24 horas observado en un año. Para encontrar este caudal es necesario un factor de día máximo el cual está en función de la población a servir.

Si la población futura es menor a 1,000 habitantes el factor es de 1.5 y si es mayor a 1,000 habitantes el factor es de 1.2.

**Figura 7.**

*Fórmula del caudal máximo diario (QDM)*

$$QDM = f_{dm} * QMD \text{ (4)}$$

*Nota.* Descripción de la fórmula para calcular el caudal medio diario. Obtenido de INFOM (2020). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* (p. 12). Gobierno de Guatemala.

$$QDM = 1.2 * 2.11 = 2.53 \text{ L/s}$$

**2.1.6.3. Caudal máximo horario (QHM)**

Es la cantidad de agua máxima consumida dentro de una hora del día, observado en un año. Para encontrar este caudal es necesario un factor de hora máximo (f<sub>hm</sub>) el cual está en función de la población a servir. Si la población futura es menor a 1,000 habitantes el factor es de 2.5 y si es mayor a 1,000 habitantes el factor es de 2.

**Figura 8.**

*Fórmula para caudal máximo horario*

$$QHM = f_{hm} * QMD \text{ (5)}$$

*Nota.* Descripción de la fórmula para calcular el caudal máximo horario. Obtenido de INFOM (2020). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* (p. 12). Gobierno de Guatemala.

$$Q_{HM} = 2 * 2.11 = 4.22 \text{ L/s}$$

## **2.1.7. Diseño de los componentes del sistema**

Dentro de los componentes que se consideran dentro del diseño del sistema se encuentra la captación, línea de conducción, tanque de distribución, línea de distribución, obras hidráulicas y sistemas de desinfección.

### **2.1.7.1. Captación**

Es una estructura que su función es recolectar el agua de la fuente. La captación para este proyecto ya está construida de concreto armado y es una captación típica.

### **2.1.7.2. Línea de conducción**

La línea de conducción es la tubería que trabaja a presión forzada que viene desde la captación y va hacia el tanque de distribución, esta tubería puede ser de PVC o de HG. El proyecto consta de dos derivadores de caudal los cuales serán tomados si es necesarios como cajas rompe presión, las cuales tienen como función romper la presión de la tubería si excede los metros columna de agua.

Los cálculos para presentar la memoria de cálculo del diseño de la línea de conducción fueron determinados utilizando la fórmula de Hazen-Williams:

$$H_f = \frac{1743,811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * \phi^{4.87}} \quad (5)$$



Donde:

Hf = pérdidas por fricción en la tubería (m)

L = longitud del tramo (m)

Q = caudal (L/s)

∅ = diámetro interno de la tubería (pulg)

C = coeficiente de rugosidad del material

Ejemplo de diseño tramo 1 (conducción)

Datos:

Cota inicial tramo P4 = 997.80m

Cota final tramo P13 = 976.13 m

Longitud = 114.62 m

Coeficiente de rugosidad, PVC = 150

Caudal = 4.48 L/s

Determinando carga disponible:

Hf = P1 – P4

Hf = 1,009.94 – 997.80

Hf = 12.14 m

Determinando diámetro teórico:

$$\emptyset = \left( \frac{1743,811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * Hf} \right)^{\frac{1}{4.87}}$$

$$\emptyset = \left( \frac{1743.811 * 45.78 * 4.48^{1.85}}{150^{1.85} * 12.14} \right)^{\frac{1}{4.87}} = 1.72 \text{ pulg}$$

Se tomó un diámetro comercial de 2" con un diámetro interno de 2.193".

Cálculo de la pérdida:

$$Hf = \frac{1743.811 * 45.78 * 4.48^{1.85}}{150^{1.85} * 2.193^{4.87}} = 1.64 \text{ m}$$

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{1.9735 * Q}{\phi^2}$$

$$V = \frac{1.9735 * 2.11}{1.532^2} = 1.83 \text{ m/s}$$

La velocidad se encuentra entre 0.40 m/s y 3.00 m/s, por lo tanto, cumple con los parámetros el diámetro propuesto.

Cálculo de cota piezométrica:

$$CP = \text{cota inicial} - Hf$$

$$CP = 997.80 - 1.64 = 996.16 \text{ m}$$

Cantidad de tubos:

$$\text{No. tubos} = \frac{L}{6}$$

$$\text{No. tubos} = \frac{114.62}{6} = 20 \text{ unidades}$$

## Figura 9.

### Línea de conducción tubería PVC 160 PSI

Est	P.O.	D.H. (m)	Cota inicial (m)	Cota final (m)	Caudal de diseño (L/s)	Diámetro teórico (pulg)	Diámetro nominal (pulg)	Diámetro interno (pulg)	Hf real (m)	V (m/s)	Cota piezométrica inicial (m)	Cota piezométrica final (m)	Cantidad de tubos
P4	P13	114.62	997.8	976.13	4.48	1.718	2"	2.193	1.637	1.838	997.8	996.163	20
P13	P22	65.64	976.13	973.24	2.11	1.740	2"	2.193	0.937	0.866	996.163	995.225	11

*Nota.* Descripción de la línea de conducción tubería PVC 160 PSI. Obtenido de INFOM (2020). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* (p. 23). Gobierno de Guatemala.

### 2.1.7.3. Tanque de distribución

El tanque de distribución funciona para compensar las horas de mayor demanda, en la mayoría de los casos el tanque es diseñado con muros de concreto ciclópeo, cubierta de concreto reforzado, semienterrado y considerando la condición crítica a sección llena. Según UNEPAR el volumen por un sistema de gravedad se encuentra entre 25 % y 40 % del consumo máximo diario.

## Figura 10.

### Fórmula del tanque de distribución

$$V = QMD * 86.4 * (25 \% - 40 \%) \text{ (6)}$$

*Nota.* Descripción de la fórmula del tanque de distribución. Obtenido de INFOM (2020). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* (p. 23). Gobierno de Guatemala.

Para este caso se utilizó el 35 %:

$$V = 2.11 * 86.4 * (35 \%) = 63.81 \text{ m}^3 \approx 70 \text{ m}^3$$

El tanque actual posee una capacidad de  $147 \text{ m}^3$ , por lo tanto, cumplirá la demanda futura.

#### **2.1.7.4. Línea de distribución**

La red de distribución como su nombre lo indica es la encargada de distribuir el agua potable desde el tanque de distribución o almacenamiento hasta las viviendas beneficiarias de esta red, se debe tomar en cuenta algunos factores como, por ejemplo, la topografía del lugar, el tipo de red a utilizar y la forma en la que están ubicadas las viviendas. Para este caso se trabajará con una red abierta.

De acuerdo con los parámetros del proyecto, se realizó una tabla de caudales de diseño por cada ramal y subrama del proyecto, el cual contiene caudal día máximo, caudal hora máxima, caudal de consumo.

**Figura 11.**

*Caudales de diseño*

PARAMETROS DE DISEÑO			
Tasa de Crecimiento	2.09	Hab/Viv	5
Periodo de Diseño	20	Dotacion	80
Factor de Crecimiento	1.5124	Factor dia Maximo	1.2
		Factor Hora Maxima	2

TABLA DE CAUDALES DE DISEÑO									
PC	Viv Act	Hab Act	Viv Fut	Hab Fut	Dotacion	Caudal Prom $\bar{Q}$	Caudal dia Max $Q_{dm}$	Caudal Hora Max $Q_{hm}$	Caudal Consm Sim $Q_{cs}$
LG	82	410	124	620	80	0.57	0.6889	1.1481	2.22
1	5	25	8	38	80	0.04	0.0422	0.0704	0.53
2	29	145	44	219	80	0.20	0.2433	0.4056	1.31
3	47	235	71	355	80	0.33	0.3944	0.6574	1.67
3.1	3	15	5	23	80	0.02	0.0256	0.0426	0.40
3.2	5	25	8	38	80	0.04	0.0422	0.0704	0.53
4	9	45	14	68	80	0.06	0.0756	0.1259	0.72
4.1	9	45	14	68	80	0.06	0.0756	0.1259	0.72
5	6	30	9	45	80	0.04	0.0500	0.0833	0.57
6	26	130	39	197	80	0.18	0.2189	0.3648	1.23
7	4	20	6	30	80	0.03	0.0333	0.0556	0.45
8	25	125	38	189	80	0.18	0.2100	0.3500	1.22
8.1	8	40	12	60	80	0.06	0.0667	0.1111	0.66
8.2	4	20	6	30	80	0.03	0.0333	0.0556	0.45
8.3	5	25	8	38	80	0.04	0.0422	0.0704	0.53
8.4	15	75	23	113	80	0.10	0.1256	0.2093	0.94
9	2	10	3	15	80	0.01	0.0167	0.0278	0.28
10	5	25	8	38	80	0.04	0.0422	0.0704	0.53
11	12	60	18	91	80	0.08	0.1011	0.1685	0.82

*Nota.* Descripción de los caudales de diseño. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Ejemplo de diseño ramal 1 (distribución)

Datos:

Cota inicial tramo P34 = 968.77 m

Cota final tramo P35 = 939.71 m

Longitud = 92.35 m

Coeficiente de rugosidad, PVC = 150

Caudal = 0.53 L/s

- Presión estática: es la diferencia entre la cota piezométrica de salida y la cota de terreno de llegada, esta diferencia no debe exceder los 60 metros, de suceder esto, se deberá colocar una caja rompe presión.

### Figura 12.

*Fórmula de la presión estática*

$$\text{Presion estatica} = \text{cota P34} - \text{cota P35} \quad (8)$$

*Nota.* Descripción de la fórmula de la presión estática. Obtenido de Ruiz, Pedro. (2007). *T.G Apuntes, Ingeniería Sanitaria 1.* (p. 45). Universidad de San Carlos de Guatemala.

$$\text{Presion estatica} = 968.77 - 939.71 = 29.06 \text{ m}$$

- Diámetro de la tubería  
Se propuso una pérdida de carga de 5 metros.

### Figura 13.

*Fórmula de diámetro de la tubería*

$$\emptyset = \left( \frac{1743.81 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * Hf} \right)^{\frac{1}{4.87}}$$

*Nota.* Descripción de la fórmula de diámetro de la tubería. Obtenido de INFOM (2020). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* (p. 25). Gobierno de Guatemala.

Donde:

Hf = pérdidas por fricción en la tubería (m)

L = longitud del tramo (m)

Q = caudal (L/s)

$\emptyset$  = diámetro interno de la tubería (pulg)

C = coeficiente de rugosidad del material

$$\emptyset = \left( \frac{1,743.811 * 92.3498 * 0.53^{1.85}}{150^{1.85} * 5} \right)^{\frac{1}{4.87}} = 0.9846 \text{ pulgadas}$$

Se toma el diámetro más cercano, para este caso se tomará de 1 pulgada, pero se utilizará el diámetro 1.195 pulgadas.

Con el diámetro real encontrado, se calcula la pérdida de carga real con la fórmula de Hazen-Williams.

$$Hf = \frac{1,743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * \emptyset^{4.87}}$$

$$Hf = \frac{1,743.811 * 92.3498 * 0.53^{1.85}}{150^{1.85} * 1.195^{4.87}} = 1.9471 \text{ m}$$

Cota piezométrica:

Es una diferencia entre la cota piezométrica de salida menos la pérdida de carga, esto nos da la presión del cual en cualquier punto de la red de distribución.

$$\text{Cota piezométrica P35} = \text{cota P34} - Hf$$

$$\text{Cota piezométrica P35} = 968.77 - 1.9471 = 966.83 \text{ m}$$

- Presión dinámica: Es la presión con la que trabaja el caudal cuando el sistema de la red de distribución está en uso.

## Figura 14.

### Fórmula de la presión dinámica

$$\text{Presión dinámica} = \text{cota piezometrica} - \text{cota P35}$$

Nota. Descripción de la fórmula de la presión estática. Obtenido de Ruiz y Pedro. (2007). T.G Apuntes, Ingeniería Sanitaria 1. (p. 47). Universidad de San Carlos de Guatemala.

$$\text{presión dinámica} = 966.83 - 939.71 = 27.12 \text{ mca}$$

Velocidad de diseño:

$$V = \frac{1.9735 * Q}{\phi^2}$$

Sustituyendo:

$$Q = 0.53 \text{ L/s}$$

$$D = 1.195 \text{ pulgadas}$$

$$V = \frac{1.9735 * 0.53}{1.195^2} = 0.7326 \frac{m}{s}$$

Esta dentro del rango de velocidades por lo tanto cumple.

Cantidad de tubos:

$$\text{No. tubos} = \frac{L}{6}$$

$$\text{No. tubos} = \frac{90}{6} = 15 \text{ unidades}$$





### **2.1.7.5. Obras hidráulicas**

A continuación, se describen las obras hidráulicas como caja reguladora de caudal, caja reunidora de caudal, válvulas de compuerta, entre otros.

#### **2.1.7.5.1. Caja reguladora de caudal**

Esta obra hidráulica se utiliza para recibir el caudal de la línea de conducción, para posteriormente distribuir el caudal en 2 o 3 vías como esta en el proyecto. Actualmente estas cajas existen en el proyecto.

#### **2.1.7.5.2. Caja reunidora de caudal**

Estas son las cajas que reciben el agua potable del derivador de caudal, son de mampostería de block, cuentan con válvulas de control antes y después de caja.

#### **2.1.7.5.3. Válvulas de compuerta**

Se contemplaron estas válvulas con el fin de sectorizar o cerrar algún tramo con el fin de inspeccionar, reparar o mantenimiento y de esa forma no obstruir el resto del sistema. Este tipo de válvulas deben ser protegidas con cajas de mampostería de block y tapadera de concreto.

#### **2.1.7.5.4. Válvulas de limpieza**

Estas válvulas sirven para extraer sedimentos que se acumulan en las partes bajas de las tuberías de esa forma evitar obstruir el sistema.

#### **2.1.7.5.5. Válvulas de aire**

Estas válvulas permiten liberar el aire que se encuentra en las partes altas de la tubería ya que esto provoca que el agua no continúe su recorrido. Por lo tanto, estas se colocan en los puntos altos del sistema.

#### **2.1.8. Programa de operación y mantenimiento**

El programa tiene como objetivo proporcionar prácticas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo. Hoy en día la mayoría de los proyectos de agua potable carecen o se desconoce la aplicación de un programa de operación y mantenimiento por lo tanto la vida útil de un proyecto se deteriora más rápido de lo propuesto generando así pérdidas no solo sociales por la falta de agua que daría sino también pérdidas económicas no contempladas en el proyecto provocando así el abandono de este.

##### **2.1.8.1. Válvulas**

Las válvulas son instrumentos que sirven para aliviar, limpiar o interrumpir el paso del agua. Por lo tanto, para mantenerlas en condiciones óptimas se debe abrir y cerrar lentamente con el fin de evitar daños en la tubería por las grandes presiones. Revisar que no haya fugas y realizar limpieza. Estas acciones se deben realizar cada 3 meses como mínimo.

### **2.1.8.2. Línea de conducción**

#### Operación

- Antes de poner en marcha la línea de conducción, deberá hacerse la desinfección de la tubería.
- Orientar dentro de la actividad de verificación, la situación operacional de las líneas de conducción.
- Estar siempre disponible para atender consultas y dar orientación acerca del plano de la línea de conducción.
- Realizar periódicamente un recorrido sobre la línea de conducción, verificar el estado general de las mismas, de los accesorios e informar inmediatamente sobre situaciones anormales que puedan afectar su funcionamiento, tales como construcciones, inconvenientes, derivaciones clandestinas, entre otros.

#### Mantenimiento

- Recorrer toda la línea y revisar si hay fugas de agua, deslizamientos o hundimientos de la tierra que puedan afectar la tubería.
- Si se encuentra alguna parte húmeda, se debe excavar con cuidado y mirar si se trata de alguna fuga.
- Si la tubería es de PVC, se debe asegurar que en ningún lugar esté descubierta o al aire libre.
- Se limpia los alrededores del área donde se encuentra instalada la tubería, quitando la maleza, ramas, hojas, entre otros., con el fin de facilitar la inspección.
- Si se encuentra algún problema, se debe reparar inmediatamente. Si el problema requiere de una reparación mayor, se debe comunicar a las

autoridades del caserío (COCODE y Auxiliatura) para que se tomen las medidas correctivas necesarias.

### **2.1.8.3. Tanque de distribución**

#### Operación

- Antes de poner en marcha el tanque de distribución, deberá hacerse la limpieza y desinfección del tanque.
- Colocar el niple del rebalse en el drenaje de la caja o cerrar la válvula de compuerta.
- Cerrar válvula de compuerta del by-pass.
- Se debe abrir las válvulas de compuerta de ingreso y comenzar a llenar el tanque.
- Cuando el nivel del tanque supere la mitad de su capacidad, se debe abrir la válvula de salida y comenzar la distribución de agua.
- Se debe abrir la válvula de compuerta del hipo clorador.

#### Mantenimiento cada mes

- Se debe revisar sino se presentan grietas en el muro, tapadera y losa. Al encontrar grietas deben repararse con mezcla.
- Revisar el interior del tanque con el equipo necesario de iluminación para mejorar la visualización de este.
- Verificar los candados de las tapaderas, lubricar las cerraduras con aceite especial para que no haya problemas con llaves.

#### Mantenimiento cada 3 meses

- Lavar el tanque en su interior.
- No usar ningún tipo de jabón o detergente para lavado del tanque en el interior.
- Limpiar paredes y piso con agua y remover los sedimentos del fondo.
- Para sacar la suciedad del tanque, abrir el agua por 20 minutos.
- Abrir válvula del hipo clorador.

#### Mantenimiento cada 6 meses

Se debe desinfectar con cloro las paredes y piso del tanque o cuando se realice una reparación de la siguiente manera:

- Cerrar válvula de salida y entrada al tanque.
- Cerrar válvula del hipo clorador.
- Abrir válvula de by-pass.
- Abrir válvula de drenaje o quitar niple de rebalse, luego vaciar el tanque.
- En botes de 5 galones con agua se debe vaciar  $\frac{1}{2}$  bolsita de cloro líquido y moverlo
- para que se mezcle.
- Con la solución y un cepillo plástico, se deben limpiar paredes y luego el piso,
- protegerse la mano con guantes amarrados a la muñeca.
- Abrir válvula de entrada al tanque y dejar correr el agua para eliminar los restos de cloro y dejar que el agua sucia salga por el drenaje.
- Cerrar válvula de drenaje o colocar el niple del rebalse.
- Cerrar válvula de by-pass.
- Abrir válvula del hipo clorador.

- Esperar que el tanque se llene y luego abrir válvula de salida lentamente.

Mantenimiento cada año

Realizar una capa de pintura con pintura anticorrosiva a los componentes de metal y con pintura de exterior, pintar las paredes externas y la cubierta del tanque esto con el fin de que se deteriore y genere filtraciones.

#### **2.1.8.4. Línea de distribución**

Operación

- Abrir la válvula de compuerta lentamente para liberar la presión y no rompa la tubería.
- En las viviendas abrir el chorro de salida de agua para expulsar el aire dentro de la tubería.
- Una vez empiece a brotar el agua cerrar el chorro de salida.

Mantenimiento

- Se debe inspeccionar toda la línea y cada ramal para ver si no se encuentra con fugas visibles, verificar que no se presenten hundimientos en la tierra que puedan afectar la línea de distribución. De encontrar algún desperfecto se debe excavar con precaución y reparar si se trata de una fuga.
- Cuando la tubería es de PVC no puede estar expuesta al ambiente ya que esta puede deteriorarse y sufrir alguna fractura.
- Se debe realizar una limpieza alrededor de donde vaya la línea de distribución, removiendo la maleza, entre otras cosas.

### **2.1.8.5. Conexiones domiciliarias**

#### Mantenimiento

- El medidor de agua no debe estar cubierto con tierra o lodo.
- Tanto el medidor y la válvula deben ir en una caja de concreto.
- Verificar que estos artefactos se encuentren dentro de la banqueteta.
- Programar la limpieza de las cajas de registro para que la basura o maleza no interfieran en el funcionamiento.
- Verificar que los artefactos del domicilio no estén en mal estado o dañados y así evitar pérdida de agua potable.

### **2.1.9. Propuesta de tarifa**

Cuando se realiza un proyecto de agua potable se debe establecer diversos parámetros para que se cumpla la vida útil del proyecto. Parte de esos parámetros se describieron anteriormente como lo es la operación y mantenimiento de cada componente de este proyecto. Para lograr cubrir los mantenimientos periódicamente se debe establecer una tarifa a cada vivienda con el fin de mantener cada componente del proyecto como también realizar un mantenimiento correctivo cuando lo amerite.

#### **2.1.9.1. Costo de operación (O)**

Este costo indica el pago mensual al fontanero que tendrá como funciones la revisión de las líneas, ramales y subramales del sistema, conexiones domiciliarias y mantenimiento y operación del sistema de desinfección.



Tomando en consideración lo anteriormente descrito, de acuerdo con el ministerio de trabajo establece que el salario mínimo es de Q 2 959.24. Este salario es no agrícola y es donde entraría el fontanero encargado de la operación y mantenimiento del sistema.

### **2.1.9.2. Costo de mantenimiento (M)**

El costo de mantenimiento va orientado al mantenimiento preventivo y correctivo, para la compra de los materiales.

$$M = \frac{0.004 * Costo\ proyecto}{20}$$

Ecuación No.11

$$M = \frac{0.004 * 1,021,052.77}{20} = Q204.21/mes$$

### **2.1.9.3. Costo de tratamiento (T)**

El tratamiento no es más que la compra del método de desinfección, mensual.

$$T = Costo\ tableta\ en\ gramos * numero\ de\ tabletas\ a\ utilizar\ en\ un\ mes$$

Ecuación No.12

$$T = Q13/tableta * 31 = Q403/mes$$

#### 2.1.9.4. Costo de administración (A)

Es el gasto que servirá para papelería, sellos, viáticos, entre otros. Este es un valor del 15 % de la suma del costo de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$A = 0.15 * (O + M + T)$$

Ecuación No.13

$$A = 0.15 * (930.58 + 204.21 + 403) = Q230.67/mes$$

#### 2.1.9.5. Costo de reserva (R)

Es el dinero que va orientado a los gastos imprevistos que puedan afectar el proyecto de una forma diferente a las anteriores descritas. Se tomará el 12 % de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 0.12 * (O + M + T)$$

Ecuación No.14

$$R = 0.12 * (930.58 + 204.21 + 403) = Q184.53/mes$$

#### 2.1.9.6. Tarifa propuesta (TAR)

$$TAR = \frac{O + M + T + A + R}{\#Viviendas}$$

Ecuación No.15

$$TAR = \frac{930.58 + 204.21 + 403 + 230.67 + 184.53}{301} = Q6.49/mes \cong Q15$$

### 2.1.10. Elaboración de planos

A continuación, se presentan los planos en formato doble carta, los cuales llevan plantas, perfiles, entre otros. Estos están elaborados a escala convencional.

#### Tabla 9.

*Identificación de planos*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>PLANO</b>
Planta de red de conducción y distribución 0+000.00 a 0+500.00	1/19
Planta de red de conducción y distribución 0+500.00 a 1+300.00	2/19
Planta de red de conducción y distribución 1+660.00 a 1+664.96	3/19
Planta y perfil línea de conducción	4/19
Perfil línea de distribución 0+000.00 a 1+664.96	5/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 1	6/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 2	7/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 3	8/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 3.1 y 3.2	9/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 4	10/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 4.1 y 5	11/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 6	12/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 7	13/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 8	14/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 8.1 y 8.2	15/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 8.3 y 8.4	16/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 9 y 10	17/19
Planta y perfil línea de distribución ramal 11	19/19
Detalles generales	19/19

*Nota.* Descripción de la identificación de plano. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

## 2.1.11. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 10.**

*Evaluación de impacto ambiente del proyecto*

Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p><b>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y <b>debe</b> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>• Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>• La información <b>debe</b> ser completada, utilizando letra de <b>molde legible</b> o a máquina de escribir.</li> <li>• Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: <a href="mailto:vunica@marn.gob.gt">vunica@marn.gob.gt</a></li> <li>• Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</li> <li>• Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul>	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
<b>I. INFORMACION LEGAL</b>	
<p><b>I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad:</b> <b>SISTEMA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE</b></p>	
<p><b>1.1.1 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento</b></p>	
<b>INTRODUCCION DE AGUA POTABLE</b>	
<p><b>I.2. Información legal: MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEQUEZ, SAN MARCOS</b> <b>A) Nombre del Proponente o Representante Legal: MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS</b></p>	
<p><b>B) De la empresa:</b> Razón social:</p>	
<p>_____</p>	
<p>Nombre Comercial:</p>	

Continuación de la tabla 10.

No. De Escritura Constitutiva: \_\_\_\_\_  
Fecha de constitución: \_\_\_\_\_  
Patente de Sociedad Registro No. XXXXXX Folio No. \_\_\_\_\_  
XXXX Libro No. XXX

Patente de Comercio Registro No. Folio No. Libro No.

No. De Finca XXX Folio No. \_\_\_\_\_  
XXX Libro No. XXX de GUATEMALA  
obra, industria o actividad.

Número de Identificación Tributaria (NIT): \_\_\_\_\_

**I.3 Teléfono Fax Correo electrónico:**

**I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto:**

**ALDEA SAN JOSE CABEN DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS**

Especificar Coordenadas UTM o Geográficas	
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84 <b>HUSO 15</b> )	Coordenadas Geográficas Datum WGS84
<b>632998.560323355 ESTE</b>	<b>LONGITUD: 91.7702777777778</b>
<b>1657007.43114427 NORTE</b>	<b>LATITUD: -14.9847222222222</b>

**I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)**

**MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS**

**I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo**

**ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ**

**II. INFORMACION GENERAL DEL MARN**

Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:

Continuación de la tabla 10.

Etapa de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividades para realizar</li> <li>- <b>1. REMOCION DE LA CAPA VEGETAL, INCLUTE GRAMA NATIVA</b></li> <li>- <b>2.ELIMNACION DE CAPA ORGANICA</b></li> <li>- <b>3. EXCAVACION DE ZANJA.</b></li> <li>- <b>4. COLOCACION DE TUBERIA.</b></li> <li>- <b>5.CONEXIONES DOMICILIARES</b></li> <li>- <b>4. RELLENO DE ZANJA.</b></li> <li>- <b>5.COMPACTACION.</b></li> <li>- Maquinaria</li> <li>- <b>1. EXCAVADORA</b></li> <li>- <b>2. CAMIONES DE VOLTEO</b></li> <li>- <b>3.COMPACTADORA MANUAL</b></li> <li>- <b>4.CAMION CISTERNA</b></li> <li>-</li> <li>- Otros de relevancia</li> <li>- <b>1. LETRINA PORTATIL DE QUIMICOS</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividades o procesos</li> <li>- <b>1. MATERIA PRIMA</b></li> <li>- <b>COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES</b></li> <li>- <b>2. MAQUINARIA Y VEHICULOS</b></li> <li>- <b>A CAMIONES DE VOLTEO</b></li> <li>- <b>B. EXCAVADORA</b></li> <li>- <b>3. PRODUCTOS E INSUMOS</b></li> <li>- <b>A. ACEITE, DIESEL Y GASOLINA</b></li> <li>- <b>G. INODORO SEPTICO BIOLOGICO</b></li> <li>- <b>H, HERRAMIENTA, PALA PLOCHAS Y OTROS</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- acciones a tomar en caso de cierre</li> <li>- <b>1. RESTITUCION DEL SUELO ORGANICO</b></li> <li>- <b>2. ESTABLECER RUTAS ALTERNAS</b></li> </ul>

**II.3 Área**

- a) Área total de terreno en metros cuadrados: **6.1 KM**\_\_\_\_\_
- b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: **6.1 KM**\_\_\_\_\_
- c) Área total de construcción en metros cuadrados: \_\_\_\_\_

**II.4 Actividades colindantes al proyecto:**

NORTE\_ **ALDEA SANTA TERESA, MUNICIPIO SAN LORENZO**  
 SUR\_ **CASCO URBANO, MUNICIPIO SAN PEDRO SACATEPEQUEZ**  
 ESTE\_ **ALDEA SAN ISIDRO Y SANTA TERESA, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ**  
 OESTE\_ **ALDEA LA GRANDEZA, MUNICIPIO SAN PEDRO SACATEPEQUEZ**

Continuación de la tabla 10.

**Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, entre otros.):**

DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO

**II.5 Dirección del viento:**

**NORTE**

**II.7 Datos laborales**

a) Jornada de trabajo: Diurna (  ) Nocturna (  ) Mixta (  ) Horas Extras

b) Número de empleados por jornada 10 Total empleados 10

d) otros datos laborales, especifique

**II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...**

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	<b>Servicio publico</b>	SI	120	PIPAS	REGARR		
	<b>Pozo</b>						
	<b>Agua especial</b>						
	<b>Superficial</b>						

Continuación de la tabla 10.

Combustible	Otro						
	Gasolina	SI		GASOLINERA			
	Diesel	SI		GASOLINERA			
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros							
<b>NOTA. si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</b>							

**III. TRANSPORTE**

III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:

- a) Número de vehículos   2   **CAMIONES** **DE** **VOLTEO**
- b) Tipo de vehículo \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_
- c) sitio para estacionamiento y área que ocupa \_\_\_\_\_

**IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD**

**IV.1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES**

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).



Continuación de la tabla 10.

No.	Aspecto Ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, entre otros.)	Levantamiento de pequeñas cantidades de partículas de polvo y de cemento en la construcción del proyecto.	En los lugares en donde se construirá dicho proyecto.	Dar un manejo adecuado al cemento y humedecer áreas de excavación.
		Ruido	Temporal	Movimiento de tierras	Los audífonos no se utilizarán por seguridad del personal por el uso de maquinaria.

Continuación de la tabla 10.

		Vibraciones	<b>Temporal</b>	<b>1. Relleno de material</b> <b>2. compactación final</b>	<b>Se utilizarán camiones cisternas para administrar agua para la operación de consolidar el material y riego en el área.</b>
2	Agua	Abastecimiento de agua	<b>Generación de gran cantidad de aguas residuales por el uso desmedido del agua.</b>	<b>En la comunidad que va a beneficiar el proyecto.</b>	<b>Se utilizará únicamente la cantidad de agua necesaria para el consumo de la comunidad beneficiada, a través de una dotación diaria y de un control por el comité de agua de la comunidad.</b>
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	<b>Cantidad: 10000 LITROS</b>	<b>Agua de limpieza</b>	<b>Uso de letrina de eliminación químico.</b>

Continuación de la tabla 10.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	<b>Cantidad:</b> lo producido por los materiales del proyecto.	En toda el área del proyecto.	Recolectar todos los desechos sólidos producidos y transpórtalos al depósito de basura de la comunidad.
		Desechos Peligrosos (con una o mas de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	<b>Cantidad:</b> NO APLICA	Disposición	NO APLICA
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	NO APLICA		NO APLICA
		Modificación del relieve o topografía del área	NO APLICA		
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	<b>Cantidad:</b> NO APLICA	Disposición	NO APLICA
		Fauna (animales)	<b>Cantidad</b> NO APLICA	Disposición	NO APLICA
		Ecosistema			

Continuación de la tabla 10.

5	Visual	Modificación del paisaje	<b>Cantidad: NO APLICA</b>	Disposición	<b>NO APLICA</b>
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	<b>NO APLICA</b>	<b>NO APLICA</b>	<b>NO APLICA</b>
7	Otros				

Continuación de la tabla 10.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA			
<b>CONSUMO</b>			
V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) ___/MES _____ <b>NO SE CONSUMIRA ENERGIA POR SER UN SISTEMA ECOLOGICO FRAGIL</b> _____			
V.2 Forma de suministro de energía			
<p>a) _____</p> <p>público _____</p>	a)	Sistema	
<p>b) _____</p>	b)	Sistema	privado
<p>c) _____</p>	c)	generación	propia
V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?			
SI _____ NO _____			
V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?			
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD			
<b>VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:</b>			
<p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p>			
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:			

Continuación de la tabla 10.

<b>VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</b>						
a) inundación ( )	b) explosión ( )	c) deslizamientos ( )				
d) derrame de combustible ( )	e) fuga de combustible ( )	d) Incendio ( )	e) Otro ( X )			
Detalle la información explicando el por qué?						
<hr/>						
<b>DURANTE LA EPOCA DE LLUVIAS, PUEDE PROVOCAR QUE SE VAYA TIERRA Y BASURA EN LAS ZANJAS.</b>						
<hr/>						
<hr/>						
<hr/>						
<hr/>						
<b>VI.3 riesgos ocupacionales:</b>						
<input type="checkbox"/>	Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores					
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores					
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores					
<input type="checkbox"/>	No existen riesgos para los trabajadores					
Ampliar información:						
<b>LEVE DEBIDO AL MOVIMIENTO DE TIERRA EXTRAIDO DE LAS ZANJAS Y EL POLVO DEL MISMO</b>						

Continuación de la tabla 10.

<p><b>VI.4 Equipo de protección personal</b></p> <p>VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI ( x ) NO ( )</p> <p>VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:</p> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. CASCO PARA PROTECCION DURANTE LA CONSTRUCCION</b></li><li><b>2. AUDIFONOS DIRANTE LA CONSTRUCCION</b></li><li><b>3. BOTAS PARA PROTEGERSE DE LODOS Y VIBORAS EN EL AREA</b></li><li><b>4. MASCARILLA</b></li></ol> <p>VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. REGAR EL AREA CONSTANTEMNETE PARA NO PRODUCIR POLVO</b></li><li><b>2. UTILIZAR LONA EN CAMIONES DE VOLTEO PARA EVITAR POLVO Y CAIDA DE MATERIALES REMOVIDOS</b></li><li><b>3. REALIZAR EL SERVICIO MECANICON DE MANTENIMIENTO A VECHICULOS QUE SE UTILIZARA PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA</b></li><li><b>4. UTILIZAR LOS EQUIPOS DE COMPACTACION EN FORMA ADECUADA PARA EVITAR VIBRACIONES EXCESIVAS QUE PONGA EN PELIGRO LA ESTRUCTURA DEL SUELO Y PUEDA PROVOCAR ALGUN PANICO AL LA BIOTA DEL AREA.</b></li></ol>
--

*Nota.* Descripción del formulario para el estudio de impacto ambiental. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2023). *Formularios del MARN.* (<https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-ambiente/digarn/formularios-ambientales/>), consultado el 15 de abril de 2022. De dominio público.

### **2.1.12. Evaluación socioeconómica**

La evaluación socioeconómica incluye el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el presupuesto.

### 2.1.12.1. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) es el método conocido para evaluar un proyecto como inversión a largo plazo. Es importante tener en cuenta que el valor del Valor Presente Neto depende de las siguientes variables: La inversión inicial previa, las inversiones durante la operación, los flujos netos de efectivo, la tasa de descuento y el número de periodos que dure el proyecto.

El presente proyecto tiene un costo de Q 1,021,052.77 debido a la característica del proyecto, esta inversión no es recuperable y deberá ser proporcionada por alguna institución, sea o no gubernamental. Para el análisis de VPN, este rubro no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es auto sostenible.

Costo de mantenimiento y operación anual (CA)

$$CA = (O + M + T + A + R) * 12 \text{ MESES}$$

$$CA = (930.58 + 204.21 + 403 + 230.67 + 184.53) * 12 = Q23,435.88$$

Tarifa de población anual (IA)

$$IA = TAR * \#VIVIENDAS * 12 \text{ MESES}$$

$$IA = 15 * 301 * 12 \text{ MESES} = Q54,180$$

Costo de operación y mantenimiento

$$VP = CA * \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right]$$



$$VP = 23,435.88 * \left[ \frac{(1 + 0.11)^{20} - 1}{0.11 * (1 + 0.11)^{20}} \right] = Q186,627.60$$

Tarifa poblacional

$$VP = IA * \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right]$$

$$VP = 54,180 * \left[ \frac{(1 + 0.11)^{20} - 1}{0.11 * (1 + 0.11)^{20}} \right] = Q431,453.12$$

$$VPN = INGRESOS - EGRESOS$$

$$VPN = Q431,453.12 - Q186,627.60$$

$$VPN = Q244,825.52$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento, que se necesiten durante el período de funcionamiento.

### 2.1.12.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés que se utiliza para evaluar la rentabilidad de una inversión y en este caso para un proyecto. La TIR facilita la detección de riesgos, también da indicadores sobre las ganancias y pérdidas que generaría el proyecto.

$$Costo = Inversion\ inicial - VPN$$

$$Costo = Q1,021,052.77 - Q244,825.52 = Q776,227.25$$


Beneficio: No. De habitantes a beneficiar (futuros)

$$\frac{\text{Costo}}{\text{beneficio}} = \frac{Q776,227.25}{2,277 \text{ habitantes}} = Q340,90/\text{habitantes}$$

### 2.1.13. Presupuesto

La descripción del presupuesto se presenta en la siguiente figura:

**Figura 16.**  
*Presupuesto*

RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO					
PROYECTO:	DISEÑO SISTEMA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE SEGUNDA AVENIDA (FASE 1) ALDEA SAN JOSE CABEN, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS				
UBICACIÓN:	SAN MARCOS				
No.	RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	TOTAL DEL RENGLÓN (Q)
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>				
1.01	Trazo y replanteo	6,007.53	m	Q 3.34	Q 20,070.28
1.02	Excavacion	1,922.41	m3	Q 68.87	Q 132,389.76
1.03	Relleno	1,922.41	m3	Q 68.87	Q 132,389.76
<b>2.00</b>	<b>Tuberia</b>				
2.01	Tuberia de 4" 160 PSI	612.00	ml	Q 103.65	Q 63,433.24
2.02	Tuberia de 3" 160 PSI	111.46	ml	Q 91.03	Q 10,145.71
2.03	Tuberia de 2" 160 PSI	750.00	ml	Q 88.47	Q 66,350.04
2.04	Tuberia de 2 1/2" 160 PSI	582.00	ml	Q 55.68	Q 32,405.43
2.05	Tuberia de 1 1/2" 160 PSI	642.00	ml	Q 32.48	Q 20,855.03
2.06	Tuberia de 1 1/4" 160 PSI	1,512.00	ml	Q 30.23	Q 45,704.06
2.07	Tuberia de 1" 160 PSI	1,956.00	ml	Q 26.45	Q 51,730.49
<b>3.00</b>	<b>Cajas</b>				
3.01	Caja rompe presion	5.00	unidades	Q 7,567.10	Q 37,835.50
3.02	Caja + valvula de aire	3.00	unidades	Q 3,879.54	Q 11,638.61
3.03	Caja + valvula de limpieza	2.00	unidades	Q 3,380.43	Q 6,760.85
3.04	Caja + valvula de control	3.00	unidades	Q 4,183.50	Q 12,550.50
3.05	Conexiones domiciliars	301.00	unidades	Q 1,227.09	Q 369,353.51
3.06	Desinfeccion por pastillas	1.00	unidades	Q 7,440.00	Q 7,440.00
					<b>Q 1,021,052.77</b>
<b>MONTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>					<b>Q 1,021,052.77</b>

*Nota.* Descripción del presupuesto para implementación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

## **2.2. Diseño de auxiliatura para el cantón Alta Vista, aldea El Cedro**

Este diseño incluye la descripción del proyecto, levantamiento topográfico, criterios generales, entre otros.

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

El proyecto está realizado de acuerdo con la necesidad de la aldea El Cedro, consta una estructura de marcos, cuenta con dos niveles y esta cimentada por zapatas aisladas y cimiento corrido. Cabe mencionar a que debido a la ubicación de la construcción se contemplaron dos muros laterales.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico de un proyecto es una parte fundamental del mismo ya que con los datos que se recaban se puede representar gráficamente los puntos posibles donde pasara la tubería, también sirve para tomar referencias sobre estructuras existentes, caminos, entre otros. El equipo utilizado para el levantamiento fue:

- Estación total marca Trimble
- Bastón de 2.65 metros
- Prisma
- Trípode de metal.
- Cinta métrica de 25 metros

### **2.2.3. Criterios generales**

Estos criterios incluyen normas AGIES, CONRED, iluminación, e instalaciones.

#### **2.2.3.1. Normas AGIES y CONRED**

Las normas de AGIES y CONRED establecen los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones e instalaciones para garantizar la seguridad e integridad de los usuarios, dichos requisitos están dirigidos a personas calificadas para comprender el significado quedando bajo responsabilidad del profesional la correcta interpretación y aplicación de los criterios presentados en dichas normas.

#### **2.2.3.2. Iluminación**

La iluminación debe de ser abundante y uniforme, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios.

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las lámparas y ventanas.
- Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos del espacio.
- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado, una mejor iluminación.

Tipos de iluminación: La iluminación se puede clasificar por su procedencia en natural o artificial. La iluminación natural, dada por la ubicación

de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos tipos de iluminación, aceptados para edificios de oficinas, se describen a continuación.

- Iluminación natural unilateral: este caso se da cuando sólo un lado del ambiente tiene ventanas; las ventanas deben tener un área de 25 % a 30 % del área total de piso; el techo y el muro opuesto a la ventana deben ser claros; y el muro opuesto a la ventana estará a una distancia no mayor de 2.5 veces la altura del muro de ventana.
- Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando también existen ventanas en las paredes laterales al ambiente; las ventanas deben tener un área de iluminación entre 25 % y 30 %.
- Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del ambiente, para esta iluminación se debe tomar como área de ventanas del 15 % al 20 % del área total del piso.

### **2.2.3.3. Instalaciones**

Las instalaciones que se colocan en los edificios de oficinas son hidráulicas, sanitarias, eléctricas y especiales. En su diseño e instalación se debe garantizar la protección de agentes nocivos, generalmente ambientales, seguridad de operación, servicio constante y capacidad para prestar el servicio.

### **2.2.4. Análisis de suelos**

Para este proyecto se realizó el estudio de suelos, siendo el valor soporte del suelo de 17.22 ton/m<sup>2</sup>.

## **2.2.5. Diseño arquitectónico**

El diseño arquitectónico se refiere a darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto con el objetivo de tener un lugar cómodo y funcional para el uso al cual está destinado. Para lograrlo se deben tomar en cuenta distintos criterios como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, dimensiones del terreno y financiamiento.

### **2.2.5.1. Ubicación de la edificación dentro del terreno**

El terreno donde se ubicará el edificio está localizado en el centro del Cantón Alta Vista en la Aldea el Cedro, cuenta con un área de 144.33 m<sup>2</sup>, la edificación ocupará un área de 55 m<sup>2</sup>, el cual estará ubicado en la parte frontal del terreno.

### **2.2.5.2. Requerimientos y distribución de ambientes**

Para la distribución de los ambientes dentro del edificio se tomó en cuenta la relación que existe entre una oficina y otra, para tener una mayor funcionalidad y mejor aprovechamiento del espacio disponible. El edificio contará con 2 niveles, el primero será un Salón y el segundo nivel será donde estará ubicada la recepción, oficina del alcalde, un salón para reuniones y el servicio sanitario.

### **2.2.5.3. Altura de piso a cielo y altura total de la edificación**

El edificio contará con dos niveles, un Salón y un nivel de oficinas, de 3.00 m por nivel para un mayor confort, la altura total de la edificación será de 7.74 m desde la cimentación hasta la azotea.

### **2.2.5.4. Selección del sistema estructural**

Para la selección del sistema estructural se consideró la altura, la función, estética, la necesidad de espacios por ambiente, por lo cual se eligió utilizar un sistema de marcos rígidos (viga-columna), losas planas de concreto reforzado y muros de mampostería de block (tabique).

## **2.2.6. Análisis estructural**

A continuación, se presenta el análisis estructural y las consideraciones del caso.

### **2.2.6.1. Predimensionamiento de los elementos estructurales**

Para el predimensionamiento de los elementos estructurales se analizan inicialmente las consideraciones de carga.

**Tabla 11.**

*Consideraciones de carga*

<b>CONSIDERACIONES PARA CARGA MUERTA</b>	
Peso del Concreto	2400 kg/m <sup>3</sup>
Muro Tabique	100 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga	75 kg/m <sup>2</sup>
Acabados	75 kg/m <sup>2</sup>
<b>CONSIDERACIONES PARA CARGA VIVA</b>	
Salón	500 kg/m <sup>2</sup>
Niveles de oficinas	250 kg/m <sup>2</sup>
Azotea sin acceso	100 kg/m <sup>2</sup>

*Nota.* Descripción de las consideraciones de carga. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Losa: Se determinó el sentido en el que trabajaran las losas utilizando el criterio:

$a/b < 0.5$  trabaja en 1 sentido

$a/b \geq 0.5$  trabaja en 2 sentidos

Donde:

a = lado menor de la losa

b = lado mayor de la losa

Analizando la losa crítica (losa de mayor área), se tiene que:

$a = 2.75$  m

$b = 3.5$  m

$a/b = 2.75/3.5 = 0.786 > 0.5$

La losa trabajara en 2 sentidos

Espesor de losa



$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

$$t = \frac{3.5 * 2 + 2.75 * 2}{180} = 0.07 \text{ m}$$

Al ser menor que el espesor mínimo establecido en el código ACI 318-14, capítulo 8, se utilizara el espesor mínimo  $t = 12 \text{ cm}$ .

Vigas: Para determinar la sección de viga se analizará la viga de longitud crítica y se utilizan los criterios:

$h = 8 \% \text{ Luz libre}$

$\frac{1}{2} h < b < \frac{3}{4} h$

$b_{\text{min}} = 25 \text{ cm}$

Longitud crítica = 3.5 m

$h = 0.08 * 3.5 = 0.28 \text{ m}$

Se utilizará una altura de viga de 0.30 m

$0.5 * 0.30 < b < 0.75 * 0.30$

$0.15 < b < 0.225$

Se utilizará una base de viga de 0.25 m

Sección de viga a utilizar 0.25x0.30 m

Columnas: Se determinó la sección de la columna según lo establecido en el código ACI 318-14, capítulo 10.

Ecuación:

$$P = 0.8 * (0.225 f'c * A_g + f_y * A_s)$$

Donde:

As se encuentra entre:  $1 \% Ag < As < 8 \% Ag$

Se utilizará  $3 \% Ag$

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

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

Solución

Integración de cargas:

Área Tributaria:

$m^2$

Azotea

Carga Muerta

$Cm = \text{losa} + \text{sobrecarga} + \text{acabados}$

$$Cm = 8.94 \cdot 0.12 \cdot 2400 + 8.94 \cdot 75 + 8.94 \cdot 75$$

$$Cm = 3915.72 \text{ kg}$$

Carga Viva

$$Cv = 100 \cdot 8.94 = 894 \text{ kg}$$

Entrepiso

Carga Muerta

$Cm = \text{losa} + \text{acabados} + \text{tabique} + \text{sobrecarga}$

$$Cm = 8.94 \cdot 0.12 \cdot 2400 + 8.94 \cdot 75 + 8.94 \cdot 100 + 8.94 \cdot 75$$

$$Cm = 4809.72 \text{ kg}$$

Carga Viva

$$Cv = 250 \cdot 8.94 = 2235 \text{ kg}$$

Cargas Totales Factorizadas (Azotea + Entrepiso)

$$P_u = 1.2 C_m + 1.6 C_v \quad (\text{ACI 318-14, Capítulo 5})$$

$$P_u = 1.2(3915.72+4809.72) + 1.6(894+2235)$$

$$P_u = 15476.928 \text{ kg} \approx 15.48 \text{ Ton}$$

Se determina la sección de la columna

$$P_u = 0.8 * (0.225 f'_c * A_g + f_y * A_s)$$

$$15476.928 = 0.8 * (0.225 * 281 * A_g + 4200 * 0.03 * A_g)$$

$$15476.928 = 50.58 A_g + 100.8 A_g$$

$$15476.928 = 151.38 A_g$$

$$A_g = 15476.928 / 151.38 = 102.24 \text{ cm}^2$$

Se propone una columna de sección 30x30 cm

900 cm<sup>2</sup> >> A<sub>g</sub> calculada

### **2.2.6.2. Cargas aplicadas a la estructura**

Las cargas que se aplican a la estructura se dividen en:

Según la dirección de aplicación:

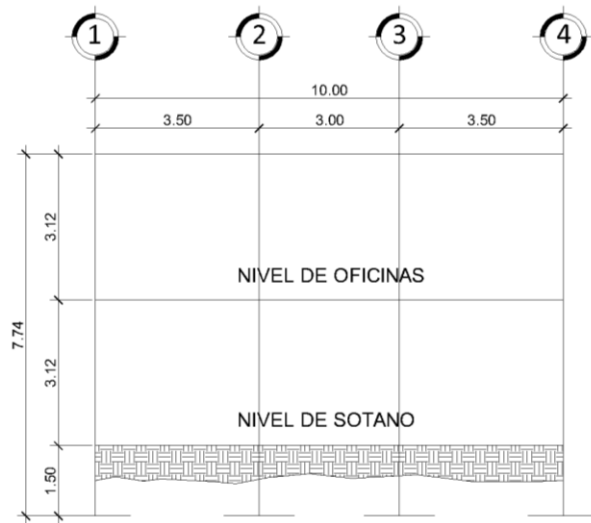
- Verticales:
  - Carga Viva
  - Carga Muerta
- Horizontales:
  - Cargas Ambientales (Sismo y Viento)

### 2.2.6.2.1. Marcos típicos de la estructura

Los marcos típicos de la estructura son representaciones gráficas de la geometría de la estructura y sirven para realizar el análisis estructural.

**Figura 17.**

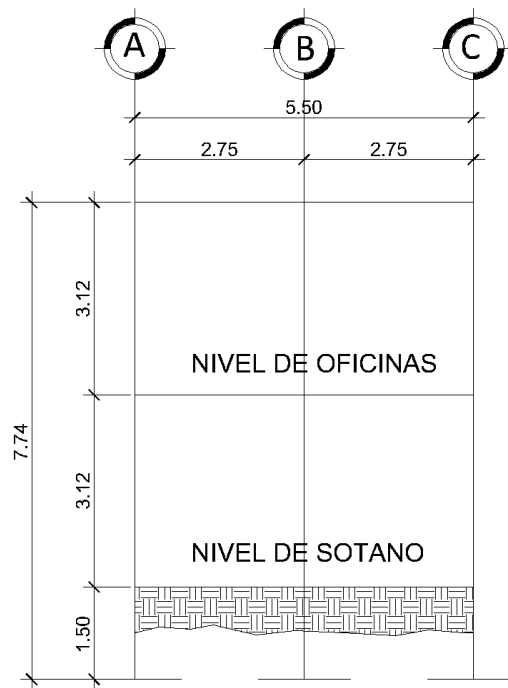
*Marco típico en sentido Y*



*Nota.* Descripción del marco típico en sentido Y. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

**Figura 18.**

*Marco típico sentido X*



*Nota.* Descripción del marco típico en sentido X. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

### **2.2.6.3. Cargas Verticales con aplicación AGIES 2018**

Cargas vivas: son todas aquellas cargas de ocupación y de equipos móviles, pueden estar total o parcialmente presentes en un sitio o pueden cambiar de ubicación.

Cargas muertas: son todas aquellas cargas permanentes, es decir no cambian de ubicación. La mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura.

Cargas verticales:

Ver consideraciones de carga Tabla I. Consideraciones de carga, sección

#### 2.2.6.1

Marco típico sentido Y, Tramo 1-2, 3-4

Nivel de Oficinas

Área tributaria = 5.84 m<sup>2</sup>

Longitud = 3.5 m

Carga muerta

$$C_m = W_{\text{Losas}} + W_{\text{Viga}} + W_{\text{Acabados}} + W_{\text{Sobrecarga}}$$

$$C_m = 0.12 \cdot 5.84 \cdot 2400 + 0.25 \cdot 0.3 \cdot 3.5 \cdot 2400 + 5.84 \cdot 75 + 5.84 \cdot 75$$

$$C_m = 3187.92 \text{ kg}$$

$$C_m = 3187.92 / 3.5 = 910.83 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$C_v = 100 \cdot 5.84 = 584 \text{ kg}$$

$$C_v = 584 / 3.5 = 166.86 \text{ kg/m}$$

Marco típico sentido Y, Tramo 2-3

Nivel de Oficinas

Área tributaria = 4.47 m<sup>2</sup>

Longitud = 3 m

Carga muerta

$$C_m = W_{\text{Losas}} + W_{\text{Viga}} + W_{\text{Acabados}} + W_{\text{Sobrecarga}}$$

$$C_m = 0.12 \cdot 4.47 \cdot 2400 + 0.25 \cdot 0.3 \cdot 3 \cdot 2400 + 4.47 \cdot 75 + 4.47 \cdot 75$$

$$C_m = 2497.86 \text{ kg}$$

$$C_m = 2497.86 / 3 = 832.62 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$C_v = 100 \cdot 4.47 = 447 \text{ kg}$$

$$C_v = 447/3 = 149 \text{ kg/m}$$

Marco típico sentido Y, Tramo 1-2, 3-4

Nivel de Salón

$$\text{Área tributaria} = 5.84 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud} = 3.5 \text{ m}$$

Carga muerta

$$C_m = W_{\text{Losas}} + W_{\text{Viga}} + W_{\text{Acabados}} + W_{\text{Sobrecarga}} + W_{\text{Muro}}$$

$$C_m = 0.12 \cdot 5.84 \cdot 2,400 + 0.25 \cdot 0.3 \cdot 3.5 \cdot 2,400 + 5.84 \cdot 75 + 5.84 \cdot 75 + 3.5 \cdot 3.12 \cdot 100$$

$$C_m = 4279.92 \text{ kg}$$

$$C_m = 4,279.92 / 3.5 = 1,222.83 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$C_v = 250 \cdot 5.84 = 1460 \text{ kg}$$

$$C_v = 1,460/3.5 = 417.14 \text{ kg/m}$$

Marco típico sentido Y, Tramo 2-3

Nivel de Salón

$$\text{Área tributaria} = 4.47 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud} = 3 \text{ m}$$

Carga muerta

$$C_m = W_{\text{Losas}} + W_{\text{Viga}} + W_{\text{Acabados}} + W_{\text{Sobrecarga}} + W_{\text{Muro}}$$

$$C_m = 0.12 \cdot 4.47 \cdot 2,400 + 0.25 \cdot 0.3 \cdot 3 \cdot 2,400 + 4.47 \cdot 75 + 4.47 \cdot 75 + 3 \cdot 3.12 \cdot 100$$

$$C_m = 3,433.86 \text{ kg}$$

$$C_m = 3,433.86/3 = 1,144.62 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$C_v = 250 \cdot 4.47 = 1,117.5 \text{ kg}$$

$$C_v = 1,117.5/3 = 372.5 \text{ kg/m}$$

Las cargas aplicadas en el marco típico en sentido x se realizó aplicando el procedimiento anterior.

**Tabla 12.**

*Resultado de análisis de cargas verticales sentido Y, Marco B*

Nivel 2			
Tramo	1-2	2-3	3-4
Carga Muerta (kg/m)	910.83	832.62	910.83
Carga Viva (kg/m)	166.83	149	166.83
Nivel 1			
Tramo	1-2	2-3	3-4
Carga Muerta (kg/m)	1,222.83	1,144.62	1,222.83
Carga Viva (kg/m)	417.14	372.5	417.14

*Nota.* Descripción de los resultados de análisis de cargas verticales en sentido Y. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.



**Tabla 13.**

*Resultado de análisis de cargas verticales sentido X*

Nivel 2		
Tramo	A-B	B-C
Carga Muerta (kg/m)	782.05	782.05
Carga Viva (kg/m)	137.45	137.45
Nivel 1		
Tramo	A-B	B-C
Carga Muerta (kg/m)	1094.05	1094.05
Carga Viva (kg/m)	343.64	343.64

*Nota.* Descripción de los resultados de análisis de cargas verticales en sentido X. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

#### **2.2.6.4. Cargas Horizontales con aplicación AGIES 2018**

En Guatemala se toman en cuenta principalmente las cargas debidas al sismo, debido a la ubicación del territorio referente a las placas tectónicas y fallas que atraviesan el país. Los sismos son movimientos vibratorios horizontales y verticales, rápidos y violentos de la superficie terrestre, provocado por el choque de placas tectónicas en el interior de la tierra.

Para el análisis de cargas horizontales debidas a sismo se utilizó el método de AGIES 2018

El cálculo del corte basal está dado por:

$$V = C_s * W_s$$

Donde

$C_s$  = Coeficiente Sísmico

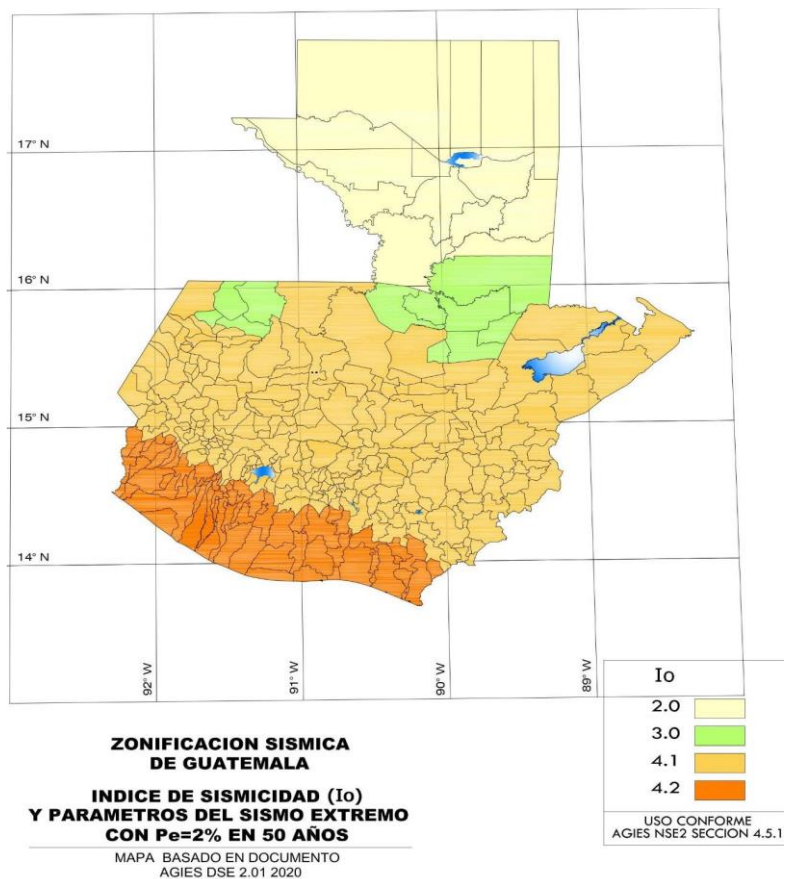
$W_s$  = Peso Sísmico de la estructura

$W_s = 100 \% C_m + 25 \% C_v$

Cálculo de  $C_s$  utilizando método de AGIES

**Figura 19.**

*Mapa de zonificación sísmica de Guatemala*



*Nota.* Descripción de zonificación sísmica de Guatemala. Obtenido de AGIES (2018). *Demandas estructurales y condiciones de sitio.*

Generalidades:

- Configuración estructural: E1
- Clase de Obra: Categoría 3: Importante
- Ubicación: San Pedro Sacatepéquez, San Marcos
- Zona Sísmica:  $I_0 = 4.2$ 
  - $S_{cr} = 1.61$
  - $S_{1r} = 0.84$
  - $T_L = 3.3$
- Tipo de Suelo: D (suelo firme y rígido)
- Nivel de protección sísmica: D
  - $I_0 = 4$
- Probabilidad del sismo de diseño: 10 % (sismo ordinario)
  - $K_d = 0.66$
- Clase de sitio y tipo de fuente
  - $N_a = 1$
  - $F_a = 1$
  - $N_v = 1$
  - $F_v = 1$

Ajuste de los parámetros del espectro por clase de sitio e intensidades sísmicas especiales

$$S_{cs} = S_{cr} \cdot F_a \cdot N_a = 1.61 \cdot 1 \cdot 1 = 1.61$$

$$S_{1s} = S_{1r} \cdot N_v \cdot F_v = 0.84 \cdot 1 \cdot 1 = 0.84$$

Períodos de vibración de transición

$$T_s = S_{1s} / S_{cs} = 0.84 / 1.61 = 0.52$$

$$T_0 = 0.2 T_s = 0.2 * 0.51 = 0.1$$

Ajuste por probabilidad nominal de ocurrencia de sismo de diseño

$$S_{cd} = S_{cs} * K_d = 1.61 * 0.66 = 1.06$$

$$S_{1d} = S_{1s} * K_d = 0.84 * 0.66 = 0.55$$

Espectros genéricos probables

$$S_a(T) = S_{cd} \left[ 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right] \quad \text{cuando } T < T_0$$

$$S_a(T) = S_{cd} \quad \text{cuando } T_0 \leq T \leq T_s$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} \leq S_{cd} \quad \text{cuando } T_s < T < T_L$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T^2} * T_L \quad \text{cuando } T \geq T_L$$

Periodo fundamental de vibración empírico  $T_a$  está dado por:

$$T_a = K_T (h_n)^x$$

Donde:

$h_n$  = altura total del edificio

$K_T$  y  $x$  están dados según el sistema estructural utilizado

$$K_T = 0.047$$

$$x = 0.90$$

$$h = 7.74$$

$$T_a = K_T * (h)^x = 0.047 * (7.74)^{0.9} = 0.2965$$

Comparando los espectros de respuesta obtenidos  $T_a$ ,  $T_o$  y  $T_s$ , podemos observar que:

$$\begin{aligned}T_o &= 0.1 \\T_a &= 0.2965 \\T_s &= 0.52 \\T_o &< T_a < T_s\end{aligned}$$

Teniendo que  $T_o < T_a < T_s$  se calcula la ordenada espectral como:

$$\begin{aligned}S_a(T) &= S_{cd} \\S_a(T) &= 1.06\end{aligned}$$

El cálculo de coeficiente sísmico se realizará con la siguiente ecuación:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R * \beta_d}$$

Donde:

$S_a(T)$  = Espectro genérico obtenido anteriormente

R = Factor de reducción (R = 8 para Sistema estructural E1)

$\beta_d$  se calculará con la siguiente ecuación:

$$\beta_d = \frac{4}{1 - \ln(\varepsilon)}$$

Donde:

$\varepsilon$  = Es el amortiguamiento efectivo de la estructura, con valor 0.05

$$\beta_d = \frac{4}{1 - \ln(0.05)} = 1$$

Cálculo de  $C_s$

$$C_s = \frac{1.06}{8 * 1} = 0.133$$

Se debe verificar que el valor  $C_s$  cumpla con:

$$C_s \geq \frac{0.044 S_{cd} * F_d}{\beta_d} \geq 0.01$$

$F_d$  está dado por

$$F_d = \left[ 0.59 + \frac{4.77 S_{1d}}{S_{cd} T_F R} \right] * \frac{1}{K_d}$$

Donde  $T_F$  es el periodo fundamental y está dado por

$$T_F \leq 1.4 T_a$$

Se calcula  $T_F$  se calculará como;

$$T_F = 1.4 T_a$$

$$T_F = 1.4 * 0.2965$$

$$T_F = 0.4151$$

El valor  $F_d$  debe cumplir con:

$$\frac{2}{3 K_d} \leq F_d < 1$$

$$\frac{2}{3K_d} = \frac{2}{3 * 0.66} = 1.01$$

$$F_d = \left[ 0.59 + \frac{4.77 * 0.55}{1.06 * 0.4151 * 8} \right] * \frac{1}{0.66} = 2.02$$

Como  $F_d$  es mayor al valor permitido se utilizará  $F_d = 1$  para la verificación del  $C_s$

Verificación del valor de  $C_s$

$$C_s \geq \frac{0.044S_{cd} * F_d}{\beta_d} \geq 0.01$$

$$\frac{0.044S_{cd} * F_d}{\beta_d} = \frac{0.044 * 1.06 * 1}{1} = 0.0466$$

Comparando el valor de  $C_s$  con los parámetros de  $C_s$  mínimos se obtiene que:

$$0.133 \geq 0.0466 \geq 0.01$$

Se puede observar que el valor de  $C_s$  calculado si cumple con los requisitos de  $C_s$  mínimo establecido por AGIES 2018.

Cálculo del corte basal

$$V = C_s * W_s$$

Cálculo del peso sísmico de la estructura  $W_s$

El peso sísmico de la estructura incluirá la carga muerta total del edificio y el 25 % de la carga viva por nivel además de la altura Sísmica  $h_s$  por cada nivel.

$h_s = \text{altura del nivel} + \frac{1}{2} \text{ altura del nivel siguiente}$

$$W_s = C_m + 25 \% C_v$$

Cálculo de  $W_s$  Nivel de Salón

$$L_{\text{VIGAS}} = 10 \cdot 3 + 5.5 \cdot 4 = 52 \text{ m}$$

$$h_s = 4.62 + 3.12/2 = 6.18 \text{ m}$$

$$A_t = 5.5 \cdot 10 = 55 \text{ m}^2$$

Carga muerta

$$W_{\text{VIGAS}} = \text{base} \cdot \text{altura} \cdot \text{peso del concreto} \cdot \text{longitud}$$

$$W_{\text{VIGAS}} = 0.25 \cdot 0.3 \cdot 2,400 \cdot 52 = 9,360 \text{ kg}$$

$$W_{\text{LOSA}} = \text{área} \cdot \text{peso del concreto} \cdot \text{espesor}$$

$$W_{\text{LOSA}} = 55 \cdot 2,400 \cdot 0.12 = 15,840 \text{ kg}$$

$$W_{\text{COL}} = \# \text{ de columnas} \cdot \text{base} \cdot \text{altura} \cdot h_s \cdot \text{peso del concreto}$$

$$W_{\text{COL}} = 12 \cdot 0.3 \cdot 0.3 \cdot 6.18 \cdot 2,400 = 16,018.56 \text{ kg}$$

$$W_{\text{ACABADOS}} = \text{área} \cdot \text{peso}$$

$$W_{\text{ACABADOS}} = 55 \cdot 75 = 4,125 \text{ kg}$$

$$W_{\text{SOBRECARGA}} = \text{área} \cdot \text{peso}$$

$$W_{\text{SOBRECARGA}} = 55 \cdot 75 = 4,125 \text{ kg}$$



$$C_m = \sum (W_{VIGAS} + W_{LOSA} + W_{COL} + W_{ACABADOS} + W_{SOBRECARGA})$$

$$C_m = 49,468.56 = 49.47 \text{ t}$$

Carga viva

$$C_v = 0.25 * 250 * 55 = 3,437.50 \text{ kg} = 3.44 \text{ t}$$

Cálculo de  $W_s$  Nivel de oficinas

$$L_{VIGAS} = 10 * 3 + 5.5 * 4 = 52 \text{ m}$$

$$h_s = 3.12 / 2 = 1.56 \text{ m}$$

$$A_t = 5.5 * 10 = 55 \text{ m}^2$$

Carga muerta segundo nivel

$$W_{VIGAS} = 0.25 * 0.3 * 2400 * 52 = 9,360 \text{ kg}$$

$$W_{LOSA} = 55 * 2,400 * 0.12 = 15840 \text{ kg}$$

$$W_{COL} = 12 * 0.3 * 0.3 * 1.56 * 2400 = 4,043.52 \text{ kg}$$

$$W_{MURO} = 52 * 100 * 1.56 = 8,112 \text{ kg}$$

$$W_{ACABADOS} = 55 * 75 = 4,125 \text{ kg}$$

$$W_{SOBRECARGA} = 55 * 75 = 4,125 \text{ kg}$$

$$C_m = 45,605.52 \text{ kg} = 45.61 \text{ t}$$

Carga viva segundo nivel

$$C_v = 0.25 * 100 * 55 = 1,375 \text{ kg} = 1.38 \text{ t}$$

Distribución del corte basal sobre la estructura por cada nivel:

El corte basal se distribuirá a lo alto del edificio de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_i = C_{vi} * V$$

Donde:

$$C_{vi} = \frac{W_i * h_i^k}{\sum_{i=1}^n (W_i * h_i^k)}$$

- $F_i$ , es el cortante de cedencia en el nivel “i” de la edificación
- $C_{vi}$ , es la constante de corte en el nivel “i” de análisis
- $V$ , corte basal de cedencia de edificación
- $k = 1$ , para periodos  $T \leq 0.5$  s
- $W_i$ , es el peso total del nivel i de análisis
- $h_i$ , es la altura sobre el nivel i sobre la base

**Tabla 14.**

*Distribución de corte basal por nivel de la estructura*

Nivel	Hi (m)	Wi (t)	Wi*hi (t-m)	Fi (t-m)	Vi (t-m)
Oficinas	7.74	46.98	363.63	7.93	7.93
Salón	4.62	52.91	244.43	5.33	13.25
Total		99.89	608.06	13.25	

*Nota.* Descripción de la distribución de corte basal por nivel de la estructura. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

#### **2.2.6.4.1. Centro de masa**

El centro de masa representa el punto en el que, para su estudio, se supone se concentra toda la masa de la estructura. Para la estructura que se está analizando el centro de masa coincide con el centro geométrico de la estructura, esto debido a la simetría de esta y se calcula de la siguiente manera:

$$CMx = \frac{Lx}{2}$$

$$CMy = \frac{Ly}{2}$$

Donde:

$L_x$  = Longitud de la estructura en el sentido x.

$L_y$  = Longitud de la estructura en el sentido y.

$$CMx = \frac{5.5}{2} = 2.75 \text{ m}$$

$$CMy = \frac{10}{2} = 5 \text{ m}$$

#### 2.2.6.4.2. Centro de rigidez

Se denomina centro de rigidez al eje por el cual el centro de masa y fuerzas laterales suelen rotar. El método de cálculo del centro de rigidez se realiza utilizando la rigidez de Wilbur, utilizando las siguientes ecuaciones:

Para el primer nivel

$$R_1 = \frac{48E}{h_1 \left( \frac{4h_1}{\sum K_{c1}} + \frac{h_1 + h_2}{\sum K_{v1} + \frac{\sum K_{c1}}{12}} \right)}$$

Para el segundo nivel

$$R_2 = \frac{48E}{h_2 \left( \frac{4h_2}{\sum K_{c2}} + \frac{h_1 + h_2}{\sum K_{v1} + \frac{\sum K_{c1}}{12}} + \frac{h_2 + h_3}{\sum K_{v2}} \right)}$$

Donde:

- $h_1$  y  $h_2$  son las alturas de los niveles 1 y 2 respectivamente.
- $h_3$  será igual a 0 ya que no existe un tercer nivel.
- $K_{c1}$  y  $K_{c2}$  son las rigideces relativas de las columnas del marco analizado de los niveles 1 y 2 respectivamente.
- $K_{v1}$  y  $K_{v2}$  son las rigideces relativas de las vigas del marco analizado de los niveles 1 y 2 respectivamente.

Las inercias relativas de columnas y vigas se calcularán como:

$$K_c = \frac{I_c}{L_c}$$

$$K_v = \frac{I_v}{L_v}$$

Donde:

$I_c$  y  $I_v$  son las inercias de la columna y viga respectivamente del nivel analizado.

$L_c$  y  $L_v$  son las longitudes de la columna y viga respectivamente del nivel analizado.

Cálculo de Inercias e Inercias relativas

Columnas

$$I_c = \frac{b * h^3}{12}$$
$$I_c = \frac{30 * 30^3}{12} = 67,500 \text{ cm}^4$$

$$K_c = \frac{67,500}{312} = 216.35 \text{ cm}^3$$

Vigas

$$I_v = \frac{b * h^3}{12}$$
$$I_v = \frac{25 * 30^3}{12} = 56,250 \text{ cm}^4$$

Sentido Eje x

$$K_v = \frac{56,250}{275} = 204.55 \text{ cm}^3$$

Sentido y

$$K_{vcentral} = \frac{56,250}{300} = 187.5 \text{ cm}^3$$
$$K_{vlateral} = \frac{56,250}{350} = 160.71 \text{ cm}^3$$

Aplicando el método de Rigidez de Wilbur en los marcos A y 1, se tiene:

Marco 1

$$R_{1-1} = \frac{48E}{312 \left( \frac{4 * 312}{3 * 216.35} + \frac{312 + 312}{2 * 204.55 + \frac{3 * 216.35}{12}} \right)}$$

$$R_{A-1} = 0.047E$$

$$R_{1-2} = \frac{48E}{312 \left( \frac{4 * 312}{3 * 216.35} + \frac{312 + 312}{2 * 204.55 + \frac{3 * 216.35}{12}} + \frac{312}{2 * 204.55} \right)}$$

$$R_{A-2} = 0.038E$$

Marco A

$$R_{A-1} = \frac{48E}{312 \left( \frac{4 * 312}{4 * 216.35} + \frac{312 + 312}{(187.5 + 2 * 160.71) + \frac{3 * 216.35}{12}} \right)} = 0.061E$$

$$R_{1-1} = 0.061E$$

$$R_{A-2} = \frac{48E}{312 \left( \frac{4 * 312}{4 * 216.35} + \frac{312 + 312}{(187.5 + 2 * 160.71) + \frac{4 * 216.35}{12}} + \frac{312}{(187.5 + 2 * 160.71)} \right)}$$

$$R_{1-2} = 0.049E$$

Debido a la simetría de la estructura las rigideces en los marcos restantes en sentido X, Y serán los mismos que los calculados anteriormente.

El centro de rigidez se calcula como:

$$CR_x = \frac{\sum(R_{iy} * X_i)}{\sum R_{iy}}$$

$$CR_y = \frac{\sum(R_{ix} * Y_i)}{\sum R_{ix}}$$

Donde:

$R_{ix}$  y  $R_{iy}$  son las rigideces de los marcos en sentido X, Y respectivamente.

$X_i$  e  $Y_i$  son las posiciones de los marcos respecto a un origen.

**Tabla 15.**

*Rigideces de los marcos en sentido X*

Primer nivel			
Marco	$R_{ix}$	$Y_i$	$R_{ix} * Y_i$
1	0.047	0	0
2	0.047	3.5	0.165
3	0.047	6.5	0.306
4	0.047	10	0.470
$\Sigma$	0.188		0.941
Segundo nivel			
Marco	$R_{ix}$	$Y_i$	$R_{ix} * Y_i$
1	0.038	0	0
2	0.038	3.5	0.134
3	0.038	6.5	0.248
4	0.038	10	0.381
$\Sigma$	0.152		0.763

*Nota.* Descripción de las rigideces de los marcos en sentido X. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 16.**

*Rigideces de los marcos en sentido Y*

Primer nivel			
Marco	R <sub>iy</sub>	X <sub>i</sub>	R <sub>iy</sub> *X <sub>i</sub>
A	0.061	0	0
B	0.061	2.75	0.168
C	0.061	5.5	0.336
Σ	0.183		0.504

Segundo nivel			
Marco	R <sub>iy</sub>	X <sub>i</sub>	R <sub>iy</sub> *X <sub>i</sub>
A	0.049	0	0
B	0.049	3.5	0.135
C	0.049	6.5	0.270
Σ	0.147		0.405

*Nota.* Descripción de las rigideces de los marcos en sentido Y. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Centro de Rigidez primer nivel:

Sustituyendo los valores para el centro de rigidez tenemos que:

$$CR_x = \frac{0.504}{0.183} = 2.75 \text{ m}$$

$$CR_y = \frac{0.941}{0.188} = 5 \text{ m}$$

Realizando el cálculo para el segundo nivel se puede observar que el centro de rigidez se encuentra en la misma posición que la del primer nivel

#### **2.2.6.4.3. Excentricidad**

Se denomina excentricidad a la variación de la posición del centro de rigidez y el centro de masa. Para este caso se calculará la excentricidad teórica



y una excentricidad de diseño, que según AGIES, (2018), corresponde al 5 % de la dimensión perpendicular a las fuerzas de análisis.

Excentricidad Teórica

$$e_x = CM_x - CR_x = 2.75 - 2.75 = 0$$

$$e_y = CM_y - CR_y = 5 - 5 = 0$$

Debido a que el centro de masa y el centro de rigidez de la estructura coinciden la excentricidad teórica que se tiene es igual a 0.

Excentricidad de Diseño

$$e_{dx} = 5\%L_y = 0.05 * 10 = 0.5 \text{ m}$$

$$e_{dy} = 5\%L_x = 0.05 * 5.5 = 0.275 \text{ m}$$

#### **2.2.6.4.4. Torsión**

Fuerza por marco

$$F_M = F_M' \pm F_M''$$

Donde:

$F_M$  es la fuerza torsional aplicada al marco de análisis.

$F_M'$  es el cortante basal aplicado al marco de análisis.

$F_M''$  es la fuerza rotacional aplicada al marco de análisis.

$$F_M' = \frac{R * V_i}{\sum R}$$

Donde:

R es la rigidez del marco, que por fines de cálculo será R=1

$\sum R$  es la sumatoria de las rigideces de los marcos existentes en la dirección y nivel de análisis.

$V_i$  es la fuerza aplicada al nivel (corte basal)

$$F_M'' = \frac{e * V_i}{\frac{\sum(R_i * d_i^2)}{R_i * d_i}}$$

Donde:

e es la excentricidad de diseño.

$R_i$  es la rigidez del marco de análisis.

$d_i$  es la distancia del centro de rigidez al marco de análisis.

$V_i$  es la fuerza aplicada al nivel (corte basal).

Análisis de marcos por torsión

Para el análisis de torsión en los marcos se utilizó el programa de Excel para tabular los datos, con lo cual obtenemos las siguientes tablas de resultados.

**Tabla 17.***Resultado de análisis por torsión sentido X*

Segundo nivel										
MARCO	R	ey	CR	di	Ridi	Ridi <sup>2</sup>	F	Fm'	Fm''	Fm (t)
1	1	0.275	5.275	5.275	5.275	27.83	7.93	1.98	0.21	2.19
2	1	0.275	5.275	1.775	1.775	3.15	7.93	1.98	0.07	2.05
3	1	0.275	5.275	-1.225	-1.225	1.50	7.93	1.98	-0.05	1.93
4	1	0.275	5.275	-4.725	-4.725	22.33	7.93	1.98	-0.19	1.79
$\Sigma$	4					54.80				

Primer nivel										
MARCO	R	ey	CR	di	Ridi	Ridi <sup>2</sup>	F	Fm'	Fm''	Fm (t)
1	1	0.275	5.275	5.275	5.275	27.83	5.33	1.78	0.49	2.26
2	1	0.275	5.275	1.775	1.775	3.15	5.33	1.78	0.16	1.94
3	1	0.275	5.275	-1.225	-1.225	1.50	5.33	1.78	-0.11	1.66
4	1	0.275	5.275	-4.725	-4.725	22.33	5.33	1.78	-0.44	1.34
$\Sigma$	4					54.80				

*Nota.* Descripción de análisis por torsión sentido X. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 18.***Resultado de análisis por torsión sentido Y*

Segundo Nivel										
MARCO	R	ex	CR	di	Ridi	Ridi <sup>2</sup>	F	Fm'	Fm''	Fm (t)
A	1	0.5	3.25	3.25	3.25	10.56	7.93	2.64	0.81	3.45
B	1	0.5	3.25	0.5	0.5	0.25	7.93	2.64	0.12	2.77
C	1	0.5	3.25	-2.25	-2.25	5.06	7.93	2.64	-0.56	2.08
$\Sigma$	3					15.88				
Primer nivel										
MARCO	R	ex	CR	di	Ridi	Ridi <sup>2</sup>	F	Fm'	Fm''	Fm (t)
A	1	0.5	3.25	3.25	3.25	10.56	5.33	1.78	0.55	2.32
B	1	0.5	3.25	0.5	0.5	0.25	5.33	1.78	0.08	1.86
C	1	0.5	3.25	-2.25	-2.25	5.06	5.33	1.78	-0.38	1.40
$\Sigma$	3					15.88				

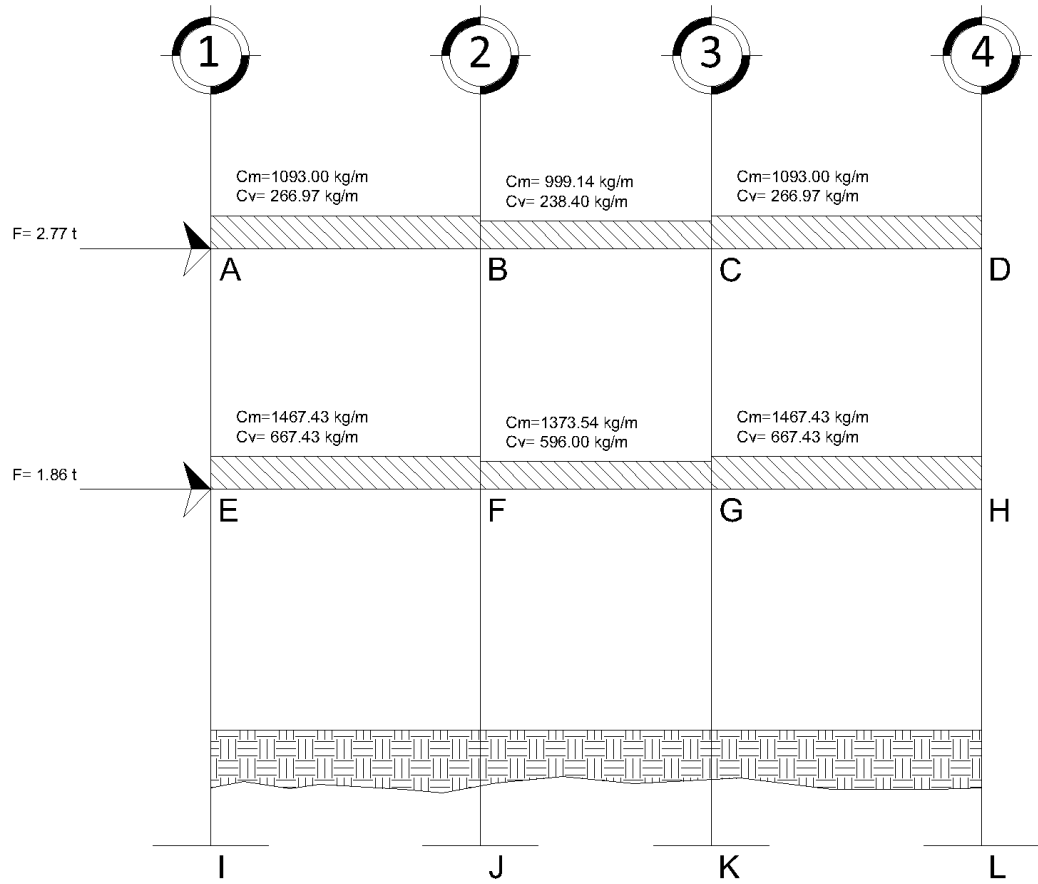
*Nota.* Descripción de análisis por torsión sentido Y. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

#### 2.2.6.4.5. Modelo matemático de la estructura

Los modelos matemáticos representan la forma en como las cargas son aplicadas a los marcos estructurales y sirven para realizar el análisis estructural. Por similitud en la geometría de los marcos y las cargas aplicadas a los mismos, se analizan únicamente los marcos críticos.

**Figura 20.**

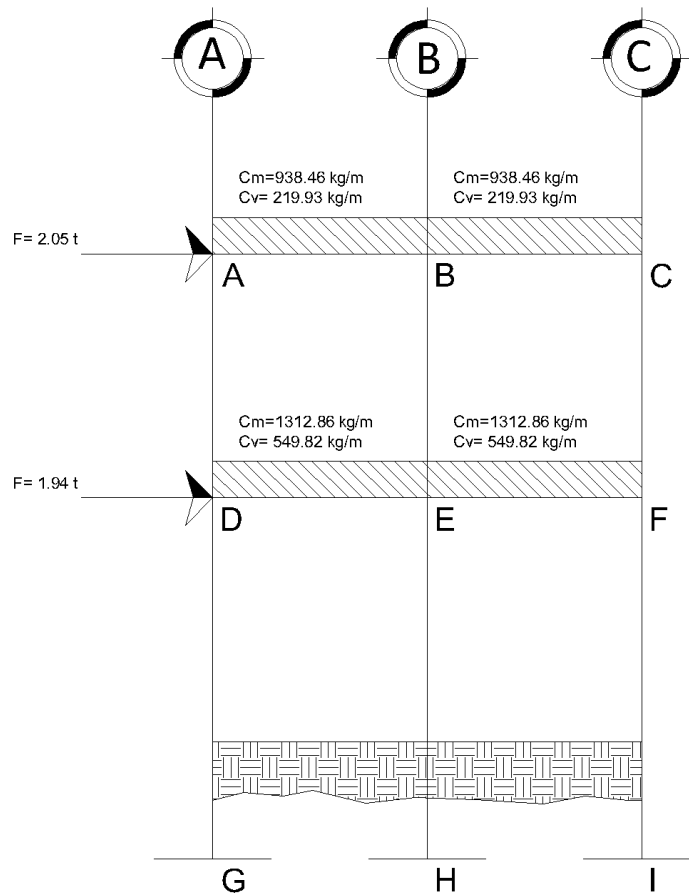
*Modelo matemático marco típico eje Y*



*Nota.* Descripción del modelo matemático marco típico eje Y. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

**Figura 21.**

*Modelo matemático marco típico eje X*



*Nota.* Descripción del modelo matemático marco típico eje X. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

*Nota.* Para el análisis estructural de cargas verticales, calculadas en la sección 2.2.6.3 ver tabla II y tabla III, las cargas obtenidas se multiplicaron por un factor de aumento de carga siendo 1.2 para carga muerta y 1.6 para carga viva. (AGIES, 2018).

## **2.2.7. Determinación de momentos y cortes por método de Kani y comprobación de ETABS**

Para esto se presenta la determinación de momentos utilizando el método de Kani, seguido del análisis de estructura por método ETABS.

### **2.2.7.1. Determinación de momentos utilizando Método de Kani**

El método de Kani es un método numérico que se utiliza para analizar el comportamiento de los elementos estructurales sometidos a diferentes cargas, para este caso se estará analizando carga muerta, viva y de sismo.

Se calculan los momentos fijos en los nodos para la carga distribuida uniformemente:

$$MF = \pm \frac{W * L^2}{12}$$

$$MF_{AB} = -910*(3.5)^2/12 = -928.96 \text{ kg-m}$$

$$MF_{BA} = 910*(3.5)^2/12 = 928.96 \text{ kg-m}$$

**Tabla 19.***Cálculo de momentos fijos debido a carga muerta*

MF	Cm (kg/m)	L (m)	M (kg-m)	MF	M (kg-m)
AB	1,093	3.5	-929.81	BA	929.81
BC	999.14	3	-624.465	CB	624.465
CD	1,093	3.5	-929.81	BA	929.81
EF	1,467.43	3.5	-1,248.31	FE	1,248.31
FG	1,373.51	3	-858.465	GF	858.465
GH	1,467.43	3.5	-1,248.31	HG	1,248.31

*Nota.* Descripción del cálculo de momentos fijos debido a la carga muerta. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 20.***Cálculo de momentos fijos debido a carga viva*

MF	Cm (kg/m)	L (m)	M (kg-m)	MF	M (kg-m)
AB	1,093	3.5	-170.333	BA	170.333
BC	999.14	3	-111.75	CB	111.75
CD	1,093	3.5	-170.333	DC	170.333
EF	1,467.43	3.5	-425.833	FE	425.833
FG	1,373.51	3	-279.375	GF	279.375
GH	1,467.43	3.5	-425.833	HG	425.833

*Nota.* Descripción del cálculo de momentos fijos debido a la carga viva. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Cálculo de rigideces de los elementos

Columnas

$$I_c = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I_c = \frac{30 * 30^3}{12} = 67,500 \text{ cm}^4$$



Vigas

$$I_v = \frac{b * h^3}{12}$$
$$I_v = \frac{25 * 30^3}{12} = 56,250 \text{ cm}^4$$

Inercia relativa

Se calcula tomando la menor inercia entre vigas y columnas para dividirla entre las inercias

Inercia relativa de vigas

$$I_{Rv} = \frac{56,250}{56,250} = 1$$

Inercia relativa de columnas

$$I_{Rv} = \frac{67,500}{56,250} = 1.2$$

Rigideces de los elementos

$$K_c = \frac{I_c}{L_c}$$

$$K_v = \frac{I_v}{L_v}$$

Columnas

Para el primer nivel

$$K_c = \frac{1.2}{4.12} = 0.26$$

Para el segundo nivel

$$K_c = \frac{1.2}{3.12} = 0.38$$

Vigas

Para viga central

$$K_v = \frac{1}{3} = 0.33$$

Para viga lateral

$$K_v = \frac{1}{3.5} = 0.29$$

Factor de Giro

$$\mu_{ik} = \left(-\frac{1}{2}\right) \left(\frac{K_{elemento}}{\sum K_{elementos\ del\ nodo}}\right)$$

Para el Nodo A

$$\mu_{AB} = \left(-\frac{1}{2}\right) \left(\frac{0.29}{0.29 + 0.38}\right) = -0.2131$$

$$\mu_{AE} = \left(-\frac{1}{2}\right) \left(\frac{0.38}{0.29 + 0.38}\right) = -0.2869$$

**Tabla 21.**

*Factores de giro para los nodos*

	Nodo A		Nodo B		Nodo C		Nodo D	
$\mu_{AB}$	-0.2131	$\mu_{BA}$	-0.1423	$\mu_{CB}$	-0.1661	$\mu_{DC}$	-0.2131	
$\mu_{AE}$	-0.2869	$\mu_{BC}$	-0.1661	$\mu_{CD}$	-0.1423	$\mu_{DH}$	-0.2869	
		$\mu_{BF}$	-0.1916	$\mu_{CG}$	-0.1916			
Total	-0.5	Total	-0.5	Total	-0.5	Total	-0.5	
	Nodo E		Nodo F		Nodo G		Nodo H	
$\mu_{EF}$	-0.1536	$\mu_{FG}$	-0.1319	$\mu_{GH}$	-0.1131	$\mu_{HG}$	-0.1536	
$\mu_{EA}$	-0.2068	$\mu_{FE}$	-0.1130	$\mu_{GF}$	-0.1319	$\mu_{HD}$	-0.2068	
$\mu_{EI}$	-0.1396	$\mu_{FB}$	-0.1522	$\mu_{GC}$	-0.1522	$\mu_{HL}$	-0.1396	
		$\mu_{FJ}$	-0.1028	$\mu_{GK}$	-0.1028			
Total	-0.5	Total	-0.5	Total	-0.5	Total	-0.5	

*Nota.* Descripción de factores de giro para los nodos. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### Cálculo de Momentos de Sujeción

$$M_S = \sum MF_{ik}$$

Para momento de sujeción de una viga central

$$M_{SA} = MF_{BA} + MF_{BC} = 1,115.771 - 749.358 = 366.413$$

### Tabla 22.

*Resultados de momentos de sujeción*

Nodo	Ms
A	-929.81
B	305.345
C	-305.345
D	929.81
E	-1,248.31
F	389.85
G	-389.85
H	1,248.31

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos de sujeción. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### Cálculo de iteraciones para el método de Kani

Para la primera iteración:

$$M'_{ik} = \mu_{ik} * \left( M_S + \sum (M'_{ni} + M''_{in}) \right)$$

Para caculo de momento final:

$$M_{ik} = MF + 2M_{ik} + M_{ki}$$

Para el cálculo de iteraciones y conocer los momentos se empleó hoja de cálculo de Excel, pudiendo obtener los siguientes resultados:

**Tabla 23.**

*Resultado para momentos empleando método de Kani*

M	M (kg-m)	M	M (kg-m)
AB	-667.35	BA	961.81
BC	-701.65	CB	701.65
CD	-961.81	DC	667.35
EF	-975.01	FE	1,293.54
FG	-929.57	GF	929.57
GH	-1,293.54	HG	975.01

*Nota.* Descripción de los resultados para momentos empleando método de Kani. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Cálculo de momentos positivos para vigas

$$M_+ = \frac{W * L^2}{8} - \frac{|M_{ik}| + |M_{ki}|}{2}$$

**Tabla 24.***Resultados de momentos finales en vigas debido a carga muerta eje Y*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	-667.35	580.14	961.81
BC	-701.65	235.05	701.65
CD	-961.81	580.14	667.35
EF	-975.01	738.19	1,293.54
FG	-929.57	358.13	929.57
GH	-1,293.54	738.19	975.01

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a carga muerta eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 25.***Resultado de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje Y*

	MF	Mi	Mk
AE		667.35	671.14
BF		-260.16	-253.15
CG		260.16	253.15
DH		-667.35	-671.14
EI		303.87	151.93
FJ		-110.82	-55.41
GK		110.82	55.41
HL		-303.87	-151.93

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje Y. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Para la carga viva se realiza el mismo procedimiento, por lo cual se tienen los siguientes resultados.

**Tabla 26.***Resultados de momentos finales en vigas debido a carga viva eje Y*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	-139.45	98.28	174.98
BC	-120.14	47.48	120.14
CD	-174.98	98.28	139.45
EF	-312.14	258.85	438.65
FG	-310.11	108.95	310.11
GH	-438.65	258.85	312.14

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a carga viva eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 27.***Resultados de momentos finales en columnas debido a carga viva eje Y*

MF	Mi	Mk
AE	139.45	202.03
BF	-54.84	-80.63
CG	54.84	80.63
DH	-139.45	-202.03
EI	119.14	59.56
FJ	-47.91	-23.95
GK	47.91	23.95
HL	-119.14	-59.56

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a carga viva eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Se realiza el mismo procedimiento para el análisis de carga sísmica, se obtuvieron los siguientes resultados

**Tabla 28.***Resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje Y*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	980.85	0	863.85
BC	871.31	0	871.31
CD	863.85	0	980.85
EF	2,328.98	0	2,002.65
FG	1,955.72	0	1,955.72
GH	2,002.65	0	2,328.98

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a sismo eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 29.***Resultados de momentos finales en columnas debido a Sismo eje Y*

MF	Mi	Mk
AE	1,304.68	530.67
BF	2,146.98	1,727.91
CG	2,146.98	1,727.91
DH	1,304.68	530.67
EI	2,982.4	3,819.49
FJ	3,687.05	4,168.62
GK	3,687.05	4,168.62
HL	3,819.49	2,810.59

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a sismo eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Para el análisis de carga vertical y sismo en los marcos del eje X, se aplicó el proceso anterior al marco típico y se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 30.***Resultados de momentos finales en vigas debido a carga muerta eje X*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	-308.21	292.59	585.18
BC	-585.18	292.59	308.21
EF	-475.98	398.12	796.23
FG	-9,796.23	398.12	475.98

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a carga muerta eje X.

Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 31.***Resultado de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje X*

	MF	Mi	Mk
AE		308.21	323.47
BF		0	0
CG		-308.21	-323.47
EI		152.5	76.25
FJ		0	0
GK		-152.5	-76.25

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje X.

Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.



**Tabla 32.***Resultados de momentos finales en vigas debido a carga viva eje X*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	-63.47	49.10	98.20
BC	-98.20	49.10	63.47
EF	-142.85	126.71	253.42
FG	-253.42	126.71	142.85

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a carga vivía eje X.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 33.***Resultados de momentos finales en columnas debido a carga viva eje X*

	MF	Mi	Mk
AE		63.47	90.21
BF		0	0
CG		-63.47	-90.21
EI		52.65	26.32
FJ		0	0
GK		-52.65	-26.32

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a carga vivía eje X.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 34.***Resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje X*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	1.030,69	0	894,60
BC	894,60	0	1.030,69
EF	2.610,65	0	2.165,74
FG	2.165,74	0	2.610,65

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje X.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 35.***Resultados de momentos finales en columnas debido a Sismo eje X*

MF	Mi	Mk
AD	1.030,69	364,77
BE	1.789,20	1.449,93
CF	1.030,69	364,77
DG	2.245,88	2.973,40
EH	2.881,49	3.291,21
FI	2.245,88	2.973,40

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a Sismo eje X.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### 2.2.7.2. Análisis de la estructura con ETABS

Se modeló la estructura con la ayuda de un software de análisis estructural, para este caso ETABS 2018, con el cual se determinaron los momentos debido a cargas verticales y carga de sismo, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 36.***Resultados de momentos finales en vigas debido a carga muerta eje Y*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	-588,01	523.12	-807
BC	-637.85	221.66	-637.85
CD	-807	523.12	-588.01
EF	-855,74	666.97	-1.108.5
FG	-856,01	326.38	-856.01
GH	-1.108,5	666.97	-855.74

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje X.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 37.***Resultado de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje Y*

MF	Mi	Mk
AE	725.65	-731.6
BF	-230.19	234.52
CG	230.19	-234.52
DH	-725.65	731.6
EI	337.73	-167.33
FJ	-109.32	54.17
GK	109.32	-54.17
HL	-337.73	167.33

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a carga muerta eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 38.***Resultados de momentos finales en vigas debido a carga viva eje Y*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	-164.76	116.79	-190.89
BC	-142.52	58.52	-142.52
CD	-190.89	116.79	-164.76
EF	-370.08	311.12	-502.56
FG	-381.13	131.75	-381.13
GH	-502.56	311.12	-370.08

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a carga viva eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 39.***Resultados de momentos finales en columnas debido a carga viva eje Y*

MF	Mi	Mk
AE	209.4	-291.48
BF	-65.36	101.74
CG	-101.74	65.36
DH	-209.4	291.48
EI	169.65	-84.05
FJ	-62.61	31.02
GK	62.61	-31.02
HL	-169.65	84.05

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a carga viva eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 40.***Resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje Y*

MF	Mi	M(+)	Mk
AB	875.6	0	765.13
BC	776.27	0	776.27
CD	765.13	0	875.6
EF	2,363.87	0	2,002.41
FG	1,885.17	0	1,885.17
GH	2,002.41	0	2,363.87

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en vigas debido a Sismo eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 41.***Resultados de momentos finales en columnas debido a Sismo eje Y*

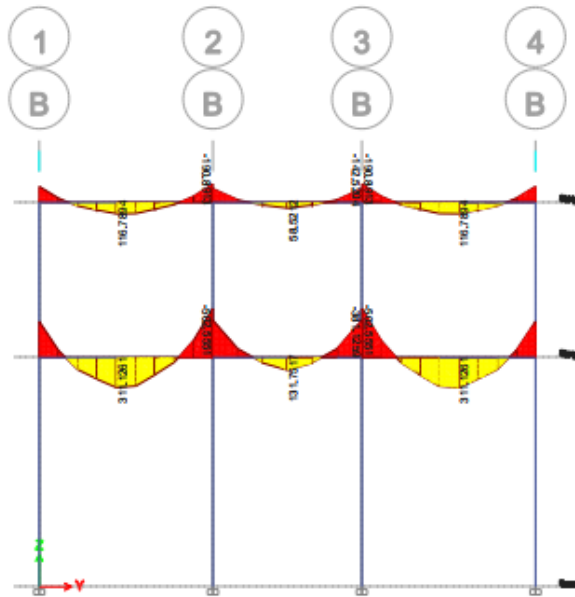
Columna	Mi	Mk
AE	1,304.68	530.67
BF	2,146.98	1,727.91
CG	2,146.98	1,727.91
DH	1,304.68	530.67
EI	2,982.40	3,819.49
FJ	3,687.05	4,168.62
GK	3,687.05	4,168.62
HL	3,819.49	2,810.59

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos finales en columnas debido a Sismo eje Y.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.



**Figura 23.**

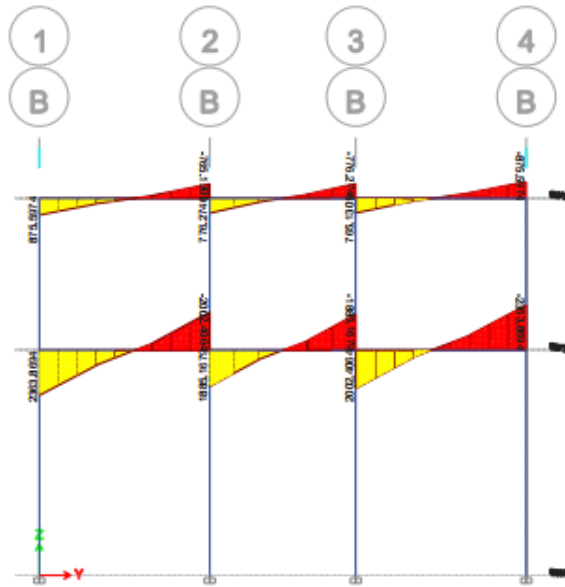
*Diagrama de momentos en vigas, carga viva en marco típico Y*



*Nota.* Descripción del diagrama de momentos en vigas, carga viva en marco típico Y. Elaboración propia, realizado con ETABS 18.

**Figura 24.**

*Diagrama de momentos en vigas, sismo en marco típico Y*

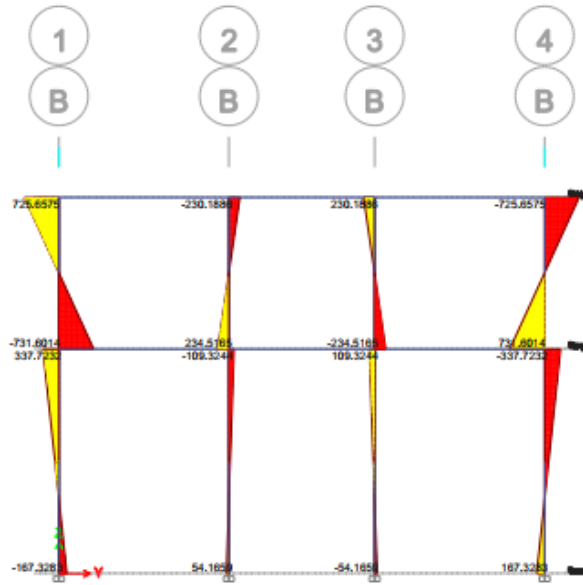


*Nota.* Descripción del diagrama de momentos en vigas, sismo en marco típico Y. Elaboración propia, realizado con ETABS 18.



**Figura 25.**

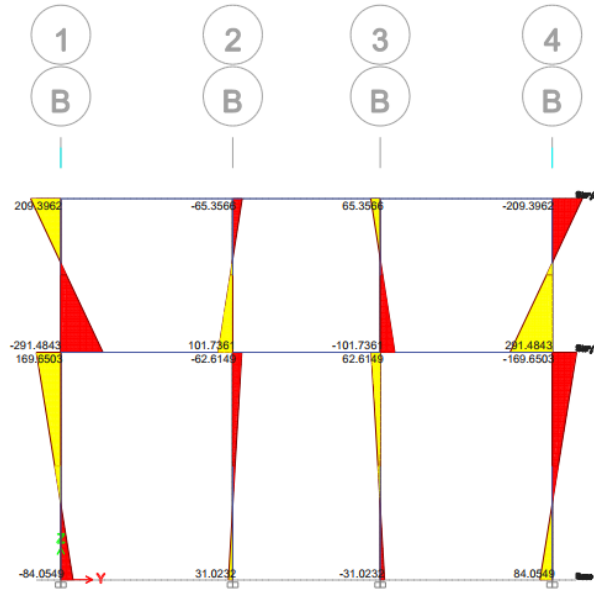
*Diagrama de momento en columnas, carga muerta marco típico Y*



*Nota.* Descripción del diagrama de momentos en columnas, carga muerta en marco típico Y.  
Elaboración propia, realizado con ETABS 18.

**Figura 26.**

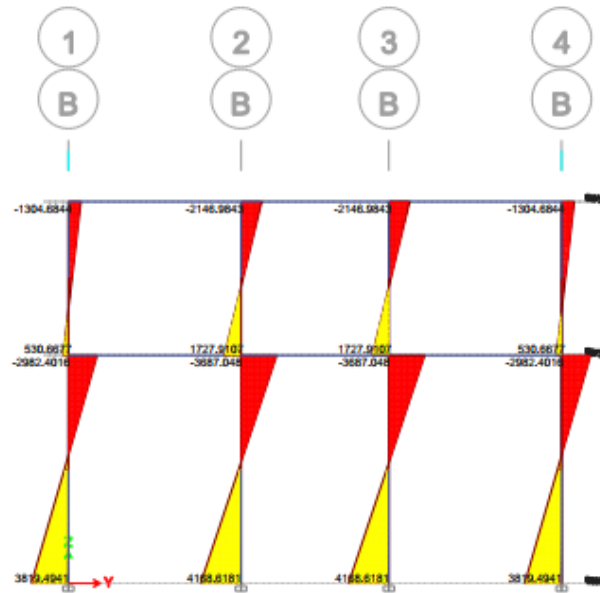
*Diagrama de momento en columnas, carga viva marco típico Y*



*Nota.* Descripción del diagrama de momentos en vigas, carga viva en marco típico Y. Elaboración propia, realizado con ETABS 18.

**Figura 27.**

*Diagrama de momentos en columnas, sismo marco típico Y*



*Nota.* Descripción del diagrama de momentos en columnas, sismo en marco típico Y. Elaboración propia, realizado con ETABS 18.

### 2.2.7.3. Comparación de resultados obtenidos por Kani y comprobación con ETABS

En la siguiente tabla se puede observar la diferencia entre los resultados de momentos debido a las cargas aplicadas (carga vertical y sismo), obtenidos por un método numérico, método de Kani, y el resultado de un software, ETABS 18.

**Tabla 42.***Comparación de resultados de momentos*

Método		Kani			ETABS 18			Variación %		
	Viga	Mi	M(+)	Mk	Mi	M(+)	Mk	Mi	M(+)	Mk
CARGA MUERTA	AB	-667.35	580.14	961.81	-588.01	523.12	-807	13 %	11 %	19 %
	BC	-701.65	235.05	701.65	-637.85	221.66	-637.85	10 %	6 %	10 %
	CD	-961.81	580.14	667.35	-807	523.12	-588.01	19 %	11 %	13 %
	EF	-975.01	738.19	1293.54	-855.74	666.97	-1108.5	14 %	11 %	17 %
	FG	-929.57	358.13	929.57	-856.01	326.38	-856.01	9 %	10 %	9 %
	GH	-1293.54	738.19	975.01	-1108.5	666.97	-855.74	17 %	11 %	14 %
	CARGA VIVA	AB	-139.45	98.28	174.98	-164.76	116.79	-190.89	-15 %	-16 %
BC		-120.14	47.48	120.14	-142.52	58.52	-142.52	-16 %	-19 %	-16 %
CD		-174.98	98.28	139.45	-190.89	116.79	-164.76	-8 %	-16 %	-15 %
EF		-312.14	258.85	438.65	-370.08	311.12	-502.56	-16 %	-17 %	-13 %
FG		-310.11	108.95	310.11	-381.13	131.75	-381.13	-19 %	-17 %	-19 %
GH		-438.65	258.85	312.14	-502.56	311.12	-370.08	-13 %	-17 %	-16 %
SISMO		AB	980.85	0	863.85	875.6	0	765.13	12 %	N/A
	BC	871.31	0	871.31	776.27	0	776.27	12 %	N/A	12 %
	CD	863.85	0	980.85	765.13	0	875.6	13 %	N/A	12 %
	EF	2328.98	0	2002.65	2363.87	0	2002.41	-1 %	N/A	0 %
	FG	1955.72	0	1955.72	1885.17	0	1885.17	4 %	N/A	4 %
	GH	2002.65	0	2328.98	2002.41	0	2363.87	0 %	N/A	-1 %

*Nota.* Descripción de la comparación de resultados de momentos. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Se puede observar que las diferencias entre los momentos obtenidos por ambos métodos varían hasta un 19 %, esto debido a que cada uno aplica un método de análisis distinto, por lo cual queda a criterio del diseñador elegir qué resultados utilizar para el diseño de elementos. En nuestro caso se utilizarán los resultados obtenidos por ETABS.

#### 2.2.7.4. Envolvente de momentos

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren cuando se superponen los distintos casos de cargas, tanto en vigas como en columnas. Se debe realizar combinaciones de carga de acuerdo a las condiciones que se apliquen a nuestro proyecto, AGIES en su norma de seguridad estructural NSE 2 considera las siguientes combinaciones:

$1.4 C_m$	Combinación 1
$1.2 C_m + 1.6 C_v$	Combinación 2
$1.2 C_m + C_v + S$	Combinación 3
$0.9 C_m + S$	Combinación 4

Donde:

$C_m$  es la carga muerta

$C_v$  es la carga viva

$S$  es la carga sísmica

**Tabla 43.***Resultado de envolvente de momentos en vigas marco típico sentido Y*

Combinación	AB		BC				CD		
	M(-)	M(+)	M(-)	M(-)	M(+)	M(-)	M(-)	M(+)	M(-)
1.4 Cm	823.21	732.37	1,129.80	892.99	310.32	892.99	1,129.80	732.37	823.21
1.2 Cm+1.6Cv	969.23	814.61	1,273.82	993.45	359.62	993.45	1,273.82	814.61	969.23
1.2Cm+Cv+S	1,745.97	744.53	1,924.42	1,684.21	324.51	1,684.21	1,924.42	744.53	1745.97
0.9Cm+S	1,404.81	470.81	1,491.43	1,350.34	199.49	1,350.34	1,491.43	470.81	1,404.81
Combinación	EF		FG				GH		
	M(-)	M(+)	M(-)	M(-)	M(+)	M(-)	M(-)	M(+)	M(-)
1.4 Cm	1,198.04	933.76	1,551.90	1,198.41	456.93	1,198.41	1,551.90	933.76	1,198.04
1.2 Cm+1.6Cv	1,619.02	1,298.16	2,134.30	1,637.02	602.46	1,637.02	2,134.30	1,298.16	1,619.02
1.2Cm+Cv+S	3,760.84	1,111.48	3,835.17	3,293.51	523.41	3,293.51	3,835.17	1,111.48	3,760.84
0.9Cm+S	3,134.04	600.27	3,000.06	2,655.58	293.74	2,655.58	3,000.06	600.27	3,134.04

*Nota.* Descripción de los resultados de envolvente de momentos en vigas marco típico sentido Y.

Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 44.***Resultado de envolvente de momentos en columnas marco típico sentido Y*

Combinación	AE		BF		CG		DH	
	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb
1.4 Cm	1,015.91	1,024.24	322.27	328.33	322.27	328.33	1015.91	1024.24
1.2 Cm+1.6Cv	1,205.82	1,344.29	380.80	444.21	380.80	444.21	1205.82	1344.29
1.2Cm+Cv+S	2,384.86	1,700.07	2,488.57	2,111.07	2,488.57	2,111.07	2,384.86	1,700.07
0.9Cm+S	1,957.77	1189.11	2,354.15	1,938.98	2,354.15	1,938.98	1,957.77	1,189.11
Combinación	EI		FJ		GK		HL	
	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb
1.4 Cm	472.82	234.26	153.05	75.84	153.05	75.84	472.82	234.26
1.2 Cm+1.6Cv	676.72	335.28	231.36	114.64	231.36	114.64	676.72	335.28
1.2Cm+Cv+S	3,557.33	4,,104.34	3,880.84	4,264.64	3,880.84	4,264.64	4,394.42	3,095.44
0.9Cm+S	3,286.36	3,970.09	3,785.44	4,217.37	3,785.44	4,217.37	4,123.45	2,961.19

*Nota.* Descripción de los resultados de envolvente de momentos en columnas marco típico sentido Y. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 45.***Resultado de envolvente de momentos en vigas marco típico sentido X*

Combinación	AB			BC		
	M(-)	M(+)	M(-)	M(-)	M(+)	M(-)
1.4 Cm	526.85	452.63	736.05	736.04	452.63	526.85
1.2 Cm+1.6Cv	615.79	507.60	811.92	811.91	507.60	615.79
1.2Cm+Cv+S	1,950.12	462.74	1,926.89	1,910.86	462.74	1,950.12
0.9Cm+S	1,734.60	290.98	1,656.03	1,640.00	290.98	1,734.60
Combinación	EF			FG		
	M(-)	M(+)	M(-)	M(-)	M(+)	M(-)
1.4 Cm	762.05	599.05	1,055.63	1,055.63	599.05	762.05
1.2 Cm+1.6Cv	1,004.54	805.37	1,430.89	1,430.89	805.37	1,004.54
1.2Cm+Cv+S	4,621.56	695.91	3,258.46	3,258.46	695.91	4,621.56
0.9Cm+S	4,238.67	385.10	2,703.47	2,703.47	385.10	4,238.67

*Nota.* Descripción de los resultados de envolvente de momentos en vigas marco típico sentido Y.

Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.



**Tabla 46.***Resultado de envolvente de momentos en columnas marco típico sentido X*

Combinación	AE		BF		CG	
	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb
1.4 Cm	347.97	350.42	322.27	328.33	347.97	350.42
1.2 Cm+1.6Cv	410.90	474.02	380.80	444.21	410.90	474.02
1.2Cm+Cv+S	1,770.68	1,126.22	2,488.57	2,111.07	1,770.68	1,126.22
0.9Cm+S	1,625.72	942.59	2,354.15	1,938.98	1,625.72	942.59
Combinación	EI		FJ		GK	
	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb	Mnt	Mnb
1.4 Cm	161.59	80.05	153.05	75.84	161.59	80.05
1.2 Cm+1.6Cv	244.92	121.34	231.36	114.64	244.92	121.34
1.2Cm+Cv+S	3,304.92	3,943.52	4007.38	4,291.57	3,304.92	3,943.52
0.9Cm+S	3,203.79	3,893.41	3,911.98	4,244.30	3,203.79	3,893.41

*Nota.* Descripción de los resultados de envolvente de momentos en columnas marco típico sentido X. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### 2.2.7.5. Determinación de esfuerzos cortantes

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de los marcos se obtienen de acuerdo a ACI 318-14, sección 18.4.2 con las siguientes ecuaciones:

Esfuerzo cortante para vigas

$$V_u = \frac{W_u * l_n}{2} + \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n}$$

Donde:

$V_u$  es el cortante último en vigas

$W_u$  es la carga ultima distribuida

$W_u = 1.2 \text{ Cm} + 1 \text{ Cv}$

$M_{nl}$  y  $M_{nr}$  son los momentos debido a sismo en la viga

$l_n$  es la longitud de la viga

Esfuerzo cortante para columnas

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

Donde:

$V_u$  es el cortante último en columnas

$M_{nt}$  y  $M_{nb}$  son los momentos últimos en la columna

$l_u$  es la longitud de la columna

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de corte último para vigas y columnas de los marcos típicos en el eje X/Y de la estructura.

**Tabla 47.**

*Corte último en vigas, marco típico Y*

Viga	Cm	Cv	$M_{nl}$	$M_{nr}$	$L_n$	$V_u$
AB	1,093.00	166.86	875.6	765.13	3.5	2,673.53
BC	999.14	149.00	776.27	776.27	3	2,239.73
CD	1,093.00	166.86	765.13	875.6	3.5	2,673.53
EF	1,467.40	417.14	2,363.87	2,002.41	3.5	4,545.46
FG	1,373.54	372.50	1,885.17	1,885.17	3	3,875.85
GH	1,467.40	417.14	2,002.41	2,363.87	3.5	4,545.46

*Nota.* Descripción de los resultados de corte último en vigas, marco típico Y. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 48.***Corte último en vigas, marco típico X*

Viga	Cm	Cv	M <sub>nl</sub>	M <sub>nr</sub>	L <sub>n</sub>	Vu
AB	938.46	137.45	925.78	786.12	2.75	2,101.89
BC	938.46	137.45	786.12	925.78	2.75	2,101.89
EF	1,312.86	343.64	2,521.60	2,024.85	2.75	3,930.94
FG	1,312.86	343.64	2,024.85	2,521.60	2.75	3,930.94

*Nota.* Descripción de los resultados de corte último en vigas, marco típico X. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 49.***Corte último en columnas, marco típico Y*

Columna	M <sub>nt</sub>	M <sub>nb</sub>	L <sub>u</sub>	V
AE	2,384.86	1,700.07	3.12	1,309.27
BF	2,488.57	2,111.07	3.12	1,474.24
CG	2,488.57	2,111.07	3.12	1,474.24
DH	2,384.86	1,700.07	3.12	1,309.27
EI	3,557.33	4,104.34	4.62	1,658.37
FJ	3,880.84	4,264.64	4.62	1,763.09
GK	3,880.84	4,264.64	4.62	1,763.09
HL	4,394.42	3,095.44	4.62	1,621.18

*Nota.* Descripción de los resultados de corte último en columnas, marco típico Y. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 50.**

*Corte último en columnas, marco típico X*

Columna	M <sub>nt</sub>	M <sub>nb</sub>	L <sub>u</sub>	V
AE	1,770.68	1,126.22	3.12	928.49
BF	2,488.57	2,111.07	3.12	1,474.24
CG	1,770.68	1,126.22	3.12	928.49
EI	3,304.92	3,943.52	4.62	1,568.93
FJ	4,007.38	4,291.57	4.62	1,796.31
GK	3,304.92	3,943.52	4.62	1,568.93

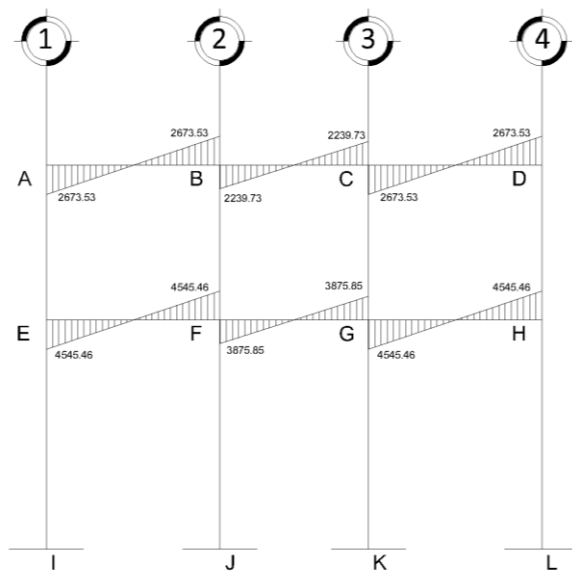
*Nota.* Descripción de los resultados de corte último en columnas, marco típico X. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

#### **2.2.7.6. Diagrama de cortes y momento**

Los diferentes diagramas de cortes y momentos se presenta en las siguiente figuras:

**Figura 28.**

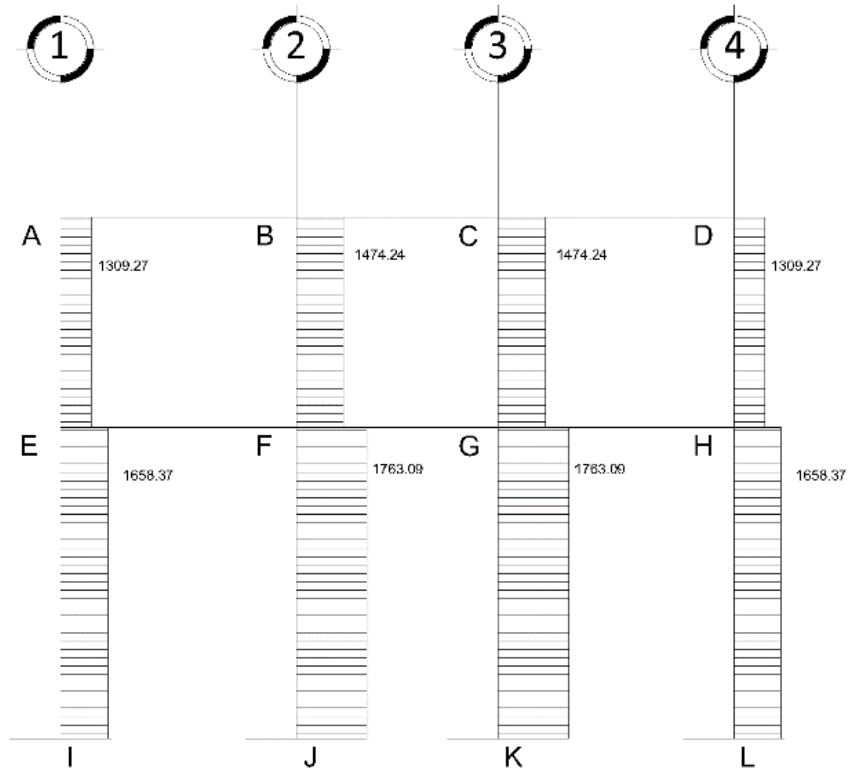
*Diagrama de corte en vigas, marco típico Y*



*Nota.* Descripción de los resultados de corte último en vigas, marco típico Y. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

**Figura 29.**

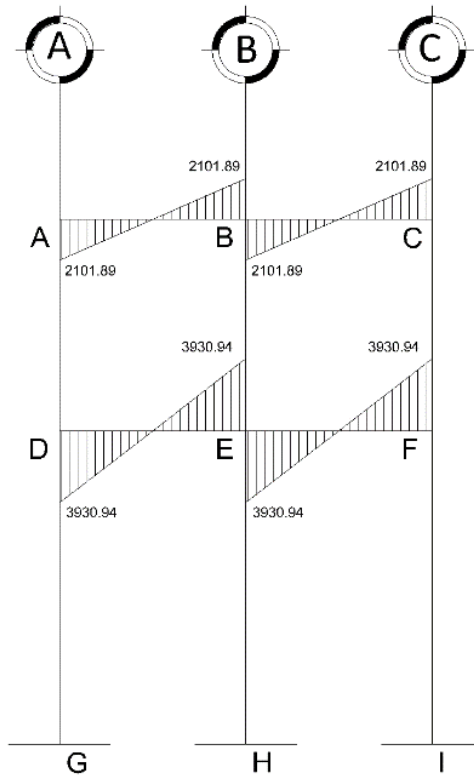
*Diagrama de corte en columnas, marco típico Y*



*Nota.* Descripción de los resultados de corte en columnas, marco típico Y. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

**Figura 30.**

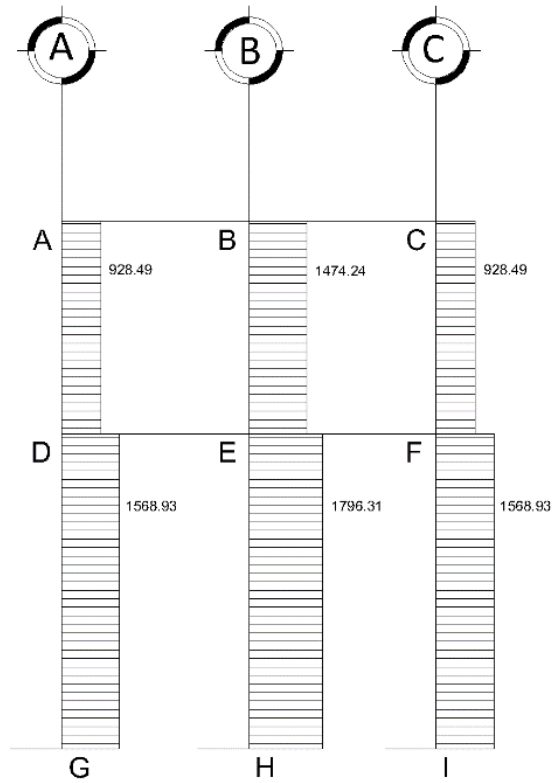
*Diagrama de corte en vigas, marco típico X*



*Nota.* Descripción de los resultados de corte en vigas, marco típico Y. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

**Figura 31.**

*Diagrama de corte en columnas, marco típico X*

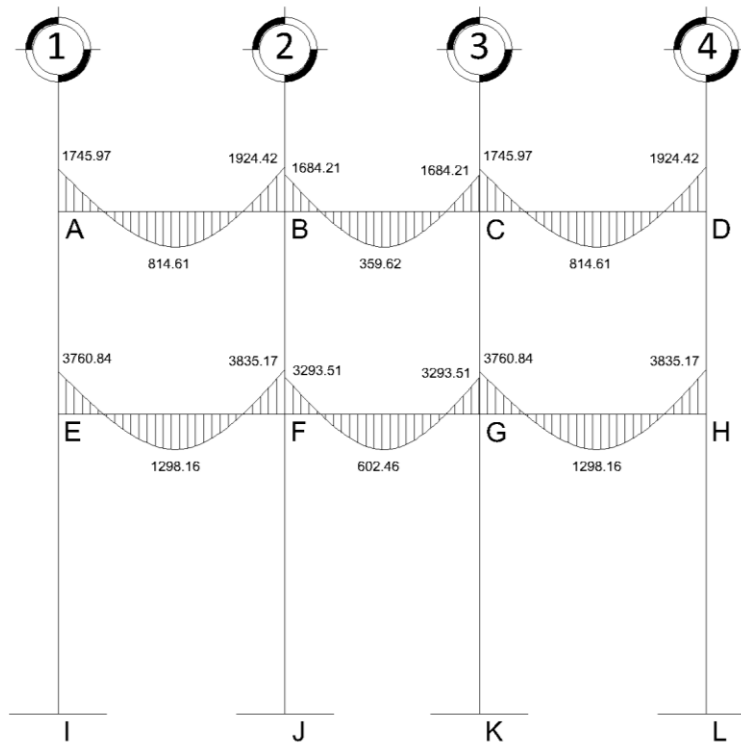


*Nota.* Descripción de los resultados de corte en columnas, marco típico X. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.



**Figura 32.**

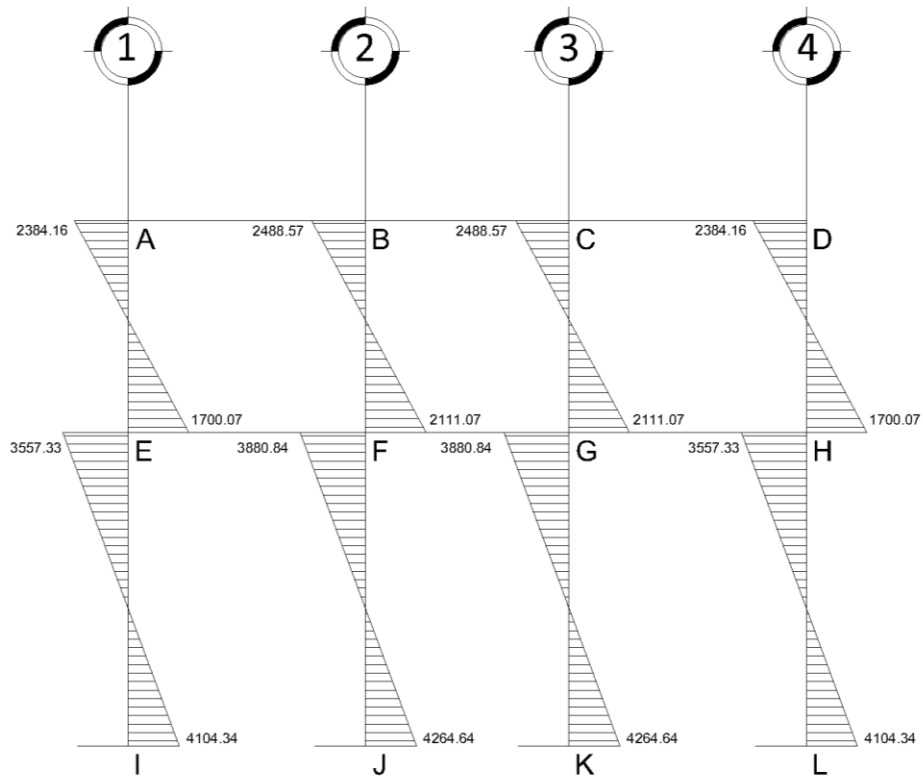
*Diagrama envolvente de momentos en vigas, marco típico Y*



*Nota.* Descripción del diagrama envolvente de momentos en vigas, marco típico Y. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

**Figura 33.**

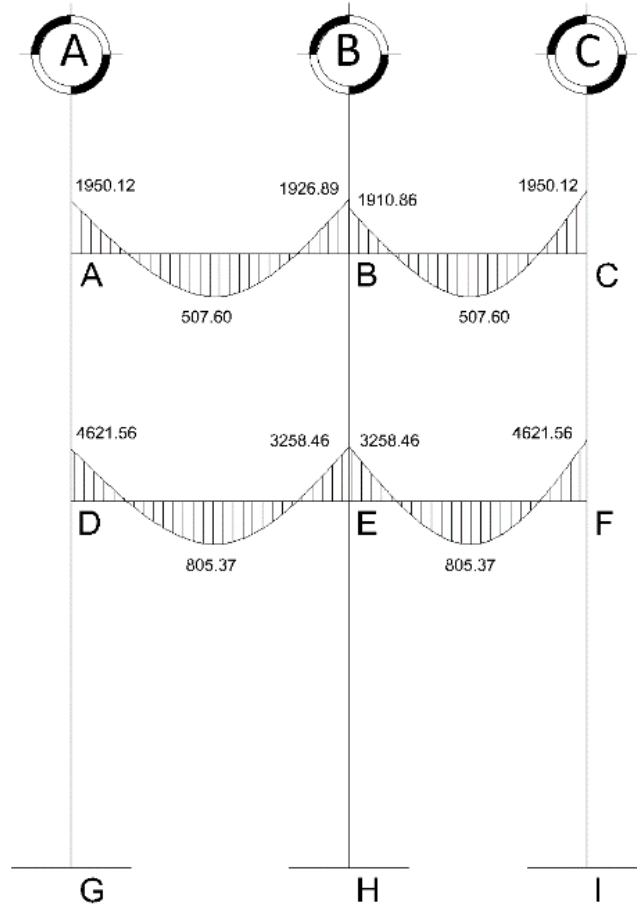
*Diagrama envolvente de momentos en columnas, marco típico Y*



*Nota.* Descripción del diagrama envolvente de momentos en columnas, marco típico Y.  
Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

**Figura 34.**

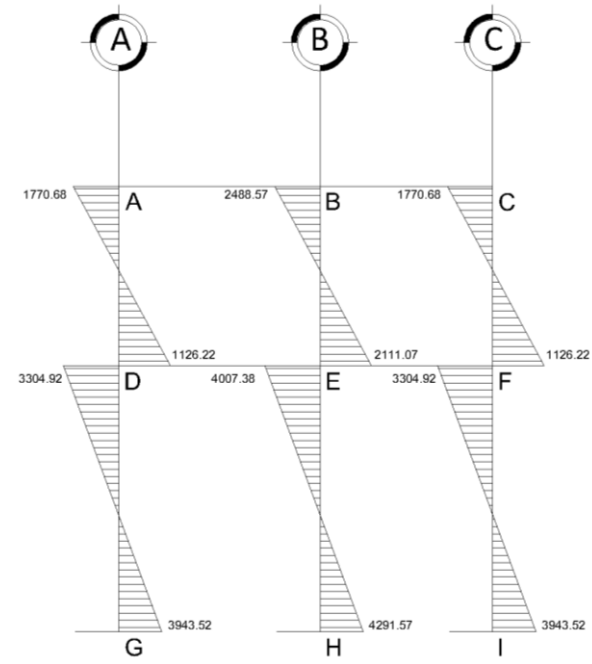
*Diagrama envolvente de momentos en vigas, marco típico X*



*Nota.* Descripción del diagrama envolvente de momentos en vigas, marco típico X. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

**Figura 35.**

*Diagrama envolvente de momentos en columnas, marco típico X*



*Nota.* Descripción del diagrama envolvente de momentos en columnas, marco típico X.  
Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

### **2.2.8. Diseño estructural**

Para el diseño estructural de elementos se utilizarán las siguientes propiedades de los materiales.

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

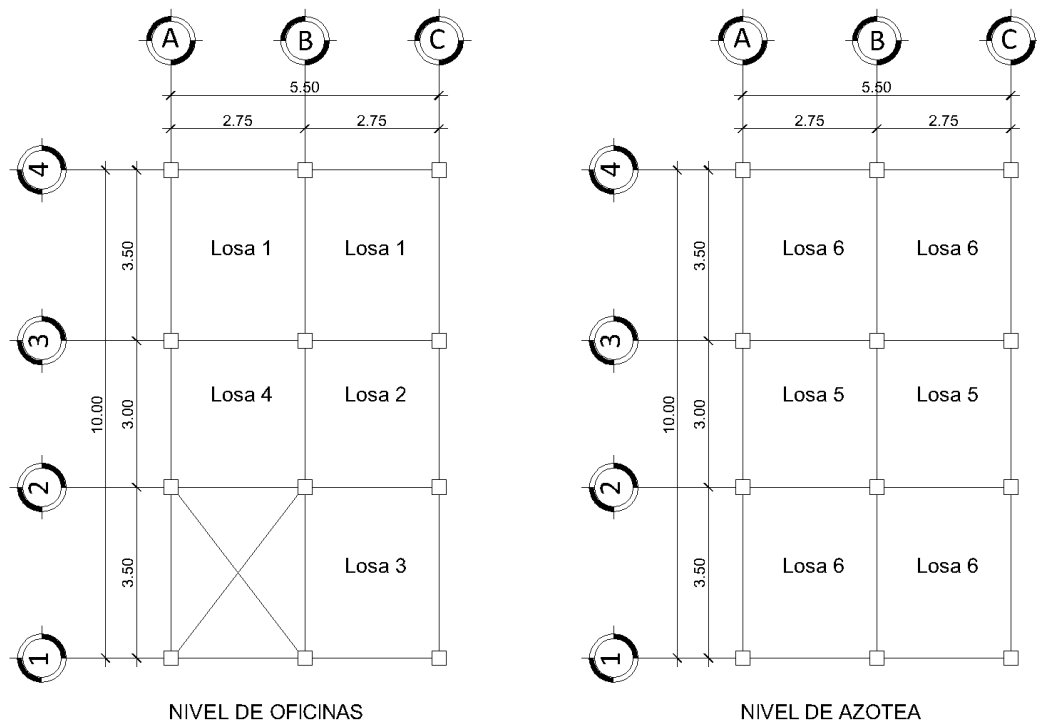
$$fy = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

### 2.2.8.1. Diseño de losas

Para el diseño de losas se utilizará el método 3 del ACI, el cual determina los momentos actuantes máximos en las losas en su sentido largo y corto.

**Figura 36.**

*Planta de distribución de losas por nivel*



*Nota.* Descripción de la planta de distribución de losas por nivel. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Cálculo de carga muerta y carga viva en losas:

$$P_{\text{Losa}} = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{Piso}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

Nivel de oficinas

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

$$C_v = 250 \text{ kg/m}^2$$

Carga de diseño

$$C_U = 1.2 C_m + 1.6 C_v$$

$$C_U = 1.2 \cdot 438 + 1.6 \cdot 250 = 925.6 \text{ kg/m}^2$$

Nivel de azotea

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

$$C_v = 100 \text{ kg/m}^2$$

Carga de diseño

$$C_U = 1.2 C_m + 1.6 C_v$$

$$C_U = 1.2 \cdot 438 + 1.6 \cdot 100 = 685.6 \text{ kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño se toma una franja unitaria de 1 m de ancho, por lo que tenemos

Carga de diseño nivel de oficinas

$$C_U = 925.6 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 925.6 \text{ kg/m}$$

Carga de diseño nivel de azotea

$$C_U = 685.6 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 685.6 \text{ kg/m}$$

Momentos actuantes

El cálculo de momentos actuantes se realiza de acuerdo con el método de coeficientes del ACI, en el cual se tienen en cuenta los tipos de continuidad de las losas

$$M_{A(-)} = C * C_U * L_A^2$$

$$M_{A(+)} = C * C_{M_U} * L_A^2 + C * C_{V_U} * L_A^2$$

$$M_{B(-)} = C * C_U * L_B^2$$

$$M_{B(+)} = C * C_{M_U} * L_B^2 + C * C_{V_U} * L_B^2$$

Donde:

C es el coeficiente tabulado del ACI, según sea el caso

L<sub>A</sub> es la longitud menor de la losa considerada

L<sub>B</sub> es la longitud mayor de la losa considerada

Relación M de las losas

$$M = 2.75/3.5 = 0.79$$

Se utilizará M = 0.8 para valores de C

Cálculo de momentos

Losa 1

Coeficientes caso 4

$$C_{MA(-)} = 0.071$$

$$C_{CM.MA(+)} = 0.039$$

$$C_{CV.MA(+)} = 0.048$$

$$C_{MB(-)} = 0.029$$

$$C_{CM.MB(+)} = 0.016$$

$$C_{CM.MB(+)} = 0.020$$

$$M_{A(-)} = 0.071 * 925.6 * 2.75^2 = 497$$

$$M_{A(+)} = 0.039 * 525.6 * 2.75^2 + 0.048 * 400 * 2.75^2 = 300.2$$

$$M_{B(-)} = 0.029 * 925.6 * 3.5^2 = 328.8$$

$$M_{B(+)} = 0.015 * 525.6 * 3.5^2 + 0.020 * 400 * 3.5^2 = 124.1$$

**Tabla 51.**

*Resultados de momentos en losas*

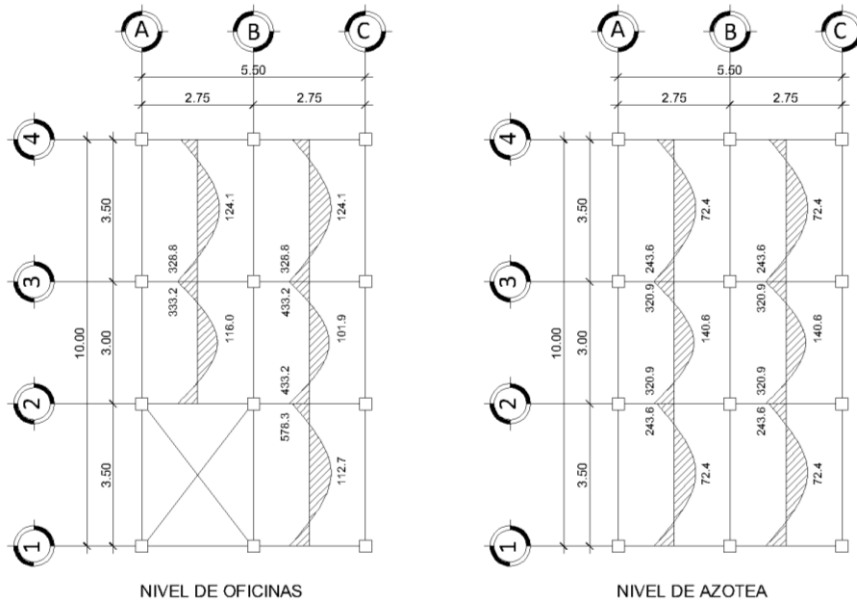
Nivel Oficinas				
Losa	MA-	MA+	MB-	MB+
L1	497.0	300.2	328.8	124.1
L2	301.0	205.2	433.2	101.9
L3	0.0	333.1	578.3	112.7
L4	420.0	249.1	333.2	116.0
Nivel Azotea				
Losa	MA-	MA+	MB-	MB+
L5	222.9	141.7	320.9	104.6
L6	368.1	213.1	243.6	72.4

*Nota.* Descripción de los resultados de momentos en losas. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.



**Figura 37.**

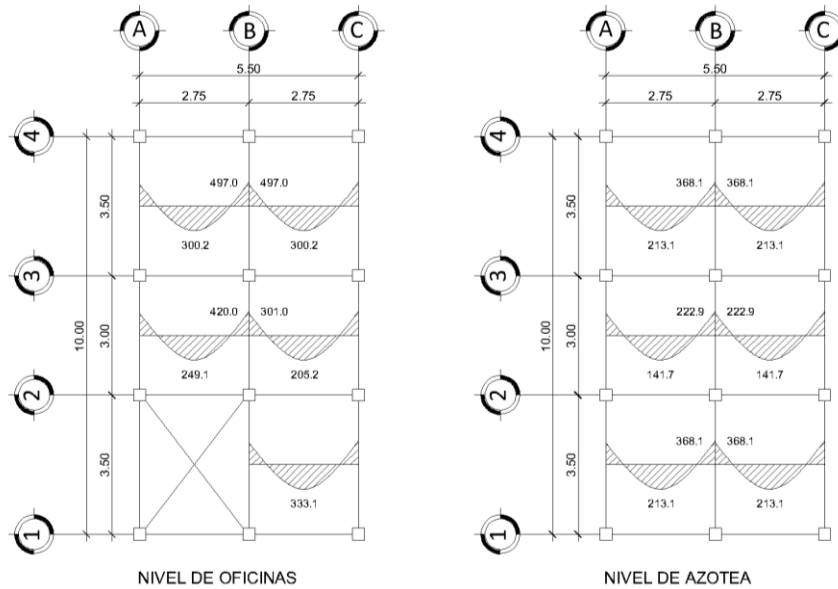
*Distribución de momentos en Losa, lado largo*



*Nota.* Descripción de los resultados de momentos en losas, lado largo. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Figura 38.**

*Distribución de momentos en Losa, lado corto*



*Nota.* Descripción de los resultados de momentos en losas, lado corto. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### Balace de Momentos

Cuando las losas tienen un lado en común y momentos diferentes, se deben balancear dichos momentos antes de proceder a diseñar los refuerzos. Los métodos para balancear los momentos son los siguientes:

Si  $0.8 M_2$  (mayor)  $\leq M_1$  (menor)

$$M_b = (M_2 + M_1) / 2$$

Si  $0.8 M_2$  (mayor)  $> M_1$  (menor)

$M_b =$  Balanceo por rigidez

El balance por rigidez se realiza de la siguiente manera

$$K_1 = \frac{1}{L_1}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

Donde

$L_1$  y  $L_2$  son las longitudes de las losas analizadas

$$M_{b1} = M_{mayor} - D_1(M_{mayor} - M_{menor})$$

$$M_{b2} = M_{menor} + D_2(M_{mayor} - M_{menor})$$

Balance de momentos Losa 1 y Losa 4

$$M_2 = 333.2 \quad M_1 = 328.8$$

$$0.8*(333.2) = 266.56 < 328.8 \quad \text{Balancear por promedio de momentos}$$

Balance de momentos Losa 1 y Losa 2

$$M_2 = 433.2 \quad M_1 = 328.8$$

$$0.8*(433.2) = 346.56 > 328.8 \quad \text{Balancear por rigidez}$$

$$K_1 = 1/3.5 = 0.29$$

$$K_2 = 1/3 = 0.33$$

$$D_1 = 0.29/(0.29+0.33) = 0.46$$

$$D_2 = 0.33/(0.29+0.33) = 0.54$$

$$M_{b1} = 433.2 - 0.46*(433.2-328.8) = 385.01 \text{ kg-m}$$

$$M_{b2} = 328.8 + 0.54*(433.2-328.8) = 385.01 \text{ kg-m}$$

**Tabla 52.***Resultados de balance de momentos, lado largo*

	Balanceo de losas sentido largo							
	Losa 1	Losa 4	Losa 1	Losa 2	Losa 2	Losa 3	Losa 6	Losa 5
L	3.5	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0
M	328.8	333.2	328.8	433.2	433.2	578.3	243.6	320.9
Tipo de balanceo	Balancear por promedio		Balancear por rigidez		Balancear por rigidez		Balancear por rigidez	
K	N/A	N/A	0.29	0.33	0.33	0.29	0.29	0.33
D	N/A	N/A	0.46	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54
Momento Balanceado	331.02	$\frac{331.0}{2}$	385.01	385.01	500.14	500.14	285.18	285.18

*Nota.* Descripción de los resultados de balance de momentos, lado largo. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

#### Diseño del acero de refuerzo

El refuerzo en las losas se calcula usando un ancho de 1 m. El procedimiento es el siguiente:

Datos:

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\emptyset_{Long} = 3/8''$$

$$r = 2.5 \text{ cm}$$

Cálculo de peralte efectivo:

$$d = t - r - \frac{\emptyset_{Long}}{2}$$

$$d = 12 - 2.5 - (3/8) * 2.54 / 2 = 9.02 \text{ cm}$$

Cálculo de áreas de acero máximo y mínimo

$$A_{s_{min}} = 0.4 * \frac{14.1bd}{f_y}$$

$$A_{s_{max}} = 0.5 * 0.85 * 0.85 * \frac{f'c}{f_y} * \frac{6120}{f_y + 6120} * bd$$

$$A_{s_{min}} = 0.4 * \frac{14.1 * 100 * 9.02}{4200} = 1.21 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = 0.5 * 0.85 * 0.85 * \frac{281}{4200} * \frac{6120}{4200 + 6120} * 100 * 9.02 = 12.93 \text{ cm}^2$$

Momento soportado por  $A_{s_{min}}$ :

$$M_{A_{s_{min}}} = 0.9 * \left[ A_{s_{min}} * f_y * d - \frac{A_{s_{min}}^2 * f_y^2}{1.7 * f'c * b} \right]$$

$$M_{A_{s_{min}}} = 0.9 * \left[ 1.21 * 4200 * 9.02 - \frac{1.21^2 * 4200^2}{1.7 * 281 * 100} \right] = 40769.09 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_{A_{s_{min}}} = 407.69 \text{ kg} - \text{m}$$

Cálculo de área de acero requerido:

Para los momentos menores al momento soportado por el  $A_s$  mínimo se utilizará  $A_s$  mínimo y para los que no cumplan esta condición se calculará el área de acero con la siguiente formula:

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

Los resultados de áreas de acero a utilizar se muestran en la tabla XL

Cálculo del corte máximo actuante:

$$V_{max} = \frac{C_U * L}{2}$$

Donde:

Cu es la carga ultima

L es el lado de la losa de análisis

Cálculo del corte máximo resistente

$$V_{res} = 0.85 * 0.53 * b * d * \sqrt{f'c}$$

$$V_{max} = \frac{925.6 * 3.5}{2} = 1619.8 \text{ kg}$$

$$V_{res} = 0.85 * 0.53 * 100 * 9.02 * \sqrt{281} = 6651.41 \text{ kg}$$

Se puede observar que el corte actuante máximo es menor al corte máximo resistente, por lo cual el peralte de la losa es adecuado.

### Tabla 53.

*Resultado de cálculo de áreas de acero para losa*

Momento (kg-m)	Usar	As (cm <sup>2</sup> )	Varilla a utilizar	S (cm)
300.2	Usar As mínimo	1.21	3/8	36
205.2	Usar As mínimo	1.21	3/8	36
333.1	Usar As mínimo	1.21	3/8	36
249.1	Usar As mínimo	1.21	3/8	36
141.7	Usar As mínimo	1.21	3/8	36
213.1	Usar As mínimo	1.21	3/8	36
331.02	Usar As mínimo	1.21	3/8	36
385.01	Usar As mínimo	1.21	3/8	36
500.14	Usar As requerido	1.49	3/8	36
285.18	Usar As mínimo	1.21	3/8	36

*Nota.* Descripción de los resultados de cálculo de áreas de acero para losa. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### 2.2.8.2. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de tensión, compresión y corte. En una viga de concreto reforzado el refuerzo de acero resiste la tensión causada por los momentos flectores, mientras que el concreto resiste los esfuerzos de compresión.

Para el cálculo de acero de refuerzo en vigas se tomará la viga crítica del marco típico en sentido Y.

Datos:

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$r = 2.5 \text{ cm}$$

Peralte efectivo "d"

$$d = h - r$$

$$d = 30 - 2.5 = 27.5 \text{ cm}$$

Cálculo de áreas de acero máximo y mínimo

$$As_{min} = \frac{14.1bd}{fy}$$

$$As_{max} = 0.5 * 0.85 * 0.85 * \frac{f'c}{fy} * \frac{6,120}{fy + 6,120} * bd$$

$$As_{min} = \frac{14.1 * 25 * 27.5}{4,200} = 2.31 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{max}} = 0.5 * 0.85 * 0.85 * \frac{281}{4,200} * \frac{6,120}{4,200 + 6,120} * 25 * 27.5 = 9.85 \text{ cm}^2$$

El área de acero requerido se calculará el área de acero con la siguiente formula:

$$A_{S_{req}} = \left( bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right) * \left( \frac{0.85 f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{S_{req}} = \left( 25 * 27.5 - \sqrt{(25 * 27.5)^2 - \frac{3835.17 * 25}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{4200} \right)$$

$$A_{S_{req}} = 3.88 \text{ cm}^2$$

$$M(-)_{IZQUIERDA} = 3760.84 \text{ kg-m}$$

$$A_{S_{req}} = 3.80 \text{ cm}^2$$

$$M(+) = 1298.16 \text{ kg-m}$$

$$A_{S_{req}} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$M(-)_{DERECHA} = 3835.17 \text{ kg-m}$$

$$A_{S_{req}} = 3.88 \text{ cm}^2$$

Se puede observar que  $A_{S_{req}} < A_{S_{máx}}$  por lo cual la sección de viga es la adecuada.



**Tabla 54.***Cálculo de área de acero requerida*

VIGA	AB				BC			CD		
Momento	1745.97	814.61	1924.42	1684.21	359.62	1684.21	1924.42	814.61	1745.97	
As requerido	1.72	0.79	1.90	1.66	0.35	1.66	1.90	0.79	1.72	
Usar	As mínimo	As mínimo	As mínimo	As mínimo	As mínimo	As mínimo	As mínimo	As mínimo	As mínimo	
As cm <sup>2</sup>	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	
VIGA	EF				FG			GH		
Momento	3760.84	1298.16	3835.17	3293.51	602.46	3293.51	3835.17	1298.16	3760.84	
As requerido	3.80	1.27	3.88	3.31	0.58	3.31	3.88	1.27	3.80	
Usar	Usar As requerido	As mínimo	As requerido	As requerido	As mínimo	As requerido	As requerido	As mínimo	As requerido	
As cm <sup>2</sup>	3.80	2.31	3.88	3.31	2.31	3.31	3.88	2.31	3.80	

*Nota.* Descripción de los cálculos de área de acero requerida. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

De acuerdo con el código ACI, los requisitos para el armado de la cama superior e inferior se definen de la siguiente manera:

Cama superior: colocar 2 varillas corridas como mínimo, con el mayor de los siguientes valores:

- $As_{\text{mínimo}} = 2.31 \text{ cm}^2$
- $33 \% As_{\text{requerido}} (-) = 0.33 * 3.88 = 1.28 \text{ cm}^2$

Cama inferior: colocar 2 varillas corridas como mínimo, con el mayor de los siguientes valores:

- $As_{\text{mínimo}} = 2.31 \text{ cm}^2$
- $50 \% As_{\text{requerido}} (-) = 0.5 * 3.88 = 1.94 \text{ cm}^2$

- $50 \% A_{s\text{requerido (+)}} = 0.5 * 2.31 = 1.16 \text{ cm}^2$

La diferencia entre el  $A_{s\text{requerido}}$  y el  $A_{s\text{corrido}}$  se colocarán como bastones en la cama superior y como riel en la cama inferior, para completar el  $A_{s\text{requerido}}$ .

$$A_s (-) = 3.8 - 2.31 = 1.49 \text{ cm}^2$$

$$A_s (+) = 2.31 - 2.31 = 0$$

$$A_s (-) = 3.88 - 2.31 = 1.57 \text{ cm}^2$$

Cálculo de acero transversal (estribos)

El refuerzo de acero transversal tiene como principal objetivo asegurar que el elemento estructural será capaz de resistir los esfuerzos cortantes a los que estará sometido, además de confinar el concreto y asegurar que el acero de refuerzo longitudinal permanezca en su posición.

Corte que resiste el concreto

$$V_c = 0.85 * 0.53 * b * d * \sqrt{f'_c}$$

$$V_c = 0.85 * 0.53 * 25 * 27.5 * \sqrt{281} = 5,191.83 \text{ kg}$$

$$V_u = 4,545.46 \text{ kg}$$

Como  $V_c > V_u$  se necesitan estribos solo por armado, con separación máxima de  $S = d/2$

$$S = d/2 = 27.5/2 = 13.75 \text{ cm}$$

Debido a requisitos sísmicos se debe confinar estribos a una longitud de desarrollo en los extremos de la viga, con el objetivo de darle mayor ductilidad a los nodos, la longitud de desarrollo para el confinamiento se calcula como:

$$L = 2d$$
$$L = 2 * 27.5 = 55 \text{ cm}$$

Para un confinamiento efectivo en la longitud de desarrollo se recomienda lo siguiente:

El primer estribo debe colocarse a 5 cm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento máximo entre de los estribos no debe ser mayor al menor de:

$$d/4 = 27.5/4 = 6.87 \text{ cm}$$

$$24\phi_{\text{transversal}} = 24 * 0.95 = 22.8 \text{ cm}$$

$$8\phi_{\text{longitudinal}} = 8 * 1.59 = 12.72 \text{ cm}$$

30 cm

La separación de los estribos en la longitud de desarrollo será de 5 cm.

La separación de los estribos en el resto del elemento será de 13 cm.

**Tabla 55.***Resumen de armado de vigas en ambos sentidos*

Marco	Viga	Armado Lonitudinal		Armado transversal
		Varillas	Bastón/Riel	
Marco Y	Nivel 2	2#5	-	11 # 3 @ 5 cm en los extremos y resto #3 @ 13 cm
		2#5	-	
		2#5	-	
	Nivel 1	2#5	-	11 # 3 @ 5 cm en los extremos y resto #3 @ 13 cm
		2#5	-	
		2#5	-	
Marco X	Nivel 2	2#5	-	11 # 3 @ 5 cm en los extremos y resto #3 @ 13 cm
		2#5	-	
		2#5	-	
	Nivel 1	3#5	-	11 # 3 @ 5 cm en los extremos y resto #3 @ 13 cm
		2#5	-	
		3#5	-	

*Nota.* Presentación del resumen de armado de vigas en ambos sentidos. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### 2.2.8.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales sometidos a flexo compresión, por lo cual además de diseñarse para resistir carga axial, también se debe diseñar para resistir momentos y esfuerzos cortantes.

Diseño de columna crítica nivel 1

Datos:

Sección de columna = 30x30 cm

Sección de viga = 25x30 cm

Espesor de losa = 12 cm

Área tributaria = 8.94 m<sup>2</sup>

Mx = 4,291.57 kg-m

$$M_y = 4,264.94 \text{ kg-m}$$

$$V_x = 1,763.09 \text{ kg}$$

$$V_y = 1,796.31 \text{ kg}$$

Carga Axial

$$P_u = 1.2 C_m + 1.6 C_v$$

Nivel 2

Carga muerta

$$C_m = (0.3 \cdot 0.3 \cdot 3.12 + 8.94 \cdot 0.12 + 6 \cdot 0.25 \cdot 0.3) \cdot 2,400 + 8.94 \cdot 150$$

$$C_m = 5,669.64 \text{ kg}$$

Carga viva

$$C_v = 8.94 \cdot 100 = 894 \text{ kg}$$

Nivel 1

Carga muerta

$$C_m = (0.3 \cdot 0.3 \cdot 4.62 + 8.94 \cdot 0.12 + 6 \cdot 0.25 \cdot 0.3) \cdot 2,400 + 8.94 \cdot 150 + 3.12 \cdot 6 \cdot 100$$

$$C_m = 7,865.64 \text{ kg}$$

Carga viva

$$C_v = 8.94 \cdot 250 = 2,235 \text{ kg}$$

Carga Axial Ultima

$$P_{U2} = 1.2 \cdot 5,669.64 + 1.6 \cdot 894 = 8,233.97 \text{ kg}$$

$$P_{U1} = 1.2 \cdot 7,865.64 + 1.6 \cdot 2,235 = 1,3014.77 \text{ kg}$$

$$P_{U\text{Total}} = 8,233.97 + 1,3014.77 = 21,248.74 \text{ kg}$$

## Clasificación de columnas por Esbeltez

Las columnas deben clasificarse por esbeltez con el objetivo de determinar su comportamiento bajo las cargas a la cual serán sometidas y diseñarlas según su clasificación, se clasifican con base en los siguientes criterios.

- Columnas cortas ( $E < 22$ ), se diseñan con los datos del análisis estructural.
- Columnas intermedias ( $22 > E < 100$ ), se diseñan magnificando los momentos.
- Columnas largas ( $E > 100$ ), se rediseña la estructura.

El valor de E se calcula con:

$$E = \frac{K * L_u}{\sigma}$$

Donde:

K es el coeficiente de rigidez de la columna.

$L_u$  es la longitud efectiva de la columna.

$\sigma$  es el 30 % del lado menor de la columna.

El cálculo de  $\psi$ , coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación en las columnas, se realiza con la siguiente ecuación:

$$\psi = \frac{\sum K_{col}}{\sum K_{viga}}$$

$$K_{col} = \frac{I}{L_u}$$

$$L_{u2} = 292 \text{ cm} \quad L_{u1} = 432 \text{ cm}$$

$$I_{col} = (1/12) * (30) * (30)^3 = 67,500 \text{ cm}^4$$

$$K_{Col2} = 67,500/292 = 239.36 \text{ cm}^3$$

$$K_{Col1} = 67,500/432 = 156.25 \text{ cm}^3$$

$$I_{viga} = (1/12) * 25 * 30^3 = 56,250 \text{ cm}^4$$

$$K_{viga y.1} = 56,250/350 = 160.71 \text{ cm}^3$$

$$K_{viga y.2} = 56,250/300 = 187.50 \text{ cm}^3$$

$$K_{viga x} = 56,250/350 = 204.55 \text{ cm}^3$$

Sentido Y

$$\psi_a = \frac{239.36 + 156.25}{160.71 + 187.50} = 1.14$$

$$\psi_b = 0 \text{ (empotramiento)}$$

$$\psi_{prom} = \frac{1.14 + 0}{2} = 0.57$$

Sentido X

$$\psi = \frac{239.36 + 156.25}{204.55 + 204.55} = 0.97$$

$$\psi_b = 0 \text{ (empotramiento)}$$

$$\psi_{prom} = \frac{0.97 + 0}{2} = 0.49$$

Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{20 - \psi_{prom}}{20} * \sqrt{1 + \psi_{prom}} \text{ Para } \psi_{prom} < 2$$

$$K = 0.9 * \sqrt{1 + \psi_{prom}} \text{ Para } \psi_{prom} > 2$$

$$K_y = \frac{20 - 0.57}{20} * \sqrt{1 + 0.57} = 1.22$$

$$K_x = \frac{20 - 0.49}{20} * \sqrt{1 + 0.49} = 1.19$$

Cálculo de Esbeltez:

$$E_y = \frac{1.22 * 432}{0.2 * 30} = 58.56$$

$$E_x = \frac{1.19 * 432}{0.2 * 30} = 57.12$$

Para los valores de E obtenido, tanto en el sentido X como en el sentido Y, la columna se clasifica como intermedia, por lo tanto, se deben magnificar lo momentos actuantes.

Magnificación de momentos

El momento mayorado utilizado en el diseño de columnas debe ser:

$$M_C = \delta M_2$$

Donde el factor de magnificación de momentos  $\delta$  debe calcularse con:

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0.7P_c}} \geq 1$$

Donde:

$P_u$  es la carga axial ultima.

$P_c$  es la carga critica de pandeo.



La carga crítica de pandeo debe calcularse con:

$$P_c = \frac{\pi^2 (EI)_{eff}}{(kl_u)^2}$$

Donde:

$(EI)_{eff}$  es la rigidez efectiva a flexión.

k es el coeficiente de rigidez de la columna calculado previamente.

$l_u$  es la longitud efectiva de la columna.

La rigidez efectiva a flexión debe calcularse como:

$$(EI)_{eff} = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

Donde:

$E_c$  es el módulo de elasticidad del concreto.

$I_g$  es el momento de inercia de la sección bruta.

$\beta_{dns}$  es la relación entre la máxima carga axial mayorada permanente y la máxima carga axial mayorada total.

Cálculo de la relación  $\beta_{dns}$

$$\beta_{dns} = \frac{Cm_u}{C_U}$$
$$\beta_{dns} = \frac{1.2 * 5669.64}{8233.97} = 0.82$$

Módulo de elasticidad del concreto

$$E_c = 15100\sqrt{f'_c}$$
$$E_c = 15100 * \sqrt{281} = 253122.12 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de la rigidez efectiva a flexión

$$I_g = 67,500 \text{ cm}^4$$

$$E_C = 253,122.12 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_{dns} = 0.82$$

$$(EI)_{eff} = \frac{0.4 * 253,122.12 * 67,500}{(1 + 0.82) * 1 \times 10^7} = 375.51 \text{ T} - \text{m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo

$$(EI)_{eff} = 375.51 \text{ T-m}^2$$

$$l_u = 4.32 \text{ m}$$

$$K_x = 1.19$$

$$K_y = 1.22$$

Sentido X

$$P_{Cx} = \frac{\pi^2 * 375.51}{(1.19 * 4.32)^2} = 140.24 \text{ T}$$

Sentido Y

$$P_{Cy} = \frac{\pi^2 * 375.51}{(1.22 * 4.32)^2} = 133.42 \text{ T}$$

Cálculo del factor de magnificación de momentos

$$P_U = 21.25 \text{ T}$$

$$P_{Cx} = 140.24 \text{ T}$$

$$P_{Cy} = 133.42 \text{ T}$$

Sentido X

$$\delta_{cx} = \frac{1}{1 - \frac{21.25}{0.7 * 140.24}} = 1.28 > 1$$

Sentido Y

$$\delta_{cy} = \frac{1}{1 - \frac{21.25}{0.7 * 133.42}} = 1.29 > 1$$

Momentos magnificados

$$M_{dx} = 1.28 * 4,291.57 = 5,493.21 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 1.29 * 4,264.64 = 5,501.39 \text{ kg-m}$$

Armado longitudinal de la columna

Datos:

$$M_{dx} = 5493.21 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 5501.39 \text{ kg-m}$$

$$P_U = 21,248.74 \text{ kg}$$

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

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

Para determinar el refuerzo longitudinal de la columna se utilizará el método de Bresler, que consiste en aproximar el perfil de la superficie de la falla.

Cálculo de acero mínimo y acero máximo

Según el código ACI 318-14 sección 10.6.1, el área de acero de refuerzo longitudinal no debe ser menor que  $0.01A_g$  ni mayor que  $0.08A_g$ .

$$A_{Smin} = 0.01 * 30 * 30 = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{Smax} = 0.08 * 30 * 30 = 72 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado de 8 varillas #8

Area de una varilla #8 = 5.06 cm<sup>2</sup>

$$A_s = 5.06 * 8 = 40.48 \text{ cm}^2 = 4.5 \% A_g$$

Cálculo de excentricidades

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_a} = \frac{5,493.21}{21,248.74} = 0.26$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_a} = \frac{5,501.39}{21,248.74} = 0.26$$

Cálculo del valor de las diagonales

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0.26}{0.3} = 0.87$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0.26}{0.3} = 0.87$$

Cálculo de factor q

$$q = \rho \frac{f_y}{f'c}$$

Donde:

$$\rho = A_s/A_g$$

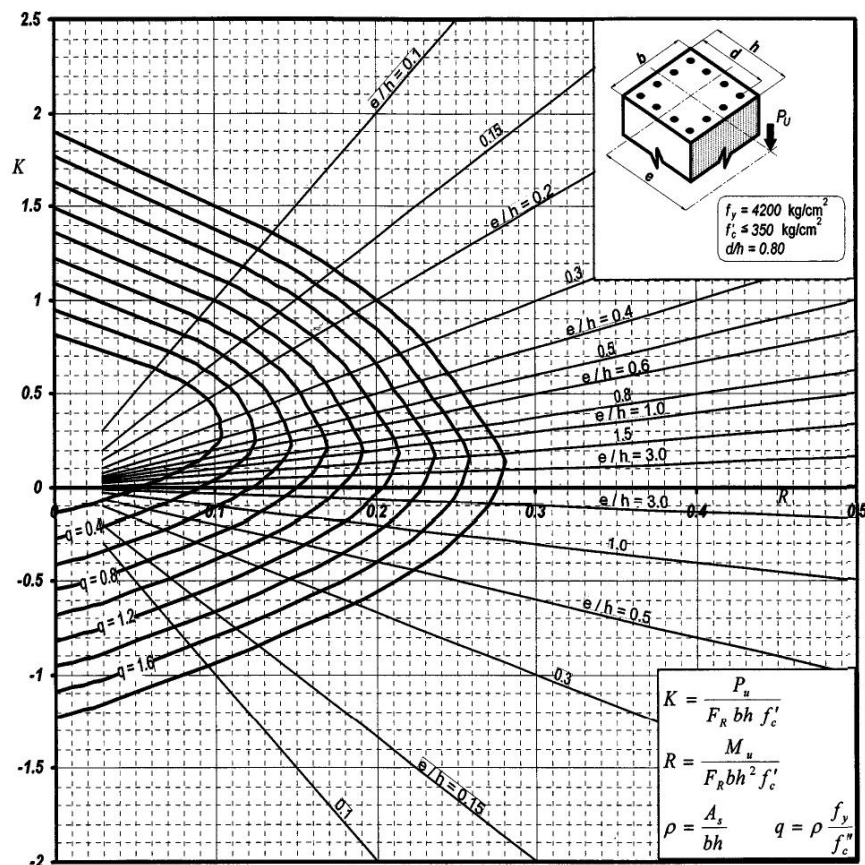
$$f'c = 0.8 * 0.85 * f_c$$

$$q = \frac{40.48}{900} * \frac{4200}{0.80 * 0.85 * 281} = 1$$

Con los valores de  $q$  y  $e/h$  se procede a leer el valor de  $K$  para el sentido X y sentido Y, en la siguiente gráfica:

**Figura 39.**

*Gráfica de interacción para columnas de concreto reforzado C.9*



*Nota.* Descripción de interacción para columnas de concreto reforzado C. 9. González, O., González, M., & Villegas, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. (p. 772.) Editorial Limusa.

Los valores de  $K'$  observados en la gráfica son aproximadamente:

$$K'_x = 0.21$$

$$K'_Y = 0.21$$

El cálculo de la carga de falla por el método de Bresler se realiza con la siguiente ecuación:

$$P'_U = \frac{1}{\frac{1}{P'_X} + \frac{1}{P'_Y} - \frac{1}{P'_O}}$$

Donde:

$P'_U$  es el valor aproximado de carga de falla en excentricidad  $e_x$  y  $e_y$

$P'_X$  es la carga de falla cuando solamente existe excentricidad  $e_x$

$P'_Y$  es la carga de falla cuando solamente existe excentricidad  $e_y$

$P'_O$  es la carga de falla cuando solamente existe carga axial pura

$$P'_X = K'_x * f'c * b * h$$

$$P'_Y = K'_y * f'c * b * h$$

$$P'_O = 0.80 * [0.85 * f'c * (A_g - A_s) + (A_s * f_y)]$$

Cálculo de las cargas de falla:

$$P'_X = 0.21 * 281 * 30 * 30 = 53109 \text{ kg}$$

$$P'_Y = 0.21 * 281 * 30 * 30 = 53109 \text{ kg}$$

$$P'_O = 0.80 * [0.85 * 281 * (900 - 40.48) + (40.48 * 4200)] = 300,249.88 \text{ kg}$$

Entonces:

$$P'_U = \frac{1}{\frac{1}{53,109} + \frac{1}{53,109} - \frac{1}{300,249.88}} = 29,130.87 \text{ kg}$$

$$P'_U = 29,130.87 \text{ kg} > 21,248.74$$

Refuerzo transversal

Corte que resiste el concreto

$$V_C = 0.85 * 0.53 * b * d * \sqrt{f'_c}$$
$$V_C = 0.85 * 0.53 * 30 * 30 * \sqrt{281} = 6,796.58 \text{ kg}$$
$$V_U = 1,796.31 \text{ kg}$$

Como  $V_C > V_U$  se necesitan estribos solo por armado, con separación máxima de  $S = d/2$

$$S = 30/2 = 15 \text{ cm}$$

Debido a requisitos sísmicos se debe confinar estribos a una longitud de desarrollo en los extremos de la viga, con el objetivo de darle mayor ductilidad a los nodos, la longitud de desarrollo para el confinamiento se calcula como el mayor de:

$$L_U/6 = 4.32/6 = 72 \text{ cm}$$

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

$$45 \text{ cm}$$

Para un confinamiento efectivo en la longitud de desarrollo se recomienda lo siguiente:

El primer estribo debe colocarse a no más de  $S_0/2$  de la cara del elemento de apoyo.

El espaciamiento máximo  $S_0$  entre de los estribos no debe ser mayor al menor de:

$$b/2 = 30/2 = 15 \text{ cm}$$

$$24\phi_{\text{transversal}} = 24 * 0.95 = 22.8 \text{ cm}$$

$$8\phi_{\text{longitudinal}} = 8 * 2.54 = 20.32 \text{ cm}$$

$$30 \text{ cm}$$

La separación de los estribos en la longitud de desarrollo será de 10 cm.

La separación de los estribos en el resto del elemento será de 12 cm.

#### 2.2.8.4. Diseño de nudo sísmico

La resistencia de diseño para corte de nudos viga-columna debe cumplir con lo siguiente:

$$\phi V_n \geq V_U$$

Donde:

$$\Phi = 0.75$$

$$V_n = 2\lambda\sqrt{f'_c} * A_j$$

$\lambda = 1$  para concretos de peso normal

$A_j$  es el área de la sección efectiva

$$A_j = (25 - 2.5 - 2.5) * (30 * 2.5 - 2.5) = 500 \text{ cm}^2$$

$$V_n = 2 * 1 * \sqrt{281} * 500 = 16,763.05 \text{ kg}$$

$$V_U = 4,545.46 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.75 * 16,763.05 = 12,572.29 \text{ kg}$$



$$\phi V_n \geq V_U$$

$$12,572.29 \geq 4,545.46$$

La resistencia de diseño a corte cumple con lo establecido anteriormente.

El refuerzo transversal en el nudo consiste en estribos cerrados de confinamiento y debe cumplir con:

- El espaciamiento de centro a centro no debe ser mayor al menor de:
- $16\phi_{Long} = 16*(5/8)*2.54 = 25 \text{ cm}$
- $48\phi_{Transv.} = 48*(3/8)*2.54 = 45.72 \text{ cm}$
- El diámetro del refuerzo transversal en el nudo no debe ser menor a la barra #3.

Se debe colocar al menos dos capas de refuerzo transversal horizontal dentro de la viga de menor altura que llega al nudo.

Verificación del criterio por capacidad, según ACI 318-14 sección 18.7.3.2, en el cual se establece que las articulaciones plásticas se formen en las vigas y no en las columnas, por lo cual debe cumplir con lo siguiente:

$$\sum M_{Col} \geq \frac{6}{5} \sum M_{Viga}$$

Donde:

$\sum M_{Col}$  es la sumatoria de momentos que resiste la columna

$\sum M_{Viga}$  es la sumatoria de momentos que resiste la viga

Para la revisión de este criterio, se realizará en el nudo crítico, es decir en una columna central del primer nivel ya que a este llegarán momentos nominales de vigas en ambas direcciones y momentos nominales de columnas de dos niveles distintos.

Los momentos de vigas y columnas que actúan sobre la estructura para el análisis de viga débil - columna fuerte, se tomarán de los resultados de la envolvente de momentos, ver sección 2.2.7.4.

$$\sum M_{Viga} = \frac{3,835.17 + 3,293.51 + 3,258.46 + 3,258.46}{0.9} = 15,161.79 \text{ kg} - m$$

$$\sum M_{Col} = \frac{2,111.07 + 3,880.84 + 2,111.07 + 4,007.38}{0.65} = 18,631.35 \text{ kg} - m$$

Comprobación:

$$\frac{\sum M_{Viga}}{\sum M_{Col}} \geq 1.2$$

$$\frac{15,161.79}{18,631.35} = 1.23 \geq 1.2$$

Se puede observar que se cumple con el criterio de viga débil – columna fuerte.

### 2.2.8.5. Diseño de cimentación

Las zapatas son elementos estructurales diseñados para soportar las cargas de la edificación y transmitir las al suelo, para nuestro proyecto se analizará una zapata central y se tendrán que todas las zapatas serán concéntricas a las columnas.

Datos:

$$P_U = 21,248.74 \text{ kg}$$

$$V_s = 17.22 \text{ T/m}^2$$

$$M_{UX} = 4,291.57 \text{ kg-m}$$

$$\gamma_s = 1.6 \text{ T/m}^3$$

$$M_{UY} = 4,264.64 \text{ kg-m}$$

$$\gamma_c = 2.4 \text{ T/m}^3$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_f = 1.5 \text{ m}$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$h_{Col} = 4.62 \text{ m}$$

Cargas de trabajo para diseño de zapata

$$P'u = \frac{P_U}{FCU}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{UX}}{FCU}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{UY}}{FCU}$$

Donde

FCU es el factor de carga último y se calcula como:

$$FCU = \frac{C_u}{C_m + C_v}$$

$$C_m = (0.12 * 2,400 + 75 + 75) = 438 \text{ kg/m}^2$$

$$C_v = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 1.2 * 438 + 1.6 * 250 = 925.6 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU = \frac{925.6}{438 + 250} = 1.35$$

Cálculo de cargas de trabajo

$$P't = \frac{21,248.74}{1.35} = 15,739.81 \text{ kg} = 15.74 \text{ t}$$

$$M_{tx} = \frac{4,291.57}{1.35} = 3,178.94 \text{ kg-m} = 3.18 \text{ t-m}$$

$$M_{ty} = \frac{4,264.64}{1.35} = 3,158.99 \text{ kg} - m = 3.16 \text{ t} - m$$

Predimensionamiento de la zapata

$$A_z = \frac{1.5 * P'_U}{V_s}$$

$$A_z = \frac{1.5 * 15.74}{18} = 1.07 \text{ m}^2$$

Como la zapata será cuadrada

$$A_z = B * L$$

$$B = L = \sqrt{A_z}$$

$$B = \sqrt{1.07} = 1.03 \text{ m}$$

Se propone una zapata de 1.75 m x 1.75 m para un área de 3.06 m<sup>2</sup>, con un espesor de 40 cm.

Chequeo de presión sobre el suelo:

Para el chequeo de presión sobre el suelo es necesario determinar la presión máxima y mínima admisibles, las cuales deben ser menor que el valor soporte y mayor a cero respectivamente. Suponiendo que las presiones están linealmente distribuidas, la excentricidad  $e = M/P$  no debe superar el núcleo de la zapata, es decir  $e < K = L/6$ .

Carga sobre la zapata

$$P = P'_t + P_{propio} + P_{Suelo}$$

Peso propio

$$P_{propio} = A_z * t * \gamma_c$$

$$P_{Propio} = 3.06 * 0.4 * 2.4 = 2.94 \text{ t}$$

Peso del suelo

$$P_{Suelo} = A_z * df * \gamma_s$$

$$P_{Suelo} = 3.06 * 1.5 * 1.6 = 7.35 \text{ t}$$

Carga ultima

$$P = 15.74 + 2.94 + 7.36 = 26.04 \text{ t}$$

Comprobación  $e < k$

$$k = \frac{L}{6} = \frac{1.75}{6} = 0.29 \text{ m}$$

$$e_x = \frac{M_{tx}}{P} = \frac{3.18}{26.04} = 0.12 \text{ m} < k$$

$$e_y = \frac{M_{ty}}{P} = \frac{3.16}{26.04} = 0.12 \text{ m} < k$$

Cálculo de presión máxima y mínima admisible:

$$q_{m\acute{a}x/m\acute{i}n} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$$

$S_x$  y  $S_y$  se calculan como:

$$S_x = S_y = \frac{B * L^2}{6} = \frac{1.75 * 1.75^2}{6} = 0.89 \text{ m}^3$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{26.04}{3.06} + \frac{3.18}{0.89} + \frac{3.16}{0.89} = 15.63 \text{ t/m}^2 < V_s$$

$$q_{m\acute{i}n} = \frac{26.04}{3.06} - \frac{3.18}{0.89} - \frac{3.16}{0.89} = 1.39 \text{ t/m}^2 > 0$$

Los datos anteriores indican que las dimensiones de la zapata son adecuadas.

Presión de diseño:

Debido a que las presiones del suelo varían de un punto a otro bajo la zapata, se debe calcular una presión de diseño uniforme mediante la siguiente expresión:

$$q_{du} = q_{m\acute{a}x} * FCU$$
$$q_{du} = 15.63 * 1.35 = 21.10 \text{ t/m}^2$$

Peralte efectivo de la zapata:

Datos:

$$r = 7.5 \text{ cm}$$

$$\emptyset_{var} = \#6 = 1.90 \text{ cm}$$

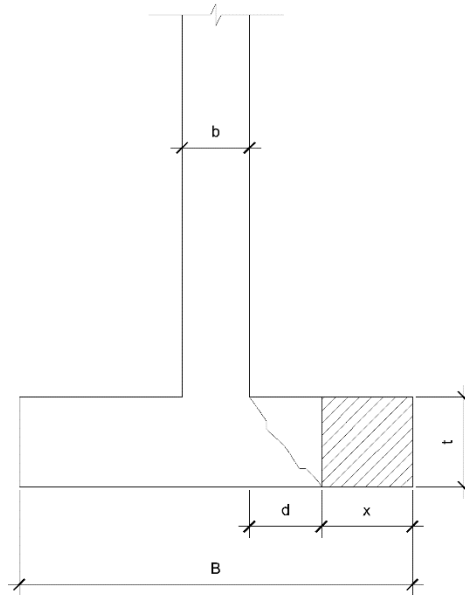
$$d = t - r - \frac{\emptyset_{var}}{2}$$
$$d = 40 - 7.5 - \frac{1.90}{2} = 31.55 \text{ cm}$$

Chequeo por corte simple:

Se realiza para verificar si la zapata soportará los esfuerzos a corte, y se realiza con el siguiente procedimiento:

**Figura 40.**

*Falla por corte simple en zapata*



*Nota.* Descripción del diagrama de falla por corte simple en zapata. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

$$x = \frac{B - b}{2} - d$$
$$x = \frac{175 - 30}{2} - 31.55 = 40.95 \text{ cm}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = B * x * q_{du}$$
$$V_{act} = 1.75 * 0.4095 * 21.10 = 15.12 \text{ t}$$

Corte que resiste el concreto:

$$V_c = 0.53 * 0.85 * \sqrt{f'_c} * B * d$$
$$V_c = 0.53 * 0.85 * \sqrt{281} * 175 * 31.55 = 41,695.13 \text{ kg} \approx 41.70 \text{ t}$$

$$V_{act} < V_C$$

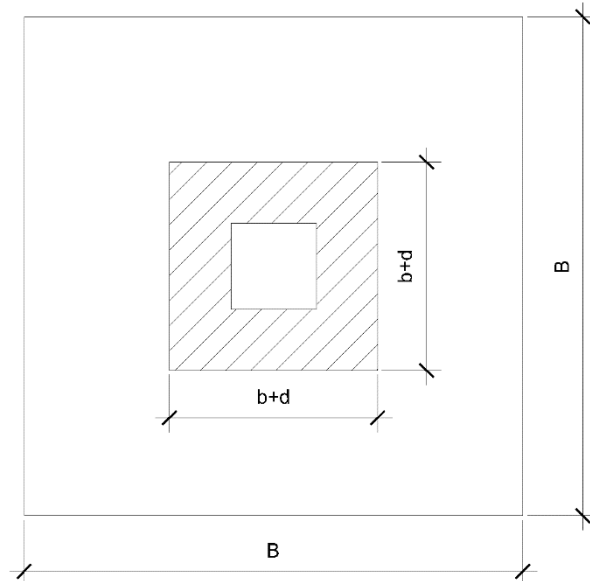
Como  $V_{act} < V_C$ , la zapata sí cumple con el chequeo de falla a corte simple y el espesor es adecuado.

Chequeo por corte punzante:

El chequeo por corte punzante verifica si la zapata soporta los efectos que se producen en un perímetro al borde de la columna con una distancia  $d/2$ .

#### Figura 41.

*Zapata sometida a corte punzante*



*Nota.* Descripción del diagrama de falla por corte simple en zapata. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Corte actuante:

$$V_{act} = q_{du} * (A_z - A_p)$$



$$V_{act} = 21.10 * (3.06 - (0.3 + 0.3155)^2) = 56.57 t$$

Corte resistente por punzonamiento:

$$V_C = 0.85 * 0.27 * \sqrt{f'_c} * \left( \frac{\alpha_s * d}{b_o} \right) * b_o * d$$

Donde:

$b_o$  es el perímetro de corte por punzonamiento

$\alpha_s = 40$  para zapatas de interiores

$$V_C = 0.85 * 0.27 * \sqrt{281} * \left( \frac{40 * 31.55}{4(30 + 31.55)} \right) * 4(30 + 31.55) * 31.55$$

$$V_C = 153,177.36 \text{ kg} \approx 153.18 t$$

$$V_{act} < V_C$$

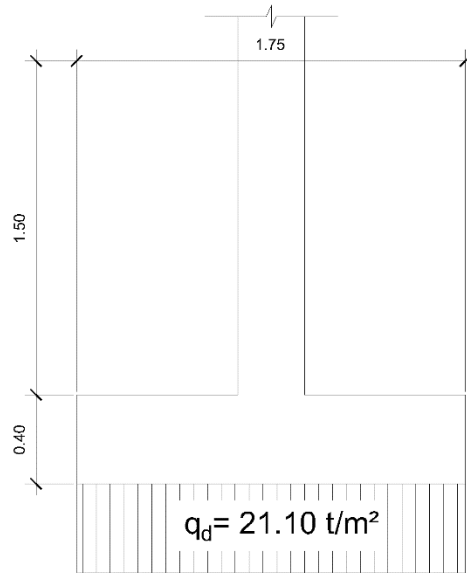
Como  $V_{act} < V_C$ , la zapata si cumple con el chequeo de falla por corte punzante.

Diseño del refuerzo por flexión:

La carga de diseño máxima produce un momento flector en la zapata, por eso es necesario reforzarla con acero para resistir los esfuerzos transmitidos y se diseñará como un voladizo.

**Figura 42.**

*Diagrama para análisis de zapata*



*Nota.* Descripción del diagrama para análisis de zapata. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

$$M_u = \frac{q_{du} * B * l^2}{2}$$
$$M_{ux} = M_{uy} = \frac{21.10 * 1.75 * \left(\frac{1.75}{2} - \frac{0.3}{2}\right)^2}{2} = 9.70 \text{ t - m}$$

Cálculo del área de acero:

$$A_{smín} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$
$$A_{smín} = \frac{14.1}{4200} * 175 * 31.55 = 18.53 \text{ cm}^2$$

Cálculo de área de acero requerida:

$$A_{s_{req}} = \left( bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right) * \left( \frac{0.85 f'c}{f_y} \right)$$
$$A_{s_{req}} = \left( 175 * 31.55 - \sqrt{(175 * 31.55)^2 - \frac{9700 * 175}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{4200} \right)$$
$$A_{s_{req}} = 8.24 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el  $A_{S_{min}}$  de 18.53  $\text{cm}^2$ .

Cálculo del espaciamiento:

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{18.53}{2.85} \approx 7 \text{ unidades}$$

$$A_s = 2.85 * 7 = 19.95 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{175 - (7.5 * 2)}{7} = 22.85 \text{ cm}$$

Cálculo de acero por temperatura:

$$A_{s_{temp}} = 0.002 * B * d$$

$$A_{s_{temp}} = 0.002 * 175 * 31.55 = 11.04 \text{ cm}^2$$

Se propone utilizar varillas #4 para el refuerzo por temperatura

Cálculo del espaciamiento:

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{11.04}{1.27} \approx 9 \text{ unidades}$$

$$A_s = 1.27 * 9 = 11.43 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{175 - (7.5 * 2)}{9} = 17.78 \text{ cm}$$

**Tabla 56.***Resumen de diseño de zapata*

Zapata	Refuerzo longitudinal		Refuerzo temperatura	
	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo
Sección 1.75 x 1.75 m	19.95	#6 @ 22.5 cm	11.43	#4 @ 17 cm
	Refuerzo transversal		Refuerzo temperatura	
	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo
	19.95	#6 @ 22.5 cm	11.43	#4 @ 17 cm

*Nota.* Se presenta el resumen de diseño de la zapata. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Debido a la ubicación del edificio en el terreno, es necesario diseñar zapatas de borde y esquina a continuación, se muestra el proceso de diseño.

Zapata de borde:

Datos:

$$P_U = 16,364.91 \text{ kg}$$

$$M_{UX} = 3,943.52 \text{ kg-m}$$

$$M_{UY} = 4,394.42 \text{ kg-m}$$

$$B = L = 1.75 \text{ m}$$

$$t = 0.40 \text{ m}$$

Cálculo de cargas de trabajo

$$P't = \frac{16,758.51}{1.35} = 12,413.71 \text{ kg} = 12.41 \text{ t}$$

$$M_{tx} = \frac{3,943.52}{1.35} = 2,921.12 \text{ kg} - \text{m} = 2.92 \text{ t} - \text{m}$$

$$M_{ty} = \frac{4,394.42}{1.35} = 3,255.12 \text{ kg} - \text{m} = 3.26 \text{ t} - \text{m}$$

Chequeo de presión sobre el suelo:

Carga sobre la zapata

$$P = P'_t + P_{Propio} + P_{Suelo}$$

Peso propio

$$P_{Propio} = A_Z * t * \gamma_c$$

$$P_{Propio} = 3.06 * 0.4 * 2.4 = 2.94 \text{ t}$$

Peso del suelo

$$P_{Suelo} = A_Z * df * \gamma_s$$

$$P_{Suelo} = 3.06 * 1.5 * 1.6 = 7.35 \text{ t}$$

Carga ultima

$$P = 12.41 + 2.94 + 7.36 = 22.71 \text{ t}$$

Comprobación  $e < k$

$$k = \frac{L}{6} = \frac{1.75}{6} = 0.29 \text{ m}$$

$$e_x = \frac{M_{tx}}{P} = \frac{2.92}{22.71} = 0.13 \text{ m} < k$$

$$e_y = \frac{M_{ty}}{P} = \frac{3.26}{22.71} = 0.14 \text{ m} < k$$

Cálculo de presión máxima y mínima admisible:

$$q_{m\acute{a}x/m\acute{i}n} = \frac{P}{A_Z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$$

$S_x$  y  $S_y$  se calculan como:

$$S_x = S_y = \frac{B * L^2}{6} = \frac{1.75 * 1.75^2}{6} = 0.89 m^3$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{22.71}{3.06} + \frac{2.92}{0.89} + \frac{3.26}{0.89} = 14.37 t/m^2 < V_s$$

$$q_{m\acute{i}n} = \frac{22.71}{3.06} - \frac{2.92}{0.89} - \frac{3.26}{0.89} = 0.48 t/m^2 > 0$$

Los datos anteriores indican que las dimensiones de la zapata son adecuadas.

Presi3n de dise1o:

Debido a que las presiones del suelo varían de un punto a otro bajo la zapata, se debe calcular una presi3n de dise1o uniforme mediante la siguiente expresi3n:

$$q_{du} = q_{m\acute{a}x} * FCU$$

$$q_{du} = 14.37 * 1.35 = 19.40 t/m^2$$

Peralte efectivo de la zapata:

Datos:

$$r = 7.5 \text{ cm}$$

$$\emptyset_{Var} = \#6 = 1.90 \text{ cm}$$

$$d = t - r - \frac{\emptyset_{Var}}{2}$$

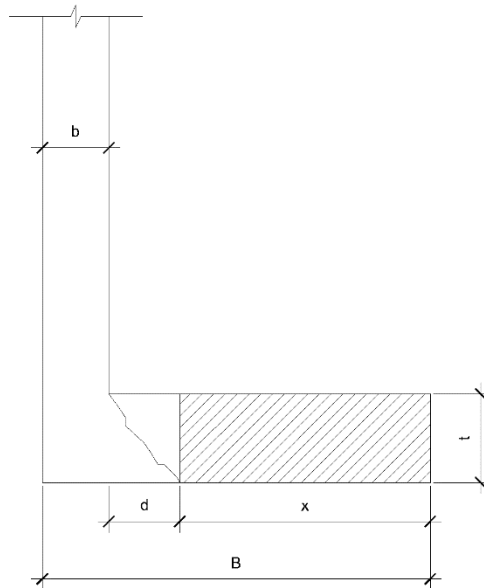
$$d = 40 - 7.5 - \frac{1.90}{2} = 31.55 \text{ cm}$$

Chequeo por corte simple

Se realiza para verificar si la zapata soportará los esfuerzos a corte, y se realiza con el siguiente procedimiento:

**Figura 43.**

*Falla por corte simple en zapata*



*Nota.* Descripción de la falla por corte simple en zapata. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

$$x = B - b - d$$

$$x = 175 - 30 - 31.55 = 113.45 \text{ cm}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = B * x * q_{du}$$

$$V_{act} = 1.75 * 1.2345 * 19.40 = 38.51 \text{ t}$$

Corte que resiste el concreto:

$$V_C = 0.53 * 0.85 * \sqrt{f'c} * B * d$$

$$V_C = 0.53 * 0.85 * \sqrt{281} * 175 * 31.55 = 41,695.13 \text{ kg} \approx 41.7 \text{ t}$$

$$V_{act} < V_C$$

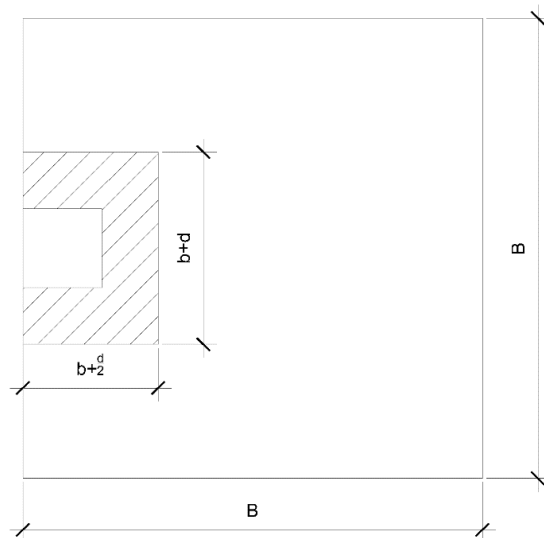
Como  $V_{act} < V_C$ , la zapata sí cumple con el chequeo de falla a corte simple y el espesor es adecuado.

- Chequeo por corte punzante:

El chequeo por corte punzante verifica si la zapata soporta los efectos que se producen en un perímetro al borde de la columna con una distancia  $d/2$ .

#### Figura 44.

*Zapata sometida a corte punzante*



*Nota.* Descripción de la zapata sometida a corte punzante. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.



Corte actuante:

$$V_{act} = q_{du} * (A_z - A_p)$$

$$V_{act} = 19.40 * \left( 3.06 - (0.3 + 0.3155) * \left( 0.3 * \frac{0.3155}{2} \right) \right) = 50.67t$$

Corte resistente por punzonamiento:

$$V_C = 0.85 * 0.27 * \sqrt{f'_c} * \left( \frac{\alpha_s * d}{b_o} \right) * b_o * d$$

Donde:

$\alpha_s = 30$  para zapatas de borde

$$V_C = 0.85 * 0.27 * \sqrt{281} * \left( \frac{30 * 31.55}{(30 + 31.55) + 2 \left( 30 * \frac{31.55}{2} \right)} \right) * \left( (30 + 31.55) + 2 \left( 30 * \frac{31.55}{2} \right) \right) * 31.55$$

$$V_C = 114,883.02 \text{ kg} \approx 114.88 \text{ t}$$

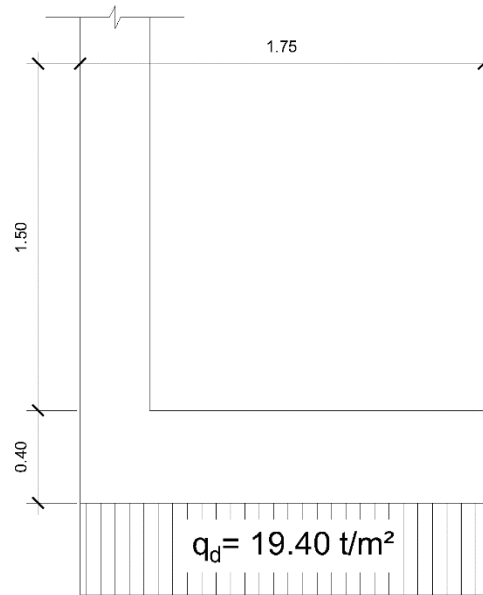
$$V_{act} < V_C$$

Como  $V_{act} < V_C$ , la zapata si cumple con el chequeo de falla por corte punzante.

Diseño del refuerzo por flexión:

**Figura 45.**

*Diagrama para análisis de zapata*



*Nota.* Descripción del diagrama para análisis de zapata. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

$$M_u = \frac{q_{du} * B * l^2}{2}$$
$$M_{ux} = M_{uy} = \frac{19.40 * 1.75 * (1.75 - 0.3)^2}{2} = 35.68 \text{ t - m}$$

Cálculo del área de acero:

$$A_{smín} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$
$$A_{smín} = \frac{14.1}{4200} * 175 * 31.55 = 18.53 \text{ cm}^2$$

Cálculo de área de acero requerida:

$$A_{S_{req}} = \left( bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right) * \left( \frac{0.85 f'c}{f_y} \right)$$
$$A_{S_{req}} = \left( 175 * 31.55 - \sqrt{(175 * 31.55)^2 - \frac{35,680 * 175}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{4200} \right)$$
$$A_{S_{req}} = 31.50 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el  $A_{S_{req}}$  de  $31.50 \text{ cm}^2$ .

Cálculo del espaciamiento:

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{31.50}{2.85} \approx 12 \text{ unidades}$$

$$A_s = 2.85 * 12 = 34.2 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{175 - (7.5 * 2)}{5} = 13.33 \text{ cm}$$

Cálculo de acero por temperatura:

$$A_{S_{temp}} = 0.002 * B * d$$

$$A_{S_{temp}} = 0.002 * 175 * 31.55 = 11.04 \text{ cm}^2$$

Se propone utilizar varillas #4 para el refuerzo por temperatura

Cálculo del espaciamiento:

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{11.04}{1.27} \approx 9 \text{ unidades}$$

$$A_s = 1.27 * 9 = 11.43 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{175 - (7.5 * 2)}{9} = 17.78 \text{ cm}$$

**Tabla 57.***Resumen de diseño de zapata*

Zapata	Refuerzo longitudinal		Refuerzo temperatura	
	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo
Sección 1.75 x 1.75 m	34.20	#6 @ 13 cm	11.43	#4 @ 17 cm
	Refuerzo transversal		Refuerzo temperatura	
	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo
	34.20	#6 @ 13 cm	11.43	#4 @ 17 cm

*Nota.* Se presenta el resumen de diseño de zapata. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Zapata de esquina

Datos:

$$P_U = 12,743.16 \text{ kg}$$

$$M_{UX} = 3,232.55 \text{ kg-m}$$

$$M_{UY} = 3,840.77 \text{ kg-m}$$

$$B = L = 1.75 \text{ m}$$

$$t = 0.40 \text{ m}$$

Cálculo de cargas de trabajo

$$P't = \frac{12,743.16}{1.35} = 9,439.38 \text{ kg} = 9.44 \text{ t}$$

$$M_{tx} = \frac{3,232.55}{1.35} = 2,394.48 \text{ kg} - m = 2.39 \text{ t} - m$$

$$M_{ty} = \frac{3,840.77}{1.35} = 2,845.01 \text{ kg} - m = 2.85 \text{ t} - m$$

Chequeo de presión sobre el suelo:

Carga sobre la zapata

$$P = P'_t + P_{Propio} + P_{Suelo}$$

Peso propio

$$P_{Propio} = A_z * t * \gamma_c$$

$$P_{Propio} = 3.06 * 0.4 * 2.4 = 2.94 t$$

Peso del suelo

$$P_{Suelo} = A_z * df * \gamma_s$$

$$P_{Suelo} = 3.06 * 1.5 * 1.6 = 7.35 t$$

Carga ultima

$$P = 9.44 + 2.94 + 7.36 = 19.74 t$$

Comprobación  $e < k$

$$k = \frac{L}{6} = \frac{1.75}{6} = 0.29 m$$

$$e_x = \frac{M_{tx}}{P} = \frac{2.39}{19.74} = 0.12 m < k$$

$$e_y = \frac{M_{ty}}{P} = \frac{2.85}{19.74} = 0.14 m < k$$

Cálculo de presión máxima y mínima admisible:

$$q_{m\acute{a}x/m\acute{i}n} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$$

$S_x$  y  $S_y$  se calculan como:

$$S_x = S_y = \frac{B * L^2}{6} = \frac{1.75 * 1.75^2}{6} = 0.89 m^3$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{19.74}{3.06} + \frac{2.39}{0.89} + \frac{2.85}{0.89} = 12.34 \text{ t/m}^2 < V_s$$

$$q_{m\acute{i}n} = \frac{19.74}{3.06} - \frac{2.39}{0.89} - \frac{2.85}{0.89} = 0.56 \text{ t/m}^2 > 0$$

Los datos anteriores indican que las dimensiones de la zapata son adecuadas.

Presi3n de dise1o:

Debido a que las presiones del suelo varían de un punto a otro bajo la zapata, se debe calcular una presi3n de dise1o uniforme mediante la siguiente expresi3n:

$$q_{du} = q_{m\acute{a}x} * FCU$$

$$q_{du} = 12.34 * 1.35 = 16.66 \text{ t/m}^2$$

Peralte efectivo de la zapata:

Datos:

$$r = 7.5 \text{ cm}$$

$$\emptyset_{Var} = \#6 = 1.90 \text{ cm}$$

$$d = t - r - \frac{\emptyset_{Var}}{2}$$

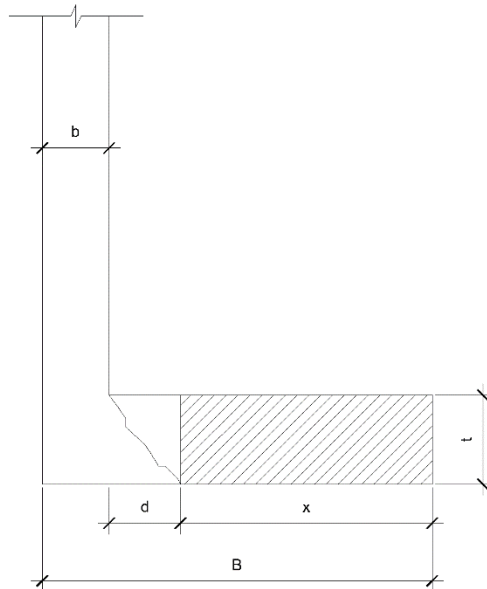
$$d = 40 - 7.5 - \frac{1.90}{2} = 31.55 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple

Se realiza para verificar si la zapata soportará los esfuerzos a corte, y se realiza con el siguiente procedimiento:

**Figura 46.**

*Falla por corte simple en zapata*



*Nota.* Descripción del diagrama para análisis de falla por corte simple en zapata. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

$$x = B - b - d$$

$$x = 175 - 30 - 31.55 = 113.45 \text{ cm}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = B * x * q_{du}$$

$$V_{act} = 1.75 * 1.2345 * 16.66 = 35.99 \text{ t}$$

Corte que resiste el concreto:

$$V_C = 0.53 * 0.85 * \sqrt{f'_c} * B * d$$

$$V_C = 0.53 * 0.85 * \sqrt{281} * 175 * 31.55 = 41695.13 \text{ kg} \approx 41.7 \text{ t}$$

$$V_{act} < V_C$$

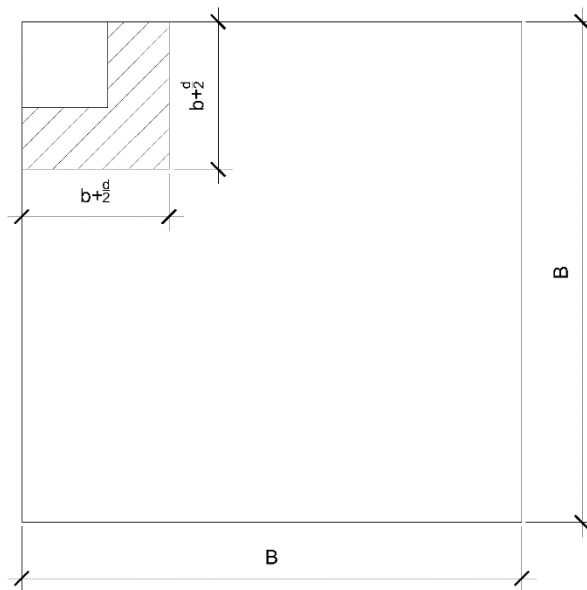
Como  $V_{act} < V_C$ , la zapata sí cumple con el chequeo de falla a corte simple y el espesor es adecuado.

- Chequeo por corte punzante:

El chequeo por corte punzante verifica si la zapata soporta los efectos que se producen en un perímetro al borde de la columna con una distancia  $d/2$ .

**Figura 47.**

*Zapata sometida a corte punzante*



*Nota.* Descripción de la zapata sometida a corte punzante. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Corte actuante:

$$V_{act} = q_{du} * (A_z - A_p)$$



$$V_{act} = 16.66 * \left( 3.06 - \left( 0.3 + \frac{0.3155}{2} \right)^2 \right) = 47.48 t$$

Corte resistente por punzonamiento:

$$V_C = 0.85 * 0.27 * \sqrt{f'_c} * \left( \frac{\alpha_s * d}{b_o} \right) * b_o * d$$

Donde:

$\alpha_s = 20$  para zapatas de borde

$$V_C = 0.85 * 0.27 * \sqrt{281} * \left( \frac{20 * 31.55}{2 \left( 30 + \frac{31.55}{2} \right)} \right) * 2 \left( 30 + \frac{31.55}{2} \right) * 31.55$$

$$V_C = 52313.34 kg \approx 52.31 t$$

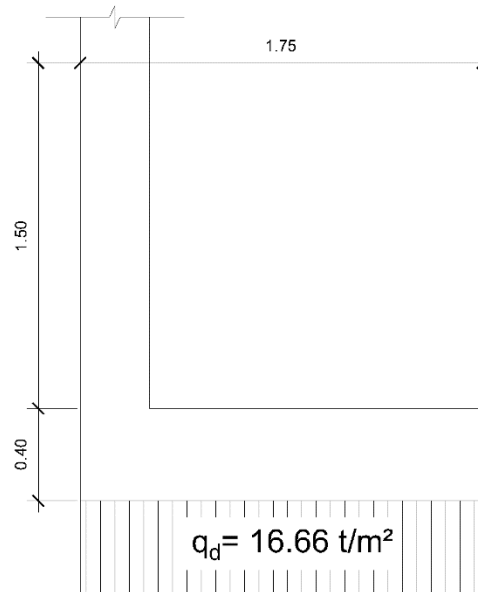
$$V_{act} < V_C$$

Como  $V_{act} < V_C$ , la zapata si cumple con el chequeo de falla por corte punzante.

Diseño del refuerzo por flexión:

**Figura 48.**

*Diagrama para análisis de zapata*



*Nota.* Descripción del diagrama para análisis de zapata. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

$$M_u = \frac{q_{du} * B * l^2}{2}$$
$$M_{ux} = M_{uy} = \frac{16.66 * 1.75 * (1.75 - 0.3)^2}{2} = 30.64 \text{ t - m}$$

Cálculo del área de acero:

$$A_{smín} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$
$$A_{smín} = \frac{14.1}{4200} * 175 * 31.55 = 18.53 \text{ cm}^2$$

Cálculo de área de acero requerida:

$$A_{S_{req}} = \left( bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right) * \left( \frac{0.85 f'c}{f_y} \right)$$
$$A_{S_{req}} = \left( 175 * 31.55 - \sqrt{(175 * 31.55)^2 - \frac{3,0640 * 175}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{4,200} \right)$$
$$A_{S_{req}} = 26.84 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el  $A_{S_{req}}$  de  $26.84 \text{ cm}^2$ .

Cálculo del espaciamiento:

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{26.84}{2.85} \approx 10 \text{ unidades}$$

$$A_s = 2.85 * 10 = 28.5 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{175 - (7.5 * 2)}{10} = 16 \text{ cm}$$

Cálculo de acero por temperatura:

$$A_{S_{temp}} = 0.002 * B * d$$

$$A_{S_{temp}} = 0.002 * 175 * 31.55 = 11.04 \text{ cm}^2$$

Se propone utilizar varillas #4 para el refuerzo por temperatura

Cálculo del espaciamiento:

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{11.04}{1.27} \approx 9 \text{ unidades}$$

$$A_s = 1.27 * 9 = 11.43 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{175 - (7.5 * 2)}{9} = 17.78 \text{ cm}$$

**Tabla 58.**

*Resumen de diseño de zapata*

Zapata	Refuerzo longitudinal		Refuerzo temperatura	
	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo
Sección 1.75 x 1.75 m	28.50	#6 @ 16 cm	11.43	#4 @ 17 cm
	Refuerzo transversal		Refuerzo temperatura	
	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo
	28.50	#6 @ 16 cm	11.43	#4 @ 17 cm

*Nota.* Se presenta el resumen de diseño de zapata. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- Cimiento corrido:

El cimiento corrido que se coloca a los muros, no serán parte del sistema estructural sismo resistente, por lo que se diseñaran para soportar únicamente cargas superpuestas, por lo que se propone el diseño de cimiento corrido de acuerdo con el Fondo de Hipotecas Aseguradas (FHA).

Las dimensiones mínimas para cimientos corridos son:

- Viviendas de un nivel 0.15x0.30 m.
- Viviendas de dos niveles 0.20x0.40 m.

El refuerzo mínimo para cimientos corrido es:

- Viviendas de un nivel 2 #3 con eslabones #3 @ 30 cm o #2 @ 15 cm.
- Viviendas de dos niveles 3 #3 con eslabones #3 @ 20 cm o #2 @ 15 cm.

Para este caso se utilizará el cimiento corrido de 0.20x0.40 m con 3 #3 y eslabones #2 @ 15 cm.

### 2.2.8.6. Diseño de gradas

Las gradas son elementos diseñados con el fin de conectar un piso con otro, compuesto por elementos horizontales (huella) y verticales (contrahuella), formando escalones. Los escalones están apoyados en una losa continua con 2 apoyos, como elemento inclinado con capacidad resistente a flexión.

Que un módulo de gradas sea cómodo y seguro, depende de su relación huella y contrahuella. Las siguientes relaciones garantizan la comodidad y funcionalidad del módulo de gradas:

- Contrahuella:  $C \leq 20 \text{ cm}$
- Huella:  $H > C$
- $2C + H \leq 64 \text{ cm}$
- $45 \text{ cm} \leq C+H \leq 48 \text{ cm}$
- $480 \text{ cm}^2 < C \cdot H < 500 \text{ cm}^2$
- Datos:
- Carga viva =  $500 \text{ kg/m}^2$
- Acabados =  $200 \text{ kg/m}^2$
- $f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
- $h = 3.12 \text{ m}$
- $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

Calculo en sentido largo 3.5 m, dejando descanso de 1m. Asumiendo huella = 32 cm y contrahuella = 16 cm.

$$\text{Numero de huellas} = 2.5/0.3 = 9$$

$$\text{Numero de contrahuellas} = H + 1 = 9 + 1 = 10$$

### Chequeo relaciones de comodidad

- $C = 16 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$  Cumple
- $H = 30 \text{ cm} > 16 \text{ cm}$  Cumple
- $2 \cdot 16 + 30 = 62 \leq 64 \text{ cm}$  Cumple
- $16 + 30 = 46; 45 < 46 < 48 \text{ cm}$  Cumple
- $16 \cdot 30 = 480 < 480 < 500 \text{ cm}^2$  Cumple

Todas las relaciones de comodidad cumplen por lo cual las dimensiones son correctas.

### Integración de cargas:

#### Longitud de losa

$$L = \sqrt{(9 \cdot 0.30)^2 + (10 \cdot 0.16)^2} = 3.14 \text{ m}$$

#### Espesor de losa

$$t = \frac{L}{24} = \frac{3.14}{24} = 0.13 \text{ m}$$

$$C_m = 1.2 * \left[ \gamma_c * \left( t + \frac{C}{2} \right) + \text{Acabados} \right]$$

$$C_m = 1.2 * \left[ 2,400 * \left( 0.13 + \frac{0.16}{2} \right) + 200 \right] = 844.80 \text{ kg/m}^2$$

$$C_v = 1.6 * 500 = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$C_U = 844.8 + 800 = 1,644.8 \text{ kg/m}^2$$

Se analiza una franja con ancho unitario de 1 m. La carga última es  $C_U = 1,644.8 \text{ kg/m}$ , para un tramo de escalones con longitud de 3.14 m.

Cálculo de momentos actuantes

Momento positivo

$$M(+)=\frac{W * L^2}{9}=\frac{1,644.8 * 3.14^2}{9}=1,801.90 \text{ kg} - m$$

$$M(-)=\frac{W * L^2}{14}=\frac{1,644.8 * 3.14^2}{14}=1,158.36 \text{ kg} - m$$

Área de acero mínima y área de acero por temperatura:

$$A_{Smin}=\frac{14.1}{fy} * b * d$$

$$A_{Smin}=\frac{14.1}{2,810} * 100 * 12.52 = 6.28 \text{ cm}^2$$

$$A_{temp} = 0.002 * b * d$$

$$A_{temp} = 0.002 * 100 * 12.52 = 2.50 \text{ cm}^2$$

Cálculo de área de acero requerida para momento negativo y positivo:

$$A_{Sreq}(+) = \left( 100 * 12.52 - \sqrt{(100 * 12.52)^2 - \frac{1,801.90 * 100}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{2,810} \right)$$

$$A_{Sreq}(-) = \left( 100 * 12.52 - \sqrt{(100 * 12.52)^2 - \frac{1,158.36 * 100}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{2,810} \right)$$

$$A_{Sreq}(+) = 5.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{Sreq}(-) = 3.72 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento:

$$S = \frac{100 * 0.71}{A_s}$$

Espaciamiento requerido en la cama inferior longitudinal:

$$S = \frac{100 * 0.71}{6.28} = 11.30 \text{ cm}$$

$$S = 10 \text{ cm}$$

Espaciamiento requerido en la cama inferior longitudinal:

$$S = \frac{100 * 0.71}{6.28} = 11.30 \text{ cm}$$

$$S = 10 \text{ cm}$$

Espaciamiento requerido en la cama superior:

$$S = \frac{100 * 0.71}{2.50} = 28.40 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}$$

## **2.2.9. Muro de contención**

Para este cálculo se realiza una selección de sistema para el muro, seguido de las especificaciones de diseño, lo que incluye el dimensionamiento del muro voladizo, diseño estructural, entre otros.

### **2.2.9.1. Selección de sistema para muro de contención**

Debido a la diferencia en las cotas del terreno que se tendrá en el proyecto se optó por diseñar un muro en voladizo, con una altura de 4.5 m de altura.

### **2.2.9.2. Especificaciones de diseño**

Datos:

- Talud de 3.5 m de altura libre y 1m de altura de muro enterrado.
- Sobrecarga  $q = 1 \text{ t/m}^2$
- $\gamma_s = 1.6 \text{ t/m}^3$
- Angulo de fricción interna  $\phi = 30^\circ$



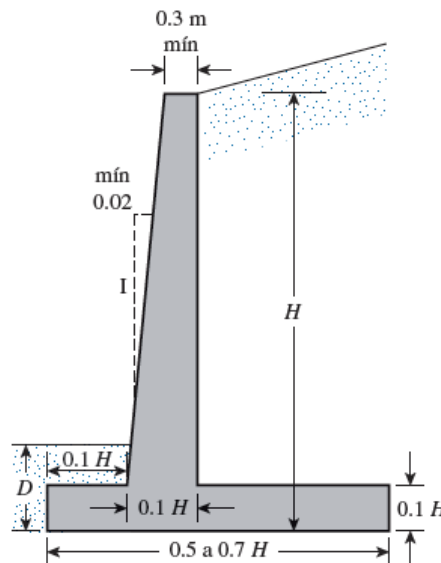
- Cohesión  $C=0$
- Capacidad soporte del suelo  $V_s = 17.22 \text{ t/m}^2$
- $\gamma_c = 2.4 \text{ t/m}^3$
- $f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

### 2.2.9.2.1. Dimensionamiento del muro en voladizo

Para el dimensionamiento del muro en voladizo se presentan las siguientes recomendaciones.

#### Figura 49.

*Recomendaciones para dimensionamiento mínimo de un muro en voladizo*



*Nota.* Descripción de las recomendaciones para dimensionamiento mínimo de un muro voladizo. Obtenido de Das, B. (2012). *Fundamentos De Ingeniería De Cimentaciones*. (p. 378.) Cengage Learning Editores S.A. de C.V.

Teniendo en cuenta las recomendaciones se propone las siguientes dimensiones:

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$B = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Corona} = 0.30 \text{ m}$$

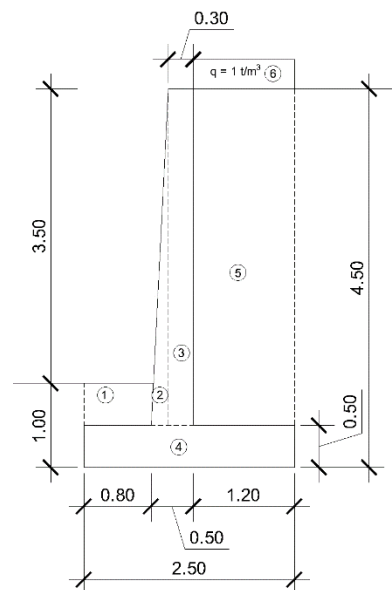
$$\text{Longitud de pie } L_p = 0.8$$

$$\text{Longitud de talón } L_t = 1.2$$

$$\text{Espesor de zapata } t = 0.5 \text{ m}$$

### Figura 50.

*Dimensiones del muro de contención propuesto*



*Nota.* Descripción de las dimensiones del muro de contención propuesto. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

### 2.2.9.3. Diseño estructural

Para el diseño de un muro de contención se debe hacer uso de la teoría de Rankine, en el cual deben determinarse los coeficientes de empuje activo ( $k_a$ ) y empuje pasivo ( $k_p$ ), que se calculan con:

$$k_a = \frac{1 - \sin(\phi)}{1 + \sin(\phi)}$$

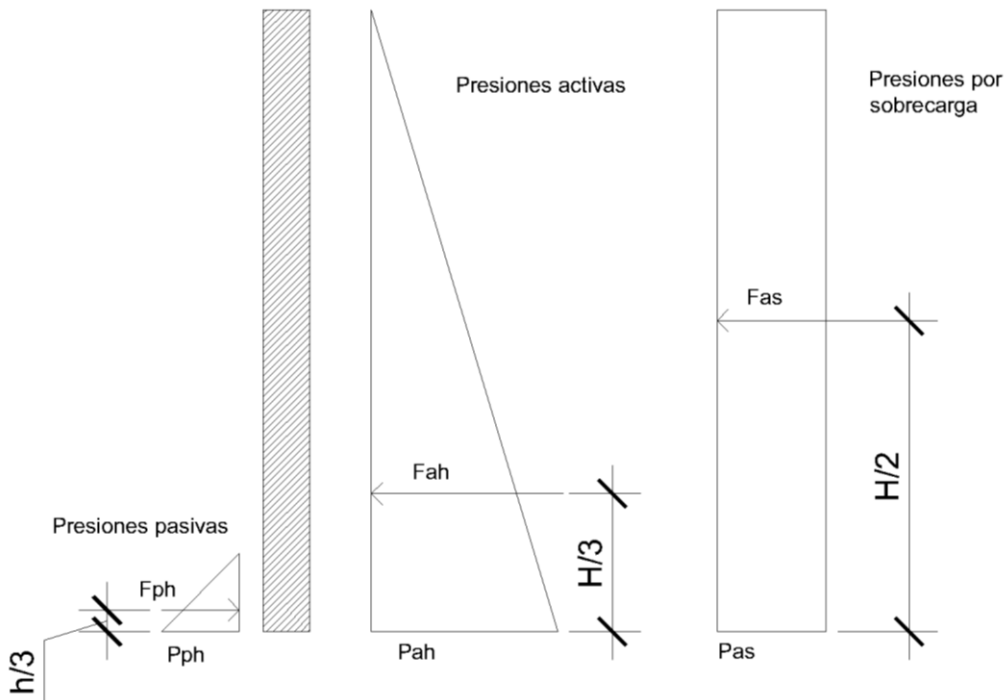
$$k_a = \frac{1 - \sin(30)}{1 + \sin(30)} = \frac{1}{3}$$

$$k_p = \frac{1 + \sin(\phi)}{1 - \sin(\phi)}$$

$$k_p = \frac{1 + \sin(30)}{1 - \sin(30)} = 3$$

**Figura 51.**

*Diagrama de cuerpo libre para muro de contención*



*Nota.* Descripción del diagrama de cuerpo libre para muro de contención. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Con ayuda del diagrama se determinan las presiones, fuerzas y momentos con sus respectivas ecuaciones.

Presiones horizontales

$$P_{ph} = K_p \cdot \gamma_s \cdot h = 3 \cdot 1.6 \cdot 1 = 4.8 \text{ t/m}^2$$

$$P_{ah} = K_a \cdot \gamma_s \cdot H = 1/3 \cdot 1.6 \cdot 4.5 = 2.4 \text{ t/m}^2$$

$$P_{as} = K_a \cdot q = 1/3 \cdot 1 = 0.33 \text{ t/m}^2$$

Fuerzas debido a presiones horizontales

$$F_{ph} = 1/2 * P_{ph} * h = 0.5 * 4.8 * 1 = 2.4 \text{ t}$$

$$F_{ah} = 1/2 * P_{ah} * H = 0.5 * 2.4 * 4.5 = 5.4 \text{ t}$$

$$F_{as} = P_{as} * H = 0.33 * 4.5 = 1.49 \text{ t}$$

Momentos debido a presiones horizontales

$$M_{ph} = F_{ph} * h / 3 = 2.4 * 1 / 3 = 0.8 \text{ t-m}$$

$$M_{ah} = F_{ah} * H / 3 = 5.4 * 4.5 / 3 = 8.1 \text{ t-m}$$

$$M_{as} = F_{as} * H / 2 = 1.49 * 4.5 / 2 = 3.35 \text{ t-m}$$

Cálculo de fuerzas equilibradoras y momentos resistentes, para determinar estos datos se utilizarán las figuras geométricas en las que fue dividido el muro, ver figura 24.

**Tabla 59.**

*Valores de fuerzas y momentos resistentes del muro*

Figura	Área (m <sup>2</sup> )	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	W (t/m)	Brazo (m)	Momento (t-m)
1	0.5*0.8= 0.4	1.6	0.64	0.8/2 = 0.4	0.26
2	0.5*4*0.2= 0.4	2.4	0.96	0.8+0.2*2/3 = 0.93	0.89
3	0.3*4= 1.2	2.4	2.88	0.8+0.2+0.3/2 = 1.15	3.31
4	2.5*0.5= 1.25	2.4	3	2.5/2 = 1.25	3.75
5	1.20*4= 4.8	1.6	7.68	1.3+1.2/2 = 1.9	14.59
6	1.2	1	1.2	1.3+1.2/2 = 1.9	2.28
		Wt	16.36	Mt	25.08

*Nota.* Descripción de los valores de fuerzas y momentos resistentes del muro. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### **2.2.9.3.1. Chequeo de estabilidad contra volteo**

La estabilidad al volteo está dada por los momentos resistentes generados por el peso propio de la estructura, por el peso del suelo sobre la zapata y por la sobrecarga, como una fuerza distribuida. Adicionalmente, los generados por empuje pasivo. En contra de estos se encuentran los momentos generados por la presión del empuje activo y de la sobrecarga.

El factor de seguridad para los muros de contención en voladizo se calcula como:

$$FS = \frac{Mr}{Ma} \geq 2$$
$$FS = \frac{25.08 + 0.8}{8.1 + 3.35} = 2.23$$

Se obtuvo un  $FS = 2.23 > 2$ , por lo cual se chequea la estabilidad contra el volteo.

### **2.2.9.3.2. Chequeo de estabilidad por deslizamiento**

El muro en voladizo se mueve desliza por los empujes activos, pero debido al rozamiento entre el concreto de la zapata y el suelo, se genera fricción, con lo que se evita el deslice.

El factor de seguridad contra deslizamiento es proporcionalmente a las fuerzas resistentes e inversamente proporcional a las fuerzas actuantes, se calcula como:

$$FS = \frac{Fr}{Fa} \geq 1.50$$

Sin embargo, la fuerza resistente no es directamente proporcional al peso del muro, el valor puede ser determinado como la fuerza generada por el rozamiento, siendo así se puede determinar cómo:

$$Fr = \mu * Wt + Fph$$

Donde:

$\mu$  es el coeficiente de fricción entre el suelo y el concreto

$$\mu = 0.90 * \tan(\emptyset)$$

$$\mu = 0.90 * \tan(30) = 0.52$$

$$Fr = 0.52 * 16.36 + 2.4 = 10.91 t$$

Cálculo de factor de seguridad contra deslizamiento

$$FS = \frac{10.91}{5.4 + 1.49} = 1.58$$

Se obtuvo un  $FS = 1.58 > 1.50$ , por lo cual se chequea la estabilidad por deslizamiento.

### **2.2.9.3.3. Chequeo de capacidad soporte del suelo**

El muro realiza una presión sobre el suelo, lo que puede ocasionar asentamientos o fallas de estabilidad, por lo que es necesario comprobarse que no se superara la capacidad soporte del suelo  $V_s$ .

Debido a que el muro no es simétrico, esto genera esfuerzos excéntricos, es decir, que las presiones bajo el muro serán distintas. Dichas presiones se pueden determinar cómo:

$$q_{m\acute{a}x/min} = \frac{Wt}{BL} * \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_{m\acute{a}x} < V_s$$

$$q_{min} > 0$$

Donde:

$$e = \frac{B}{2} - x$$

Y

$$x = \frac{Mr - Ma}{Wt}$$

Para los valores dados tenemos que:

$$x = \frac{25.08 + 0.8 - 8.1 - 3.35}{16.36} = 0.88$$

Si  $3x$  es mayor a  $B$  no se generarán presiones negativas, por lo que se debe comprobar, ya que se debe cumplir con  $q_{min} > 0$ .

$$3x = 3 * 0.88 = 2.64 > 2.5$$

Como  $3x > B$ , no habrá presiones negativas

Excentricidad

$$e = \frac{2.5}{2} - 0.88 = 0.37$$



### Presión máxima

Se calcula la presión máxima para un muro de  $L = 1$  m

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{16.36}{1 * 2.5} * \left(1 + \frac{6 * 0.37}{2.5}\right) = 12.36 \text{ t/m}^2$$

$$q_{m\acute{i}n} = \frac{16.36}{1 * 2.5} * \left(1 - \frac{6 * 0.37}{2.5}\right) = 0.73 \text{ t/m}^2$$

Se obtiene que  $q_{m\acute{a}x} = 12.36 < V_s = 17.22 \text{ t/m}^2$ , por lo que se chequea la capacidad soporte del suelo.

#### 2.2.9.4. Diseño del pie

Datos:

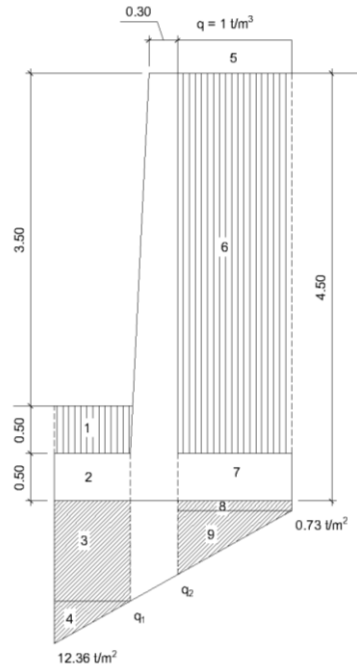
$$L_p = 0.8 \text{ m}$$

$$t = 0.5 \text{ m}$$

Para el diseño se debe determinar las presiones a las que se somete el pie, para posteriormente calcular los valores de corte y momento que se generan. En la figura 26 se muestran las distintas presiones que actúan en el diseño de las partes del muro.

**Figura 52.**

*Presiones sobre los elementos que conforman el muro*



*Nota.* Descripción de las presiones sobre los elementos que conforman el muro. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Para simplificación de cálculos se determinará la pendiente de las presiones  $q_{\text{máx}}$  y  $q_{\text{mín}}$  para posteriormente calcular  $q_1$  y  $q_2$ .

$$m = \frac{12.36 - 0.73}{2.5} = 4.65 \text{ t/m}^3$$

$$q_1 = 12.36 - 4.65 * 0.8 = 8.64 \text{ t/m}^2$$

$$q_2 = 12.36 - 4.65 * 1.3 = 6.31 \text{ t/m}^2$$

Calculo de las fuerzas que actúan sobre el pie:

$$F_1 = 0.8 * 0.5 * 1.6 * 1,000 = 680 \text{ kg/m}$$

$$F_2 = 0.5 * 0.8 * 2.4 * 1,000 = 960 \text{ kg/m}$$

$$F_3 = 0.8 * 8.64 * 1000 = 6912 \text{ kg/m}$$

$$F_4 = 0.5 * 0.8 * (12.36 - 8.64) * 1,000 = 1,488 \text{ kg/m}$$

#### 2.2.9.4.1. Chequeo por corte

El cortante último vertical ( $V_U$ ), será igual a la suma de las fuerzas multiplicadas por un factor de incremento de carga, por lo tanto, el valor del cortante último se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_U = F_{CU} * \sum F$$

Donde:

$$F_{CU} = 1.6$$

$\sum F$  es la sumatoria de fuerzas que actúan sobre el pie

$$V_U = 1.6 * (6,912 + 1,488 - 680 - 960) = 10,816 \text{ kg}$$

El peralte efectivo está dado por:

$$d = t - r - \frac{\emptyset}{2}$$

Donde:

$$t = 50 \text{ cm}$$

$$r = 7.5 \text{ cm}$$

$$\emptyset = \#6 = 1.91 \text{ cm}$$

$$d = 50 - 7.5 - \frac{1.91}{2} = 41.55 \text{ cm}$$

Corte último que resiste el concreto:

$$V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{281} * 100 * 41.55 = 27,686.07 \text{ kg}$$

Se observa que  $V_c > V_u$ , por lo que se chequea la resistencia a corte.

#### 2.2.9.4.2. Chequeo por flexión

Se realiza idealizando el elemento de concreto armado sometido a momentos flectores, en el cual la combinación de concreto-acero se da para resistir esfuerzos a compresión y tensión. Para este chequeo se debe calcular un momento último, para posteriormente calcular el área de acero requerido que soporta el momento último y verificar que se encuentre entre el rango de área de acero máximo y mínimo. Se debe tomar en cuenta que se analizara una franja unitaria de 1 m.

El momento último se calcula como:

$$M_U = 1.6 \left( F_3 * \frac{Lp}{2} + F_4 * \frac{2Lp}{3} - (F_1 + F_2) * \frac{Lp}{2} \right)$$

$$M_U = 1.6 \left( 6912 * \frac{0.8}{2} + 1488 * \frac{2 * 0.8}{3} - (680 + 960) * \frac{0.8}{2} \right)$$

$$M_U = 4,643.84 \text{ kg} - m$$

Área de acero mínimo

$$A_{Smín} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$
$$A_{Smín} = \frac{14.1}{4200} * 100 * 41.55 = 13.95 \text{ cm}^2$$

Acero requerido

$$A_{S_{req}} = \left( 100 * 41.55 - \sqrt{(100 * 41.55)^2 - \frac{4,643.84 * 100}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{4,200} \right)$$
$$A_{S_{req}} = 2.97 \text{ cm}^2$$

Debido a que el  $A_{S_{req}} < A_{Smín}$ , se colocará área de acero mínimo como refuerzo.

$$No. \text{ de Varillas} = \frac{A_S}{A_V}$$
$$No. \text{ de Varillas} = \frac{13.95}{2.85} = 4.89 \approx 5$$

Espaciamiento del refuerzo:

$$S = \frac{L}{No. \text{ de varillas}}$$
$$S = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm}$$

Se colocarán 5 varillas #6 @ 20 cm.

### 2.2.9.5. Diseño del talón

Para el diseño del talón se realizará el mismo procedimiento que en el diseño del pie.

Datos:

$$L_t = 1.2 \text{ m}$$

$$t = 0.5 \text{ m}$$

Cálculo de las fuerzas que actúan sobre el talón, ver figura 26:

$$F_5 = 1.20 \cdot 1 \cdot 1,000 = 1,200 \text{ kg/m}$$

$$F_6 = 1.2 \cdot 4 \cdot 1.6 \cdot 1,000 = 7,680 \text{ kg/m}$$

$$F_7 = 0.5 \cdot 1.2 \cdot 2.4 = 1,440 \text{ kg/m}$$

$$F_8 = 0.73 \cdot 1.20 \cdot 1000 = 876 \text{ kg/m}$$

$$F_9 = 0.5 \cdot 1.2 \cdot (8.64 - 0.73) \cdot 1,000 = 4,746 \text{ kg/m}$$

#### 2.2.9.5.1. Chequeo por corte

El chequeo por corte se realiza por medio del cortante último y este cálculo se presenta a continuación:

Cortante último

$$V_U = F_{CU} * \sum F$$

Donde:

$$F_{CU} = 1.6$$

$\sum F$  es la sumatoria de fuerzas que actúan sobre el talón

$$V_U = 1.6 * (1200 + 7680 + 1440 - 876 - 4746) = 7516.8 \text{ kg}$$

El peralte efectivo está dado por:

$$d = t - r - \frac{\emptyset}{2}$$

Donde:

$$t = 50 \text{ cm}$$

$$r = 7.5 \text{ cm}$$

$$\emptyset = \#6 = 1.91 \text{ cm}$$

$$d = 50 - 7.5 - \frac{1.91}{2} = 41.55 \text{ cm}$$

Corte último que resiste el concreto:

$$V_C = 0.75 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_C = 0.75 * 0.53 * \sqrt{281} * 100 * 41.55 = 27,686.07 \text{ kg}$$

Se observa que  $V_C > V_U$ , por lo que se chequea la resistencia a corte.

### 2.2.9.5.2. Chequeo por flexión

Se analizará una franja unitaria de 1 m.

El momento último se calcula como:

$$M_U = 1.6 \left( F_5 * \frac{Lt}{2} + F_6 * \frac{Lt}{2} + F_7 * \frac{Lt}{2} - F_8 * \frac{Lt}{2} - F_9 * \frac{Lt}{3} \right)$$

$$M_U = 1.6 \left( 1200 * \frac{1.2}{2} + 7680 * \frac{1.2}{2} + 1440 * \frac{1.2}{2} - 876 * \frac{1.2}{2} - 4746 * \frac{1.2}{3} \right)$$

$$M_U = 4,510.08 \text{ kg} - m$$

Área de acero mínimo

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

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{4200} * 100 * 41.55 = 13.95 \text{ cm}^2$$

Acero requerido

$$A_{s_{req}} = \left( 100 * 41.55 - \sqrt{(100 * 41.55)^2 - \frac{4,510.08 * 100}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{4,200} \right)$$

$$A_{s_{req}} = 2.89 \text{ cm}^2$$

Debido a que el  $A_{s_{req}} < A_{s_{\min}}$ , se colocará área de acero mínimo como refuerzo.

$$\text{No. de Varillas} = \frac{A_s}{A_v}$$

$$\text{No. de Varillas} = \frac{13.95}{2.85} = 4.89 \approx 5$$

Espaciamiento del refuerzo:

$$S = \frac{L}{\text{No. de varillas}}$$

$$S = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm}$$

Se colocarán 5 varillas #6 @ 20 cm.

### 2.2.9.6. Longitud de desarrollo

Para que el acero de refuerzo sea efectivo se debe extender a una longitud de desarrollo,  $l_d$  y debe cumplir con:



El mayor entre:

- La longitud calculada de acuerdo a ACI 318-14 sección 25.4.2.2, utilizando los factores de modificación de 25.4.2.4
- 30 cm

De acuerdo a las especificaciones de las varillas a utilizar, recubrimiento, separación del acero se utilizará la ecuación:

$$l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{6.6 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

Donde:

$\psi_t$ ,  $\psi_e$  y  $\lambda$  son factores de modificación y se obtienen de la tabla 25.4.2.4 del ACI 318-14.

$$\psi_t = 1.0$$

$$\psi_e = 1.0$$

$$\lambda = 1$$

$d_b$  es el diámetro de la varilla utilizada, para nuestro caso 1.91 cm

Longitud de desarrollo

$$l_d = \left( \frac{4200 * 1 * 1}{6.6 * 1 * \sqrt{281}} \right) 1.91$$

$$l_d = 72.5 \approx 73 \text{ cm}$$

### **2.2.9.7. Acero por temperatura**

Según ACI 318-14, sección 24.4.3.2 la cuantía  $\rho$  del refuerzo corrugado de retracción debe cumplir con:

El mayor de:

- $0.0018 * 4200 / f_y = 0.018 * 4,200 / 4,200 = 1$
- $0.0014$

Se utilizará cuantía para acero por temperatura  $\rho = 0.0018$

Área de acero por temperatura:

$$A_{Stemp} = \rho * B * t$$

$$A_{Stemp} = 0.0018 * 250 * 50 = 22.5 \text{ cm}$$

Se propone utilizar varillas #4

Numero de varillas a utilizar

$$\text{No. de Varillas} = \frac{A_s}{A_v}$$

$$\text{No. de Varillas} = \frac{22.5}{1.27} = 17.71 \approx 18$$

Espaciamiento del refuerzo:

$$S = \frac{L}{\text{No. de varillas}}$$

$$L = L_p + L_t - 2(r + \emptyset_{Long}) + 2l_d$$

$$L = 80 + 120 - 2(7.5 + 1.27) + 2 * 73 = 327.18$$

$$S = \frac{328.46}{18} = 18.25 \approx 18 \text{ cm}$$

Se colocarán varillas #4 @ 18 cm.

### **2.2.9.8. Diseño de la pantalla del muro**

Para el diseño del talón se realizará el mismo procedimiento que en el diseño del pie.

Datos:

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$b = 0.5 \text{ m}$$

Las fuerzas y los momentos que actúan sobre la pantalla del muro se calcularon en la sección 2.9.3.

Fuerzas debidas a empujes activos y pasivos, en kg:

$$F_{ph} = 2,400 \text{ kg}$$

$$F_{ah} = 5,400 \text{ kg}$$

$$F_{as} = 1,490 \text{ kg}$$

Momentos debido a empujes activos y pasivos, en kg-m:

$$M_{ph} = 800 \text{ kg-m}$$

$$M_{ah} = 8,100 \text{ kg-m}$$

$$M_{as} = 3,350 \text{ kg-m}$$

#### **2.2.9.8.1. Chequeo por corte**

Para el cálculo del chequeo por corte se realiza inicialmente el cálculo de cortante último, esto se presenta a continuación:

Cortante último

$$V_U = F_{CU} * \sum F$$

Donde:

$$F_{CU} = 1.6$$

$\sum F$  es la sumatoria de fuerzas que actúan sobre la pantalla

$$V_U = 1.6 * (5,400 + 1,490 - 2,400) = 4,490 \text{ kg}$$

El peralte efectivo está dado por:

$$d = t - r - \frac{\phi}{2}$$

Donde:

$$t = 50 \text{ cm}$$

$$r = 5 \text{ cm}$$

$$\phi = \#6 = 1.91 \text{ cm}$$

$$d = 50 - 5 - \frac{1.91}{2} = 44.05 \text{ cm}$$

Corte último que resiste el concreto:

$$V_C = 0.75 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_C = 0.75 * 0.53 * \sqrt{281} * 100 * 44.05 = 29,351.89 \text{ kg}$$

Se observa que  $V_C > V_U$ , por lo que se chequea la resistencia a corte.

### 2.2.9.8.2. Chequeo por flexión

Se analizará una franja unitaria de 1 m.

El momento último se calcula como:

$$M_U = 1.6(8,100 + 3,350 - 800)$$

$$M_U = 17,040 \text{ kg} - m$$

Área de acero mínimo

$$A_{S_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{14.1}{4200} * 100 * 44.05 = 14.79 \text{ cm}^2$$

Acero requerido

$$A_{S_{req}} = \left( 100 * 44.05 - \sqrt{(100 * 44.05)^2 - \frac{1,7040 * 100}{0.003825 * 281}} \right) * \left( \frac{0.85 * 281}{4,200} \right)$$

$$A_{S_{req}} = 10.45 \text{ cm}^2$$

Debido a que el  $A_{S_{req}} < A_{S_{\min}}$ , se colocará área de acero mínimo como refuerzo.

$$\text{No. de Varillas} = \frac{A_S}{A_V}$$

$$\text{No. de Varillas} = \frac{14.79}{2.85} = 5.18 \approx 6$$

Espaciamiento del refuerzo:

$$S = \frac{L}{\text{No. de varillas}}$$

$$S = \frac{100}{6} = 16.67 \approx 15 \text{ cm}$$

Se colocarán 6 varillas #6 @ 15 cm.

### 2.2.9.8.3. Acero en la cara exterior de la pantalla

Según ACI 318-14, sección 11.6.1 en la tabla 11.6.1 se detalla la cuantía del refuerzo mínimo requerido para muros construidos en sitio, en donde se obtiene el siguiente valor:

$$\rho_{\text{Long}} = 0.0015$$

Área de acero longitudinal para la pantalla

$$A_s = \rho * b * L$$

Donde

b es el promedio de la base inferior y superior del muro

L=1

$$A_s = 0.0015 * \left( \frac{30 + 50}{2} \right) * 100 = 6 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero se calcula para ambas caras del muro, se divide el área de acero calculado entre 2

Área de acero para la pantalla exterior

$$A_s = \frac{6}{2} = 3 \text{ cm}^2$$

Se propone usar varillas de #4

$$\text{No. de Varillas} = \frac{A_s}{A_v}$$

$$\text{No. de Varillas} = \frac{3}{1.27} = 2.36 \approx 3$$

Espaciamiento del refuerzo:

$$S = \frac{L}{\text{No. de varillas}}$$
$$S = \frac{100}{3} = 33.33 \approx 33 \text{ cm}$$

Se colocarán 3 varillas #4 @ 33 cm.

#### **2.2.9.8.4. Acero transversal en la pantalla del muro**

Según ACI 318-14, sección 11.6.1 en la tabla 11.6.1 se detalla la cuantía del refuerzo mínimo requerido para muros construidos en sitio, en donde se obtiene el siguiente valor:

$$\rho_{\text{trans}} = 0.0025$$

Área de acero longitudinal para la pantalla

$$A_s = \rho * b * H$$

Donde

b es el promedio de la base inferior y superior del muro

H=4

$$A_s = 0.0025 * \left( \frac{30 + 50}{2} \right) * 400 = 44.8 \text{ cm}^2$$

Se propone usar varillas de #4

$$No. de Varillas = \frac{A_s}{A_v}$$

$$No. de Varillas = \frac{44.8}{1.27} = 35.28 \approx 36$$

Como la cara exterior se encuentra más expuesta a cambios de temperatura, se colocarán 2/3 del total de varillas calculado.

$$No. de Varillas = \frac{2 * 36}{3} = 24$$

Se colocarán 24 varillas de refuerzo transversal en la cara exterior del muro y 12 varillas en la cara interior del muro.

Espaciamiento del refuerzo transversal:

$$S = \frac{L}{No. de varillas - 1}$$

Cara exterior

$$L = \sqrt{400^2 + 20^2} - 5 - 1.91 - 1.27 = 392.32 \text{ ccm}$$

$$S = \frac{392.32}{24 - 1} = 17.06 \approx 17 \text{ cm}$$

Cara interior

$$L = 400 - 5 - 1.91 - 1.27 = 391.82 \text{ ccm}$$

$$S = \frac{391.82}{12 - 1} = 35.62 \approx 35 \text{ cm}$$



### 2.2.9.8.5. Gancho estándar para el refuerzo longitudinal en la pantalla

De acuerdo con ACI 318-14 sección 25.3.1 el gancho estándar para varillas de acero #3 a #8 debe cumplir con:

Diámetro interior mínimo de doblado:

$$6d_b = 6 * 1.91 = 11.46 \approx 12 \text{ cm}$$

Extensión recta

$$12d_b = 12 * 1.91 = 22.92 \approx 23 \text{ cm}$$

### 2.2.9.8.6. Longitud de desarrollo

De acuerdo a ACI 318-14 sección 25.4.3.1, la longitud de desarrollo para varillas de acero terminadas en gancho estándar debe ser el mayor de:

$$\left( \frac{0.075 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

Donde:

$\psi_e$ ,  $\psi_c$ ,  $\psi_r$ , y  $\lambda$  se encuentran en la sección 25.4.3.2 del ACI 318-14. Y para nuestro proyecto tienen valor 1

$$8d_b$$

$$15 \text{ cm}$$

Cálculo de longitud de desarrollo:

$$\left( \frac{0.075 * 4200 * 1 * 1 * 1}{1 \sqrt{281}} \right) 1.91 = 35.89 \approx 36 \text{ cm}$$

$$8d_b = 8 * 1.91 = 15.28 \text{ cm}$$

15 cm

La longitud de desarrollo de las barras de acero será de 36 cm.

### **2.2.10. Instalaciones**

A continuación, se presentan las instalaciones sanitarias que contara el edificio de la auxiliatura, estos llevan el cálculo de cada instalación de acuerdo con el uso que se establecido.

### **2.2.11. Diseño de instalaciones hidráulicas**

Las instalaciones hidráulicas consistirán en:

- Sanitario para caballeros en primer y segundo nivel, incluye un inodoro y un lavamanos.
- Sanitario para damas en primer y segundo nivel, incluye un inodoro y un lavamanos.
- Drenaje de aguas negras.
- Drenaje de Aguas pluviales.

#### **2.2.11.1. Red de agua potable**

El cálculo de la red de agua potable se realizará mediante el método de Hunter, que consiste en asignar un número de unidades de gasto para cada artefacto sanitario, considerando el uso intermitente de los artefactos sanitarios, se debe considerar el tipo de servicio que se dará, para este caso será de uso público.

## Cálculo de la demanda

Se calcula las unidades Hunter para el uso de servicio público del edificio con la siguiente tabla:

**Tabla 60.**

*Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías*

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de Ropa		8	4.50	4.50
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	---
Inodoro	Con válvula semiautomática	8	8	---
Lavadero	Cocina hotel, restaurante	4	3	3
Lavadero	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	---
Bebedero	Múltiple	1*	1*	---
Lavatorio	Corriente	2	1.50	1.50
Lavatorio	Múltiple	2*	1.50	1.50
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	---
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	---

*Nota.* Descripción de las unidades de gasto para cálculo de las tuberías. Obtenido de Rodríguez, L. (2017). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*, (p. 48). Repositorio institucional.

Cantidad de artefactos sanitarios y unidades de gasto, para la alcaldía auxiliar de Alta Vista.

**Tabla 61.**

*Cálculo de unidades Hunter para alcaldía auxiliar*

Artefacto Sanitario	Unidades	Unidades Hunter	Total (Unidades Hunter)
Inodoro	2	5	10
Lavamanos	2	2	4
		Total	14

*Nota.* Descripción de cálculo de unidades Hunter para alcaldía auxiliar. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Se determinan los gastos probables a través de las unidades Hunter con ayuda de la siguiente tabla:

**Figura 53.**

*Gastos probables para la aplicación del método Hunter (l/s)*

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	40	0.91	1.74
4	0.16	---	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29
18	0.50	1.27	80	1.45	2.35
20	0.54	1.33	85	1.50	2.40
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45
24	0.61	1.42	95	1.62	2.50
26	0.67	1.45	100	1.67	2.55
28	0.71	1.51	110	1.75	2.60
30	0.75	1.55	120	1.83	2.72
32	0.79	1.59	130	1.91	2.80
34	0.82	1.63	140	1.98	2.85
36	0.85	1.67	150	2.06	2.95
38	0.88	1.70	160	2.14	3.04

*Nota.* Descripción de gastos probables para la aplicación del método Hunter (l/s). Obtenido de Rodríguez, L. (2017). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*, (p. 50). Repositorio institucional.

El numero Hunter que se obtiene es de 0.42 l/s, le aplicamos un factor de corrección de 0.6, con la información de la Dirección Municipal de Planificación se tiene que la velocidad promedio que existe en la red de distribución es 2.5 m/s, por lo que se procede a calcular el diámetro de la tubería con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Donde:

A = área de la sección de la tubería.

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

V = velocidad

$$A = \frac{0.6 * 0.42/1,000}{2.5} = 1.0 * 10^{-4} m^2 = 0.16 \text{ pulg}^2$$

Se utilizará tubería PVC 250 PSI Ø 3/4" para la red principal y tubería PVC 315 PSI Ø 1/2" para las derivaciones en cada artefacto sanitario.

#### **2.2.11.2. Drenaje de aguas negras**

El drenaje de aguas negras se encarga de evacuar las aguas del edificio provenientes de los artefactos sanitarios y conducirlos a los colectores municipales. Para el diseño de la red de drenaje se determina la unidad de descarga que según el uso de las instalaciones sanitarias pueden clasificarse en:

- Primera clase: ésta es de uso privado y se aplica para instalaciones en vivienda, cuartos de baño privado, hoteles o instalaciones similares, destinados a una familia o una persona.

- Segunda clase: ésta es la llamada de uso semipúblico, corresponde a instalaciones en edificios de oficinas, fábricas, o similares, en donde los muebles son usados por un número limitado de personas que ocupan la edificación.
- Tercera clase: a esta clase corresponden las instalaciones de uso público, donde no existe límite en el número de personas ni en el uso, tal es el caso de los baños públicos, sitios de espectáculos y similares.

Para nuestro caso, consideraremos que será de tercera clase.

Con la siguiente tabla se determina las unidades de descarga de cada artefacto, así como el diámetro mínimo de los sifones de descarga.

**Tabla 62.***Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones*

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	----	----	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	----	4	4	----	2	2
Fregadero de viviendas	3	----	----	1 ¼	----	----
Fregadero de restaurante	----	8	8	----	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	----	1 ¼	1 ¼	----
Vertedero	----	8	8	4	4	----
Bebedero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de Casa	2	----	----	1 ½	----	----
Lavaplatos comercial	----	4	----	----	----	2

*Nota.* Descripción de las unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga Obtenido de Rodríguez, L. (2017). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*, (p. 71). Repositorio institucional.



El proyecto se tomó como de tercera categoría ya que habrá un salón de usos múltiples y sus servicios sanitarios serán de uso público.

**Tabla 63.**

*Cálculo de unidades Hunter para alcaldía auxiliar*

Artefacto Sanitario	Unidades	Unidades Hunter	Total (Unidades Hunter)
Inodoro	2	6	12
Lavamanos	2	2	4
		Total	16

*Nota.* Descripción del cálculo de unidades Hunter para alcaldía auxiliar. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Para determinar el diámetro de tubería que se utilizará, se compara con los valores recomendados por la cantidad de descarga y pendiente que tendrá la tubería.

**Tabla 64.***Diámetro de las derivaciones en colector*

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1150	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	135000

*Nota.* Descripción de los diámetros de las derivaciones en colector. Obtenido de Rodríguez, L. (2017). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*, (p. 72). Repositorio institucional.

Se utilizará tubería PVC Ø 3" para la red principal, inodoros y tubería PVC Ø 2" para lavamanos con pendiente de 2 %.

### **2.2.11.3. Drenaje de agua pluvial**

El drenaje de agua pluvial es el sistema encargado de recolectar y evacuar el agua que proviene de la lluvia y dirigirla a los colectores municipales, para el diseño del drenaje pluvial se utilizará la norma FHA, que indica que para un área

de captación de 100 m<sup>2</sup> deberá utilizarse tubería de 3 pulgadas de diámetro y la pendiente mínima será de 1 %.

Se utilizará tubería PVC Ø 3" con pendiente del 2 % en la red principal y para el techo se dejará pendiente de 1 %, por ser un área permeable.

### **2.2.12. Instalaciones eléctricas**

Se instalará una acometida local con un contador de 120/240V, 2 fases, 2 hilos + 1 hilo neutro, se utilizará cable No. 8, 1 tablero de distribución de 8 polos, se utilizarán tres polos para fuerza y 2 para iluminación.

#### **2.2.12.1. Iluminación**

Es la instalación que provee iluminación artificial a la edificación y permite la realización de las actividades adecuadamente, se colocaran focos de 40 watts en 2 circuitos, 1 de 9 focos y otro de 8 focos con apagadores manuales.

Para el cálculo del cable a utilizar se realiza con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{V}$$
$$I = \frac{9 * 40}{120} = 3 \text{ Amperios}$$

Se utilizará cable No. 12 que soporta 25 amperios, a través de ducto eléctrico Ø 3/4".

### **2.2.12.2. Fuerza**

Es la instalación que provee a la edificación de tomacorrientes para la conexión de aparatos eléctricos, se colocarán 3 circuitos, uno de 6 circuitos para el primer nivel, uno de 8 circuitos y otro de 5 circuitos en el segundo nivel, cada uno con capacidad de 300 watts, colocados en cajas rectangulares.

$$I = \frac{8 * 300}{120} = 20 \text{ Amperios}$$

Se utilizará cable No. 12 que soporta 25 amperios, a través de ducto eléctrico Ø 3/4".

### **2.2.13. Presupuesto**

Debido a que el proyecto contempla la construcción de un edificio y un muro de contención, se realizaron dos presupuestos, uno para el edificio municipal y otro para el muro de contención.

### **2.2.14. Elaboración de planos**

A continuación, se presentan los planos en formato doble carta, los cuales llevan plantas, perfiles, entre otros. Estos están elaborados a escala convencional.


**Tabla 65.***Identificación de planos*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>PLANO</b>
Planta amoblada + secciones	1/14
Elevaciones + detalle de gradas	2/14
Planta acotada	3/14
Planta de acabados + detalle de puertas y ventanas	4/14
Planta de zapatas y columnas + detalle de zapatas	5/14
Planta de cimientos, muros y columnas + detalle de columnas	6/14
Cortes de muro + detalle armado de soleras	7/14
Planta de vigas y losas + detalle armado de viga	8/14
Detalle armado de vigas	9/14
Planta de agua potable + detalles	10/14
Planta de drenajes + detalles	11/14
Planta de agua pluvial + detalles	12/14
Planta de iluminación	13/14
Planta de fuerza	14/14
Detalle de armado de muro de contención + ubicación de lloraderos para drenaje	1/1

*Nota.* Descripción de la identificación de planos. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 66.**

*Presupuesto alcaldía auxiliar Alta Vista*

RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO								
PROYECTO:	ALCALDIA AUXILIAR ALTA VISTA							
UBICACIÓN:	SAN MARCOS							
		FECHA:					SNIP:	
No.	RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	TOTAL DEL RENGLÓN (Q)			
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>							
1.01	Destronque y Limpieza	59.70	m2	Q 37.30	Q 2,226.99			
1.02	Nivelación de terreno	83.70	m3	Q 374.61	Q 31,355.11			
1.03	Trazo y estaqueado	54.10	ml	Q 44.93	Q 2,430.72			
1.04	Excavación para cimentaciones	18.00	m3	Q 108.80	Q 1,958.40			
<b>2.00</b>	<b>Cimiento</b>							
2.01	Zapata Z-1	2.00	UNIDAD	Q 3,419.49	Q 6,838.98			
2.02	Zapata Z-2	6.00	UNIDAD	Q 4,044.51	Q 24,267.06			
2.03	Zapata Z-3	4.00	UNIDAD	Q 3,627.85	Q 14,511.40			
2.04	Cimiento corrido para muro	41.90	ml	Q 323.20	Q 13,542.08			
<b>3.00</b>	<b>Marcos Estructurales</b>							
3.01	Columna C1	12.00	UNIDAD	Q 6,961.28	Q 83,535.36			
3.02	Columna C2	15.00	UNIDAD	Q 250.10	Q 3,751.50			
3.03	Columna C3	2.00	UNIDAD	Q 488.28	Q 976.56			
3.04	Columna C4	2.00	UNIDAD	Q 574.09	Q 1,148.18			
3.05	Viga 1	8.00	UNIDAD	Q 1,034.53	Q 8,276.24			
3.06	Viga 2	12.00	UNIDAD	Q 1,185.12	Q 14,221.44			
3.07	Viga 3	6.00	UNIDAD	Q 1,015.62	Q 6,093.72			
3.08	Viga 4	8.00	UNIDAD	Q 613.79	Q 4,910.32			
<b>4.00</b>	<b>Losa</b>							
4.01	Losa 1N	49.16	m2	Q 551.54	Q 27,110.95			
4.02	Losa 2N	59.74	m2	Q 435.44	Q 26,013.19			
<b>5.00</b>	<b>Muro</b>							
5.01	Muro de mampostería	263.00	m2	Q 353.96	Q 93,091.48			

Continuación de la tabla 66.

5.02	Solera S1	111.35	ml	Q	172.10	Q	19,163.34
5.03	Solera S2	9.10	ml	Q	129.79	Q	1,181.09
5.04	Solera S3	17.15	ml	Q	129.54	Q	2,221.61
5.05	Solera S4	30.70	ml	Q	179.38	Q	5,506.97
<b>6.00</b>	<b>Instalaciones</b>						
6.01	Instalación Hidráulica	1.00	GLOBAL	Q	4,033.46	Q	4,033.46
6.02	Instalación Sanitaria	1.00	GLOBAL	Q	12,332.02	Q	12,332.02
6.03	Instalación pluvial	1.00	GLOBAL	Q	2,623.52	Q	2,623.52
6.04	Caja de Registro	5.00	UNIDAD	Q	911.37	Q	4,556.85
6.05	Caja de Unión	4.00	UNIDAD	Q	1,018.18	Q	4,072.72
6.06	Instalación Iluminación	1.00	GLOBAL	Q	5,646.74	Q	5,646.74
6.07	Instalación fuerza	1.00	GLOBAL	Q	5,165.35	Q	5,165.35
<b>7.00</b>	<b>Acabados</b>						
7.01	Repello + cernido	1.00	GLOBAL	Q	25,282.10	Q	25,282.10
7.02	Piso	108.90	m2	Q	318.34	Q	34,665.63
7.03	Pintura	460.85	m2	Q	40.26	Q	18,553.62
7.04	Puertas	1.00	GLOBAL	Q	19,721.62	Q	19,721.62
7.05	Ventanas	1.00	GLOBAL	Q	4,517.28	Q	4,517.28
7.06	Gradas	1.00	GLOBAL	Q	16,506.25	Q	16,506.25

<b>Q</b>	<b>492,711.07</b>
----------	-------------------

<b>MONTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>	<b>Q</b>	<b>492,711.07</b>
----------------------------------	----------	-------------------

*Nota.* Descripción del presupuesto de la alcaldía auxiliar de alta vista. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 67.**

*Presupuesto muro de contención en voladizo*

RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO	
PROYECTO:	<b>MURO DE CONTENCION ALTA VISTA</b>
UBICACIÓN:	<b>SAN MARCOS</b>
FECHA:	SNIP:



No.	RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	TOTAL DEL RENGLÓN (Q)
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>				
1.01	Destronque y Limpieza	25.00	m2	Q 37.30	Q 932.57
1.02	Nivelación de terreno	73.70	m3	Q 412.79	Q 30,422.54
1.03	Trazo y estaqueado	40.00	ml	Q 44.92	Q 1,796.69
1.04	Excavación para cimentaciones	37.50	m3	Q 108.86	Q 4,082.15
<b>2.00</b>	<b>Cimiento</b>				
2.01	Pie + Talon	10.00	ml	Q 3,323.96	Q 33,239.60
<b>3.00</b>	<b>Pantalla del muro</b>				
3.01	Pantalla del muro	10.00	ml	Q 4,842.67	Q 48,426.70
3.02	Encofrado	1.00	GLOBAL	Q 3,179.21	Q 3,179.21
3.03	Drenaje	1.00	GLOBAL	Q 559.28	Q 559.28
<b>4.00</b>	<b>Relleno</b>				
4.01	Relleno para filtro de piedrin	10.00	ml	Q 222.08	Q 2,220.80
4.02	Relleno estructural compactado	10.00	ml	Q 1,883.78	Q 18,837.80
					<b>Q 143,697.34</b>
<b>MONTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>					<b>Q 143,697.34</b>

*Nota.* Descripción del presupuesto del muro de contención de alta vista. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

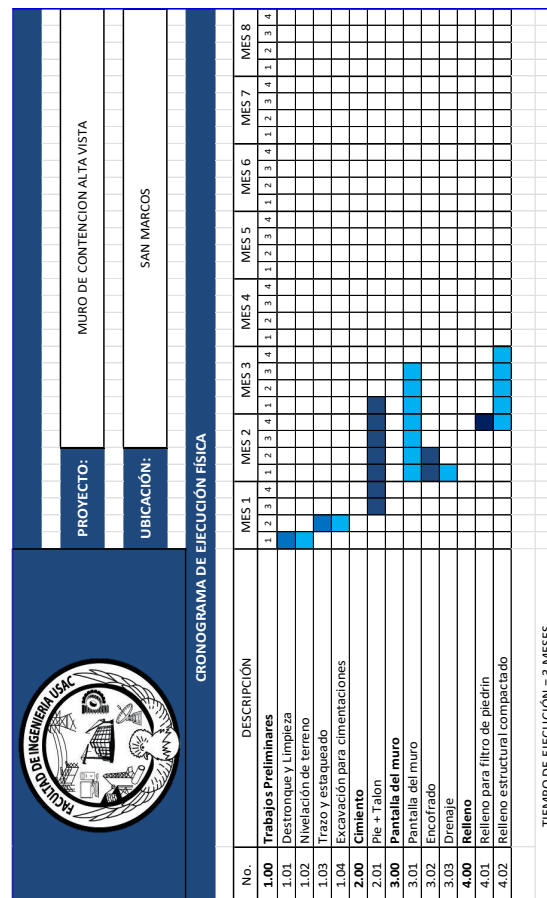


## 2.2.15. Cronograma de actividades

Debido a que el proyecto contempla la construcción de un edificio y un muro de contención, se realizaron dos cronogramas de actividades independientes para cada construcción, uno para el edificio municipal y otro para el muro de contención.

**Figura 54.**

*Cronograma de actividades*



*Nota.* Descripción del cronograma de actividades. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 68.**

*Cronograma de implementación*

No.		DESCRIPCIÓN		MES 1		MES 2		MES 3		MES 4		MES 5		MES 6		MES 7		MES 8	
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>1</b>		<b>Trabajos Preliminares</b>																	
1.01	Destronque y Limpieza	■																	
1.02	Nivelación de terreno	■																	
1.03	Trazo y estaqueado	■																	
1.04	Excavación para cimentaciones	■																	
<b>2</b>		<b>Cimiento</b>																	
2.01	Zapata Z-1		■	■	■	■													
2.02	Zapata Z-2		■	■	■	■													
2.03	Zapata Z-3		■	■	■	■													
2.04	Cimiento corrido para muro					■	■	■	■										
<b>3</b>		<b>Marcos Estructurales</b>																	
3.01	Columna C1					■	■	■	■										
3.02	Columna C2					■	■	■	■										
3.03	Columna C3					■	■	■	■										
3.04	Columna C4					■	■	■	■										
3.05	Viga 1					■	■	■	■										
3.06	Viga 2					■	■	■	■										
3.07	Viga 3					■	■	■	■										
3.08	Viga 4					■	■	■	■										
<b>4</b>		<b>Losa</b>																	
4.01	Losa 1N								■	■	■	■							
4.02	Losa 2N														■	■	■	■	
<b>5</b>		<b>Muro</b>																	
5.01	Muro de mampostería																		
5.02	Solera S1							■	■	■	■								
5.03	Solera S2							■	■	■	■								
5.04	Solera S3							■	■	■	■								
5.05	Solera S4							■	■	■	■								
<b>6</b>		<b>Instalaciones</b>																	
6.01	Instalación Hidráulica					■	■								■	■			
6.02	Instalación Sanitaria					■	■	■							■	■			
6.03	Instalación pluvial					■	■												
6.04	Caja de Registro					■	■												
6.05	Caja de Unión					■	■												
6.06	Instalación Iluminación									■	■						■	■	
6.07	Instalación fuerza									■	■						■	■	
<b>7</b>		<b>Acabados</b>																	
7.01	Repello + cernido																		■
7.02	Piso																		■
7.03	Pintura																		■
7.04	Puertas																		■
7.05	Ventanas																		■
7.06	Gradas							■	■	■	■								

*Nota.* Descripción del cronograma de implementación del proyecto. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

## CONCLUSIONES

1. Para que se lleve a cabo el buen desarrollo de estos proyectos las entidades representantes de cada aldea deben colaborar en todo el proceso conjunto con la municipalidad para minimizar retrasos en la planificación y en la ejecución en su momento.
2. Para tener un buen diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y de un edificio de auxiliatura debe conocerse la infraestructura de la población a servir ya que es un parámetro en el cual se puede empezar el proyecto conociendo las necesidades que presente la población.
3. Se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable por medio de gravedad ya que por la topografía del terreno se encontraba en el punto alto la fuente de agua.
4. El sistema de agua potable en la aldea San José Caben tiene como fin beneficiar actualmente a 1,505 habitantes con una mejor calidad de vida ya que el agua es un líquido vital y con un control de consumo estableciendo una tarifa adecuada para las autoridades.
5. A través de los manuales de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable la comunidad se ve beneficiada ya que permiten que las obras cumplan el tiempo de vida útil al cual fue diseñada.

6. El diseño del edificio de la auxiliatura está formado por 2 partes, la edificación de los niveles con marcos estructurales con cimientos y el muro de contención lateral, el diseño cuenta con el estudio de suelos correspondiente.
  
7. Debido a la alta sismicidad en el departamento de San Marcos se diseñó el edificio de la auxiliatura en el cantón Alta Vista sismo resistente a través del cumplimiento de normas, códigos y parámetros de diseño para así asegurar que la estructura sea funcional y confiable a la población debido a que dicha estructura albergará grandes actividades comunitarias.

## RECOMENDACIONES

1. Promover y cuidar el agua para que todos los habitantes sepan el uso correcto del líquido vital.
2. Seguir con el plan de mantenimiento y operación para que el sistema cumpla con su vida útil y no tener ningún percance que repercute más adelante en todo el sistema.
3. Seguir buscando el desarrollo, por lo tanto, continuar la fase 2 de este proyecto para que el beneficio abarque a todos los habitantes de la aldea y así mejor la calidad de vida.
4. Gestionar ante la municipalidad herramientas y accesorios que serán útiles para el mantenimiento de la obra, para no dañar la estructura.
5. Apoyar en el proceso de supervisión constante y asesoramiento en cuanto a problemas que se presenten en la ejecución. En cuanto a la planificación debe considerar que el presupuesto de los proyectos se hizo con base al mercado actual, por lo tanto, estos pueden cambiar.



## REFERENCIAS

- Asociación guatemalteca de ingeniería estructural y sísmica (AGIES), (2018). *Normas recomendadas: Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la república de Guatemala*. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
- Das, B. (2012). *Fundamentos De Ingeniería De Cimentaciones*. 7a ed. México: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
- Dirección Municipal de Planificación. (2022). *Información general del municipio*. Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.
- González, O., González, M., & Villegas, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. México: Editorial Limusa.
- Miranda, J. (2010). *Propuesta de automatización de la red de distribución de la Empresa Eléctrica Municipal de San Pedro Sacatepéquez*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0755\\_EA.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0755_EA.pdf)
- Ministerio de Educación. (2022). *Ficha Escolar*. Ministerio de Educación.
- Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez (2022). *Departamento Municipal de agua y drenajes área técnica 2018*. Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez. (2022). *Plan de desarrollo municipal 2011-2025*. Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez (2004). *Unidad de informática de dirección departamental de educación San Marcos*. Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

RIME Servicios Profesionales. (2023). *Corte directo AASHTO T 236*. Editorial RIME.

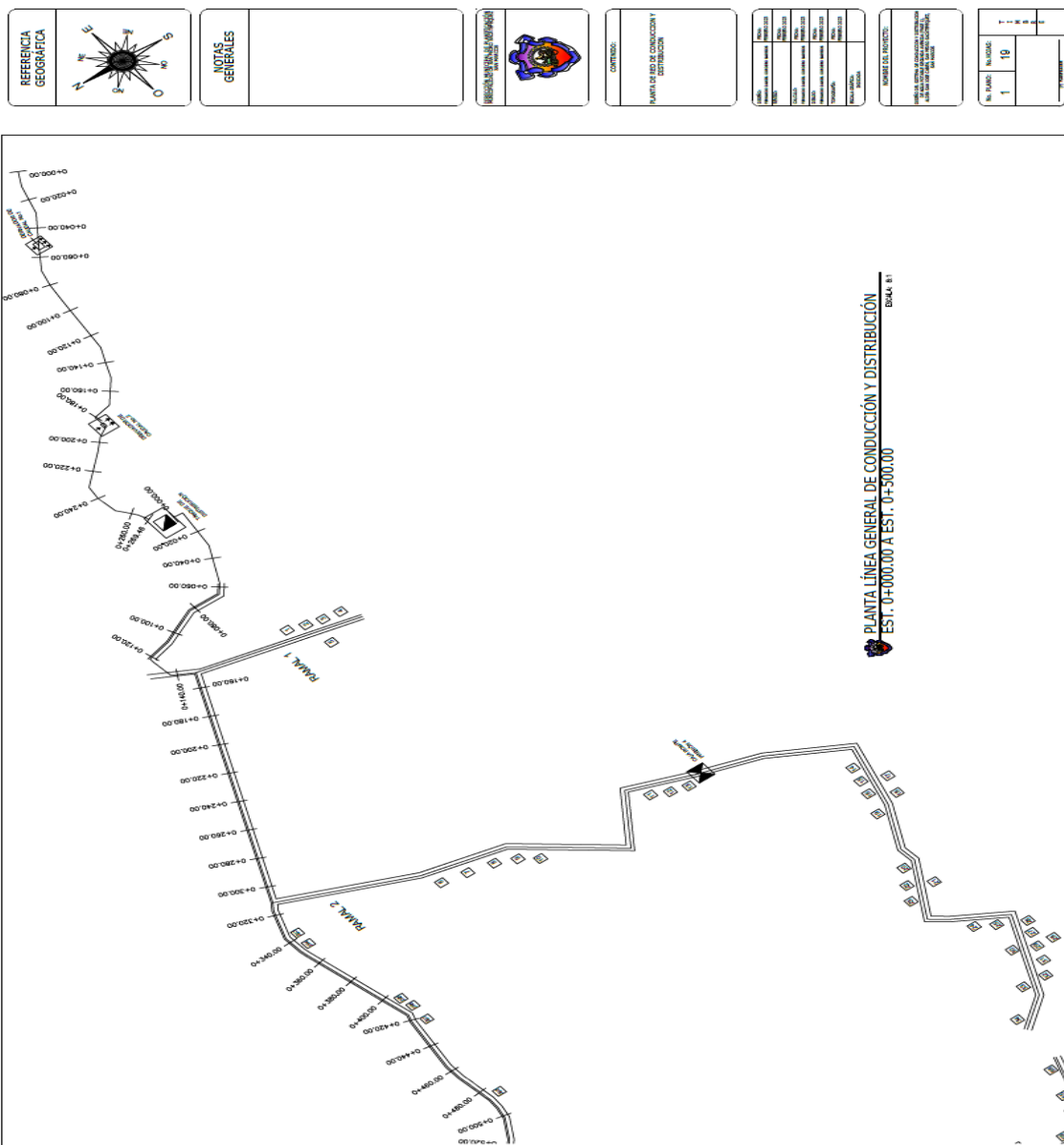
Rodríguez, L. (2017). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala] Repositorio institucional.



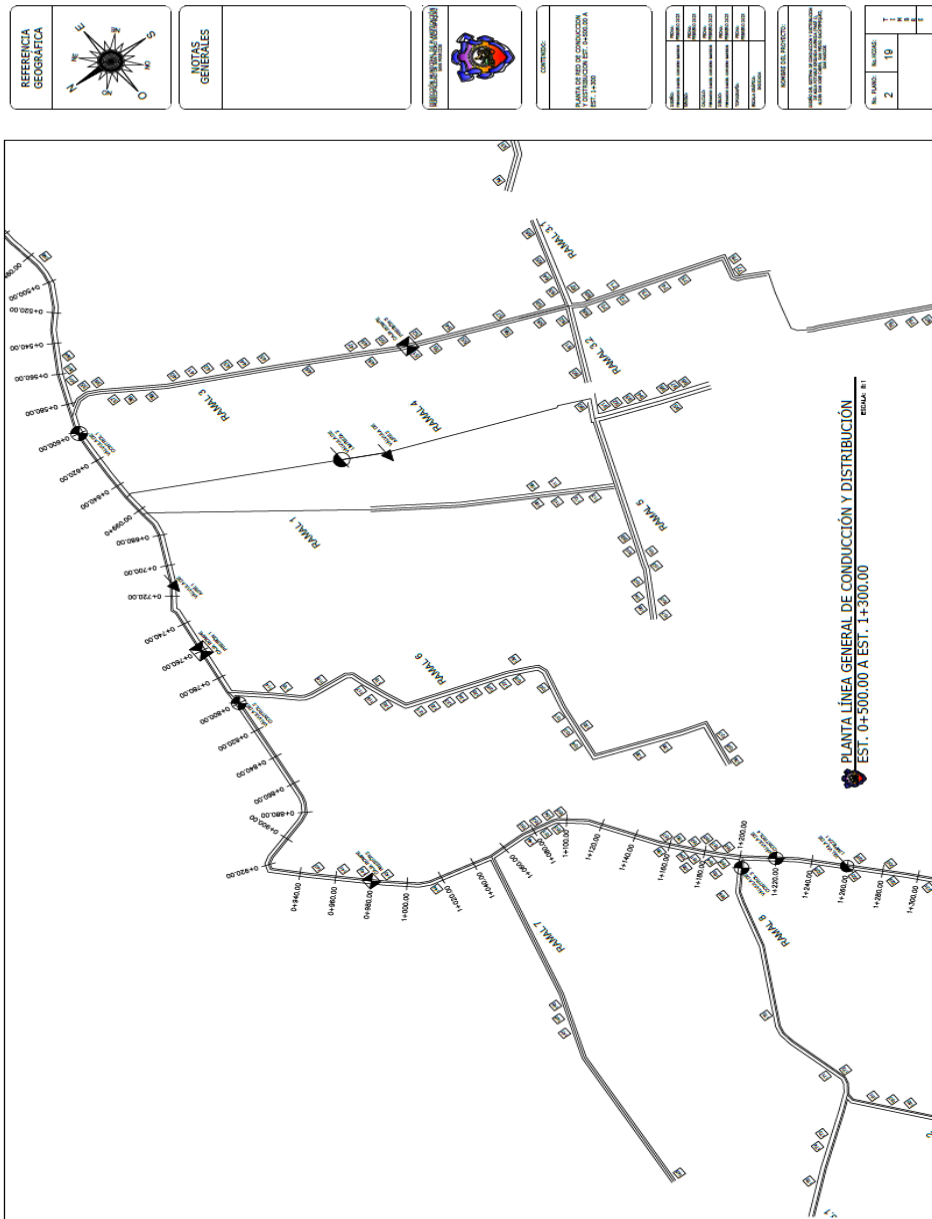
# APÉNDICES

## Apéndice 1.

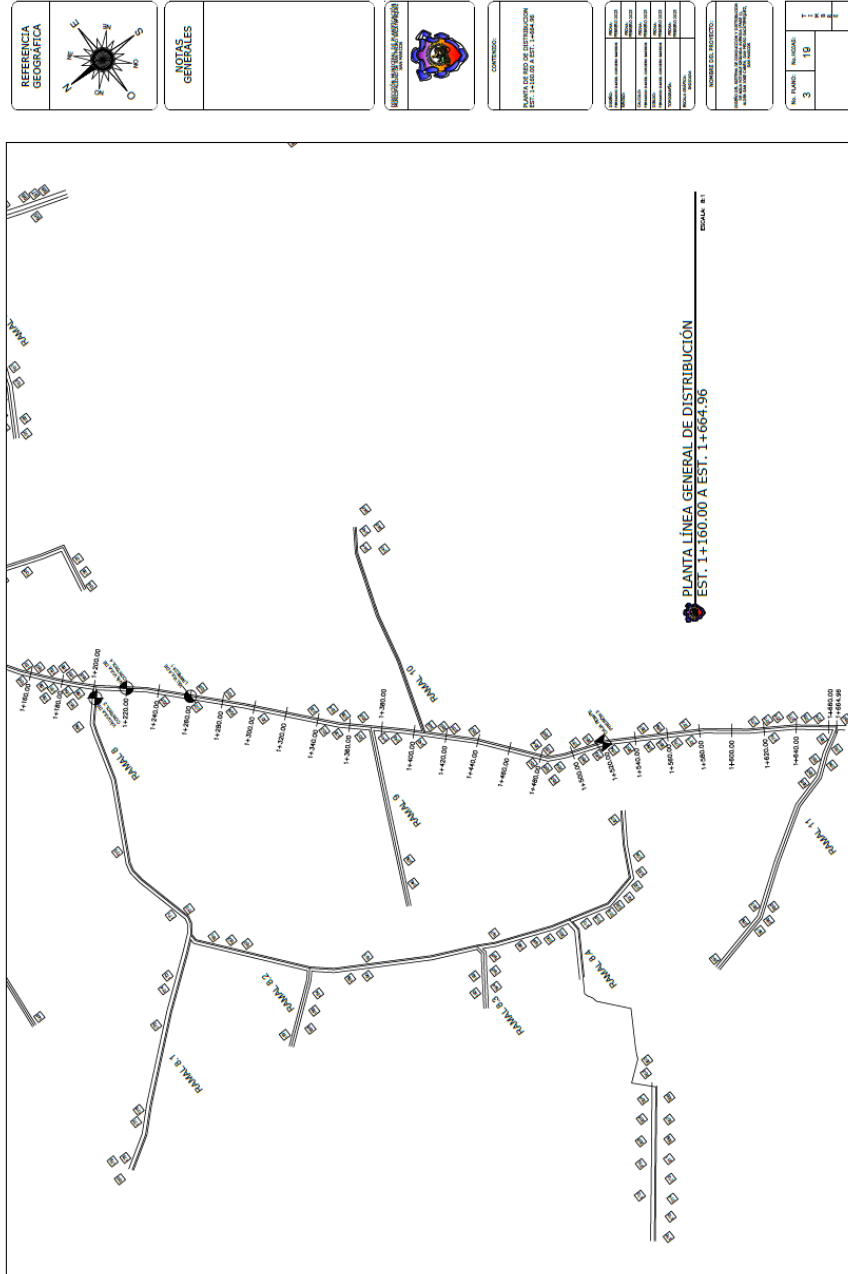
Planos diseño del sistema de conducción y distribución de agua potable



Continuación del apéndice 1.

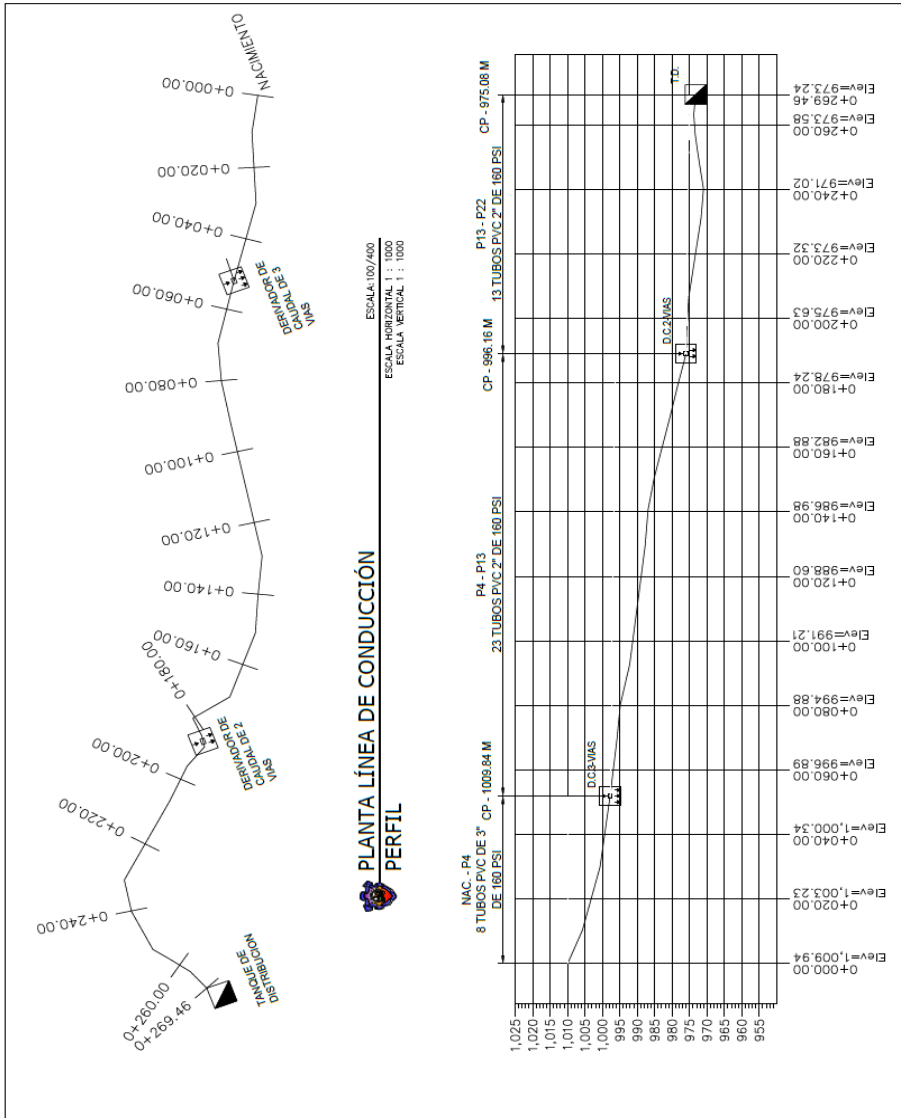


Continuación del apéndice 1.

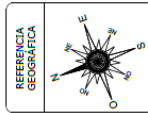
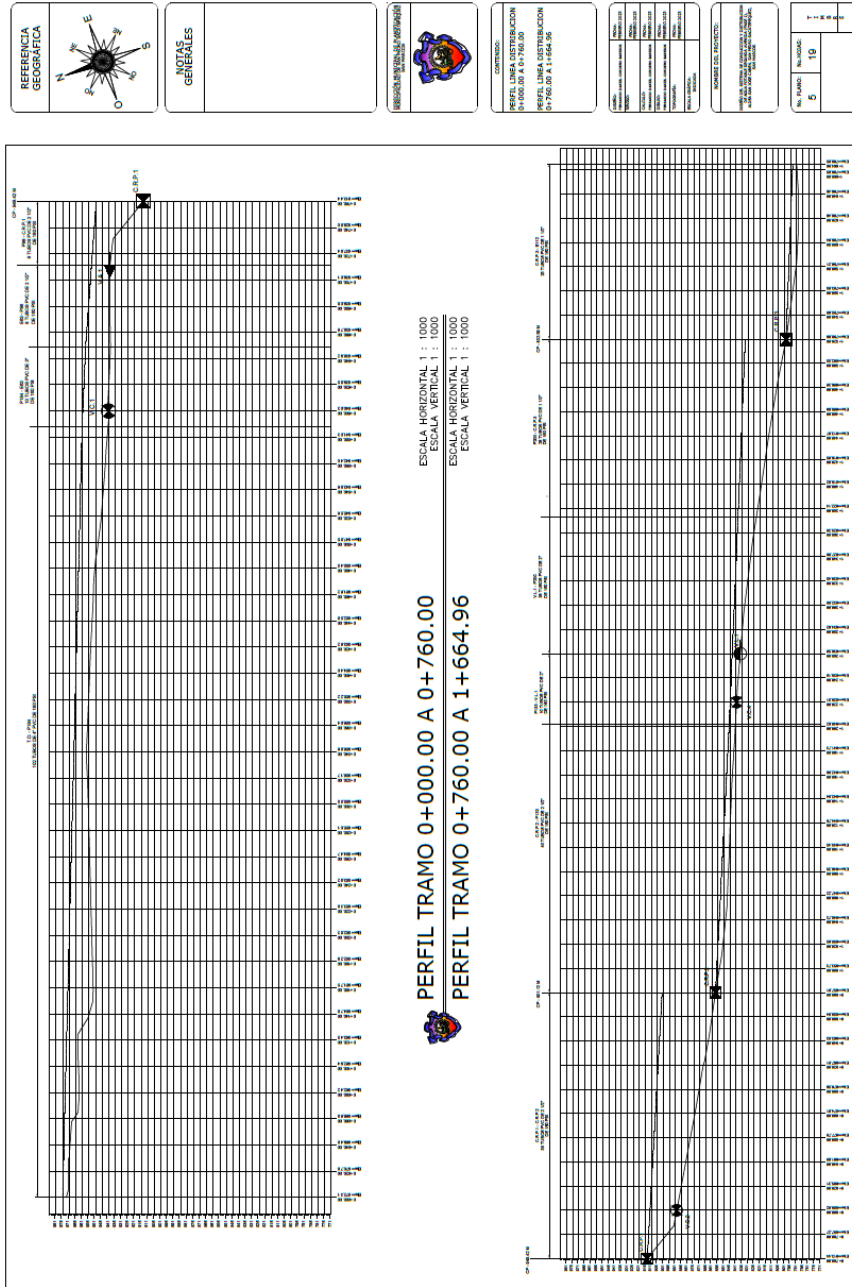


Continuación del apéndice 1.

REFERENCIA GEOGRÁFICA	
NOTAS GENERALES	
CONTENIDO:	
PARTES DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN	
NOMBRE DEL PROYECTO:	
FECHA DE ELABORACIÓN:	
Escala Horizontal: 1:1000	
Escala Vertical: 1:100	

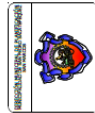


Continuación del apéndice 1.



REFERENCIA GEOGRAFICA

NOTAS GENERALES



CONTRATO:

PERFIL LINEA DISTRIBUCION  
 PERFILES LINEA DISTRIBUCION  
 0+760.00 A 1+664.96

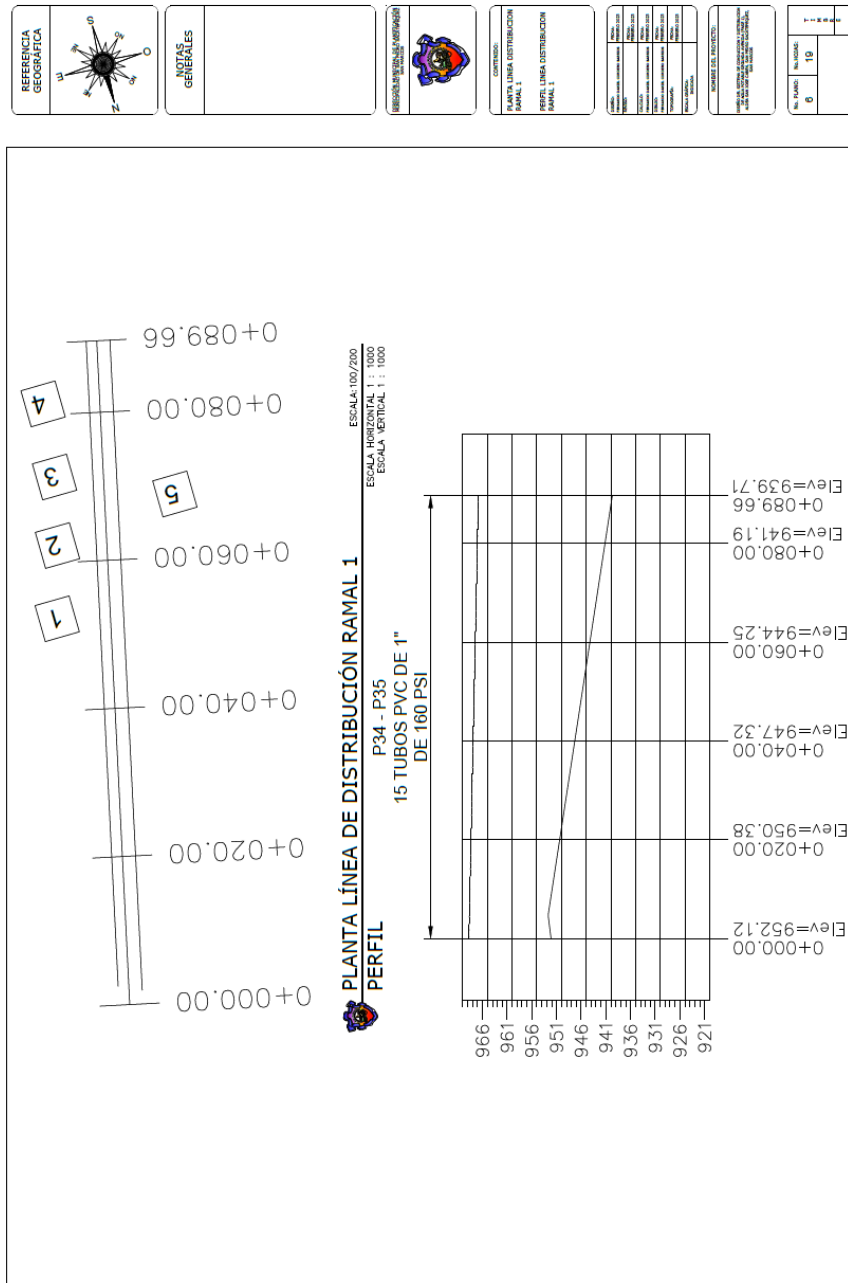
PROYECTO:	
FECHA:	
ESCALA:	
PROYECTADO POR:	
REVISADO POR:	
APROBADO POR:	

INDICAR EL VALOR DE:

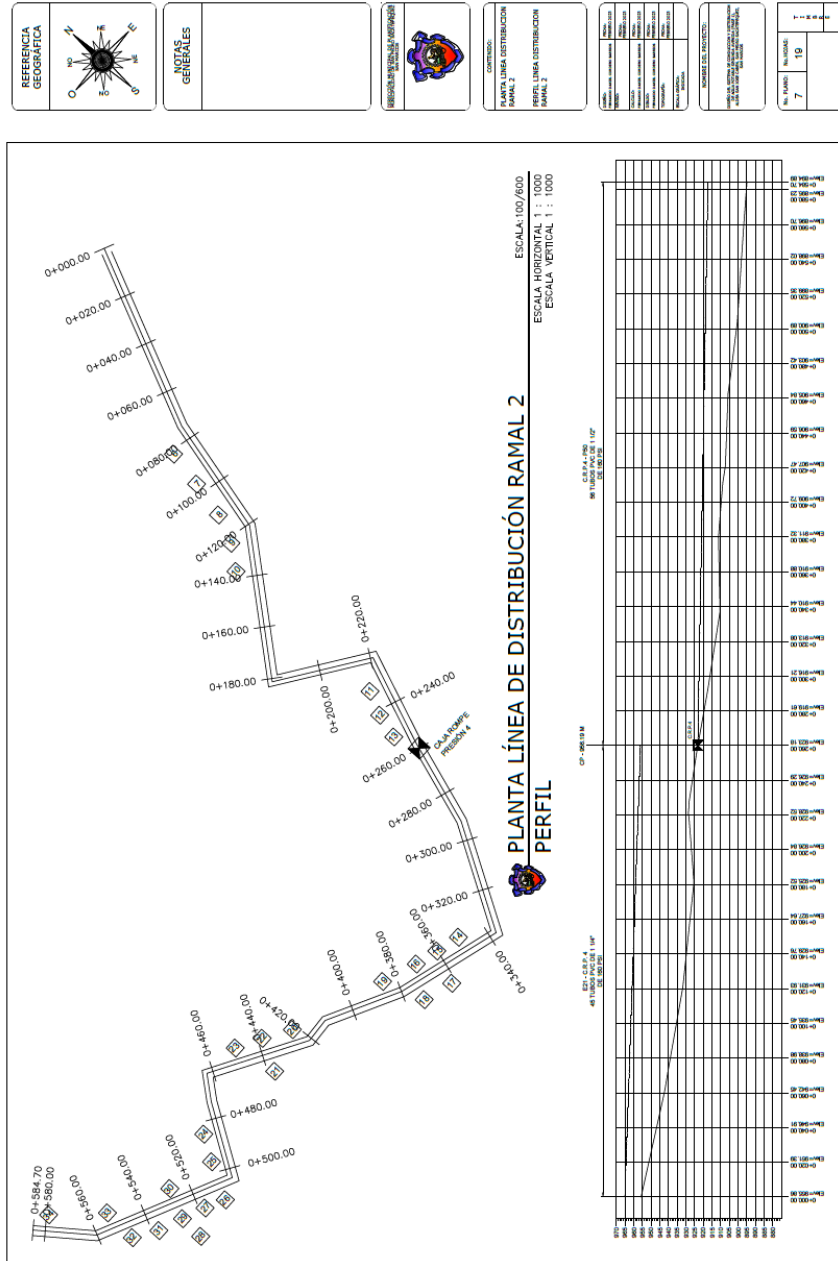
ANGULO DE INCLINACION  
 VALOR DEL ANGULO DE INCLINACION  
 VALOR DEL ANGULO DE INCLINACION

No. FOLIO:	19
No. TOTAL:	

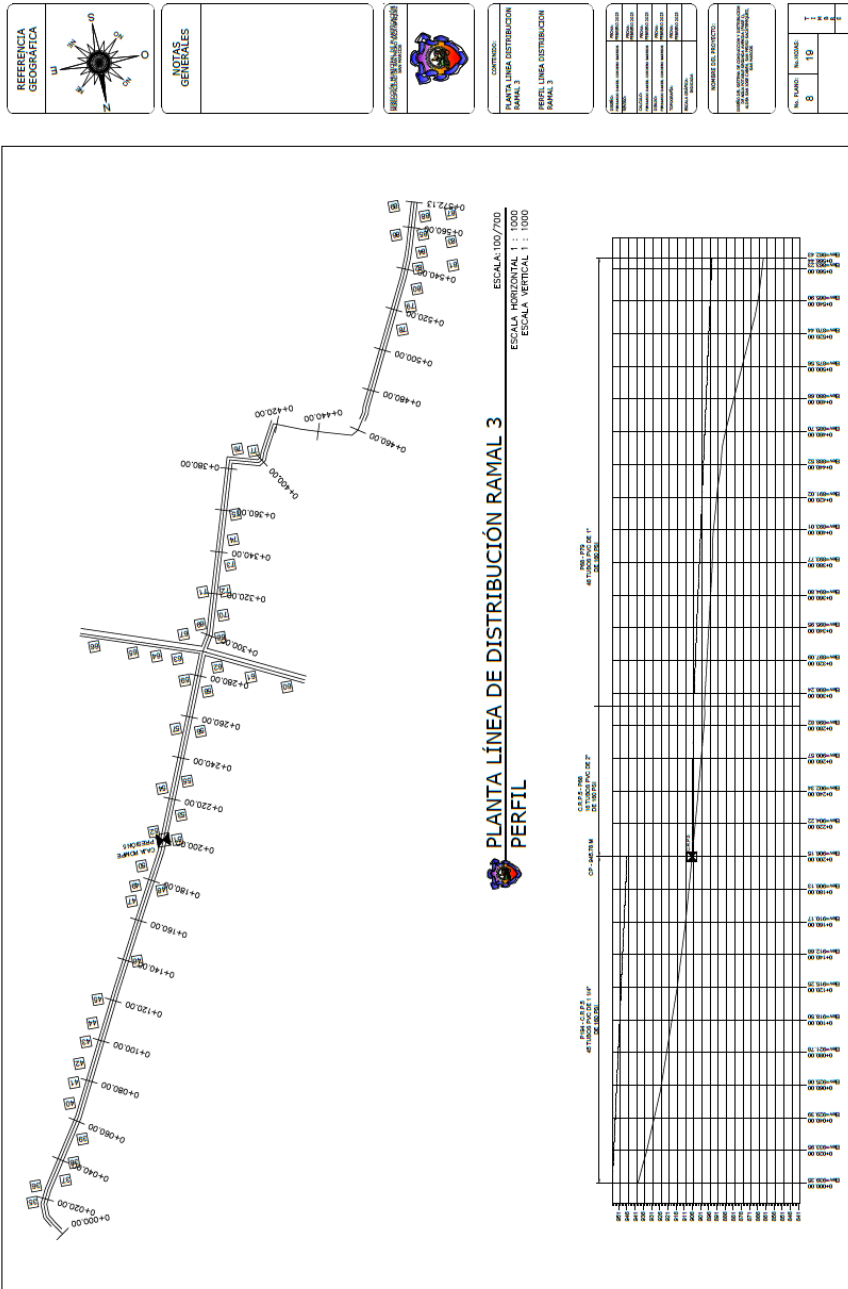
Continuación del apéndice 1.



Continuación del apéndice 1.

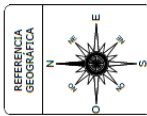
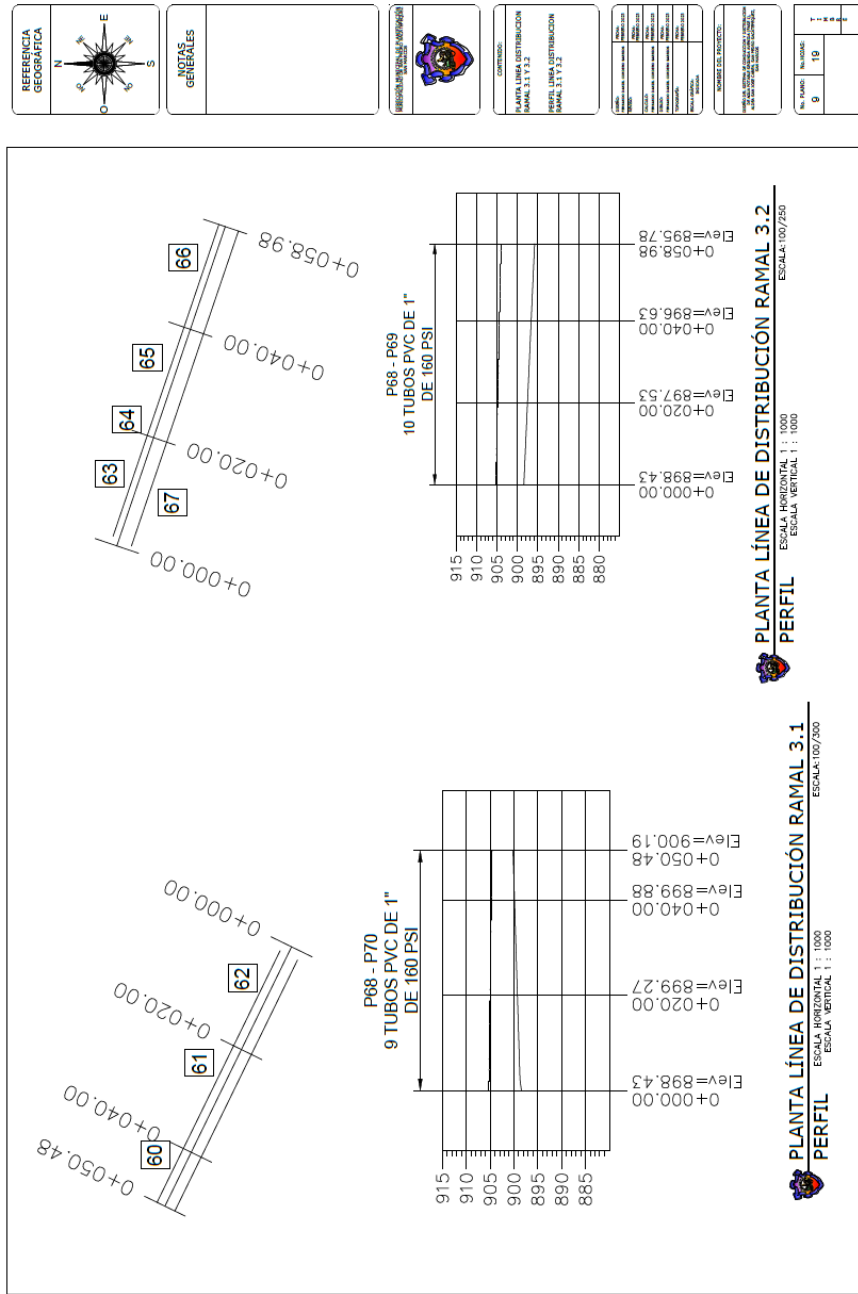


Continuación del apéndice 1.





Continuación del apéndice 1.



NOTAS GENERALES



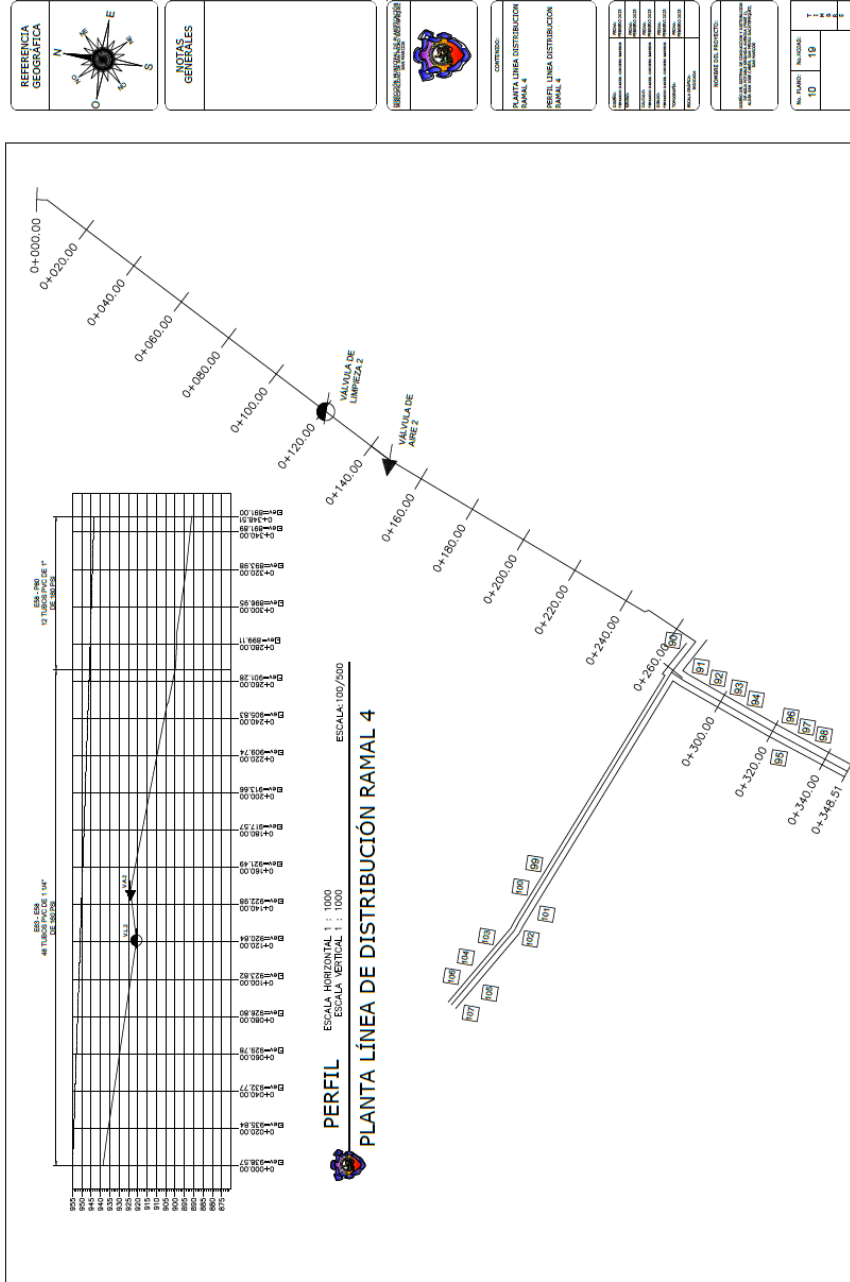
CONTENIDO:  
 PLANTA LÍNEA DISTRIBUCIÓN RAMAL 3.1 Y 3.2  
 PERFIL LÍNEA DISTRIBUCIÓN RAMAL 3.1 Y 3.2

PROYECTO	...
FECHA	...
...	...

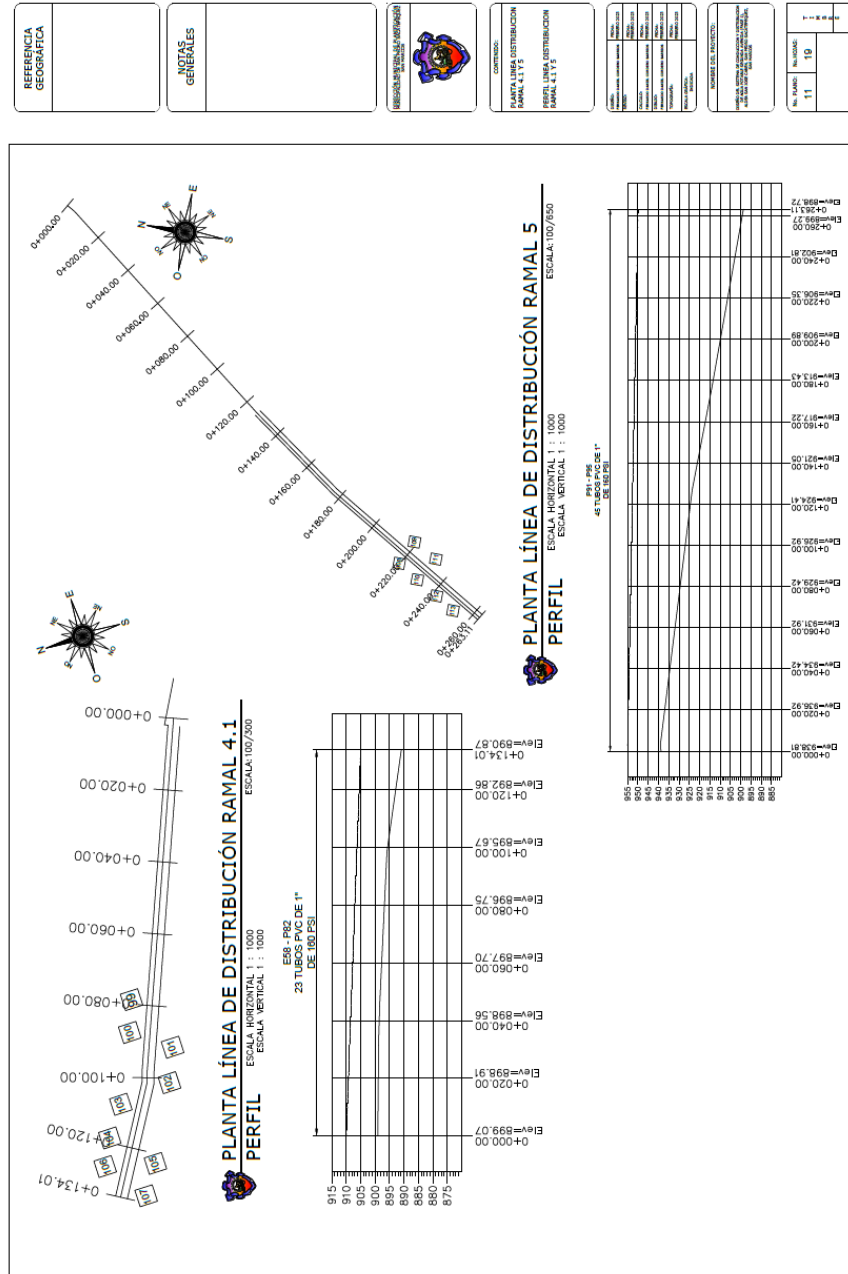
INFORMACIÓN DEL PROYECTO:

NO. PLANO	9
NO. HOJAS	19

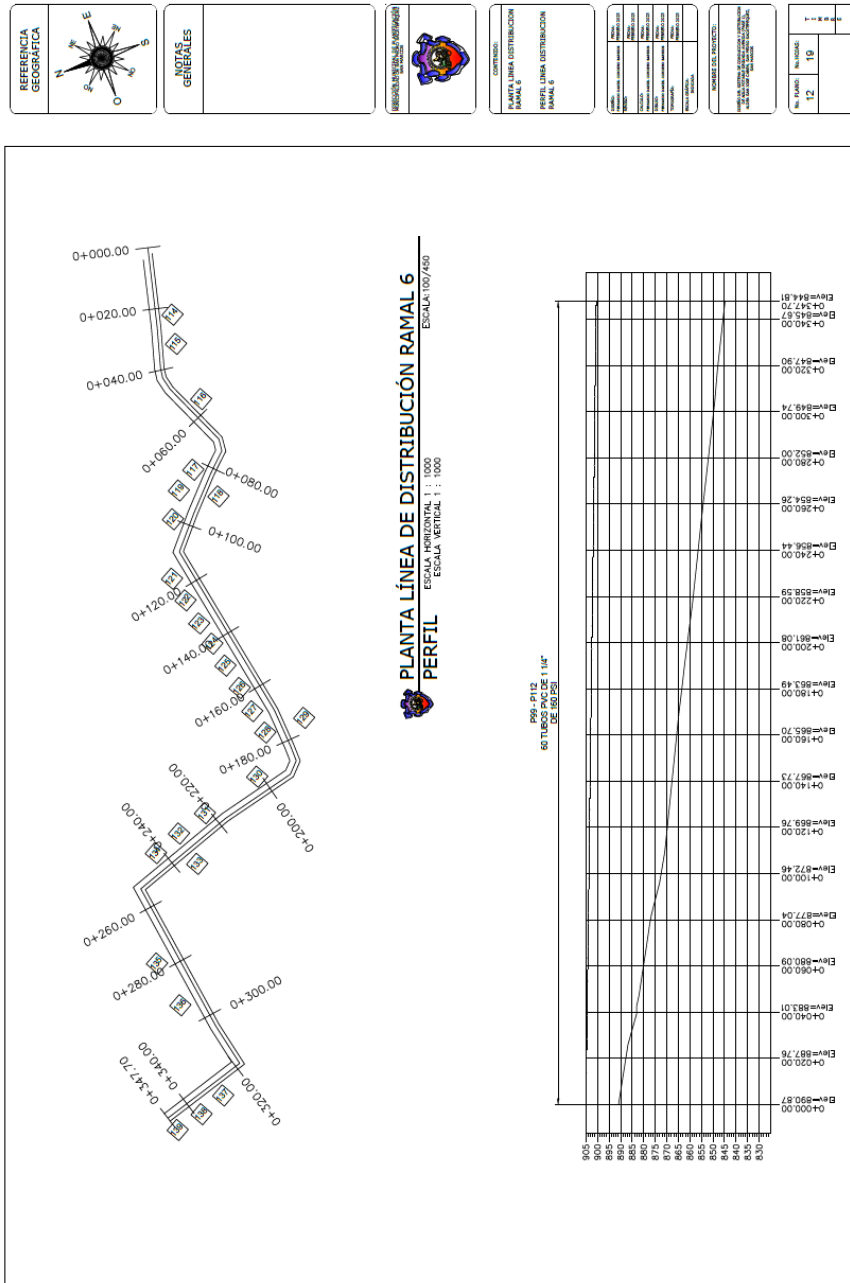
Continuación del apéndice 1.



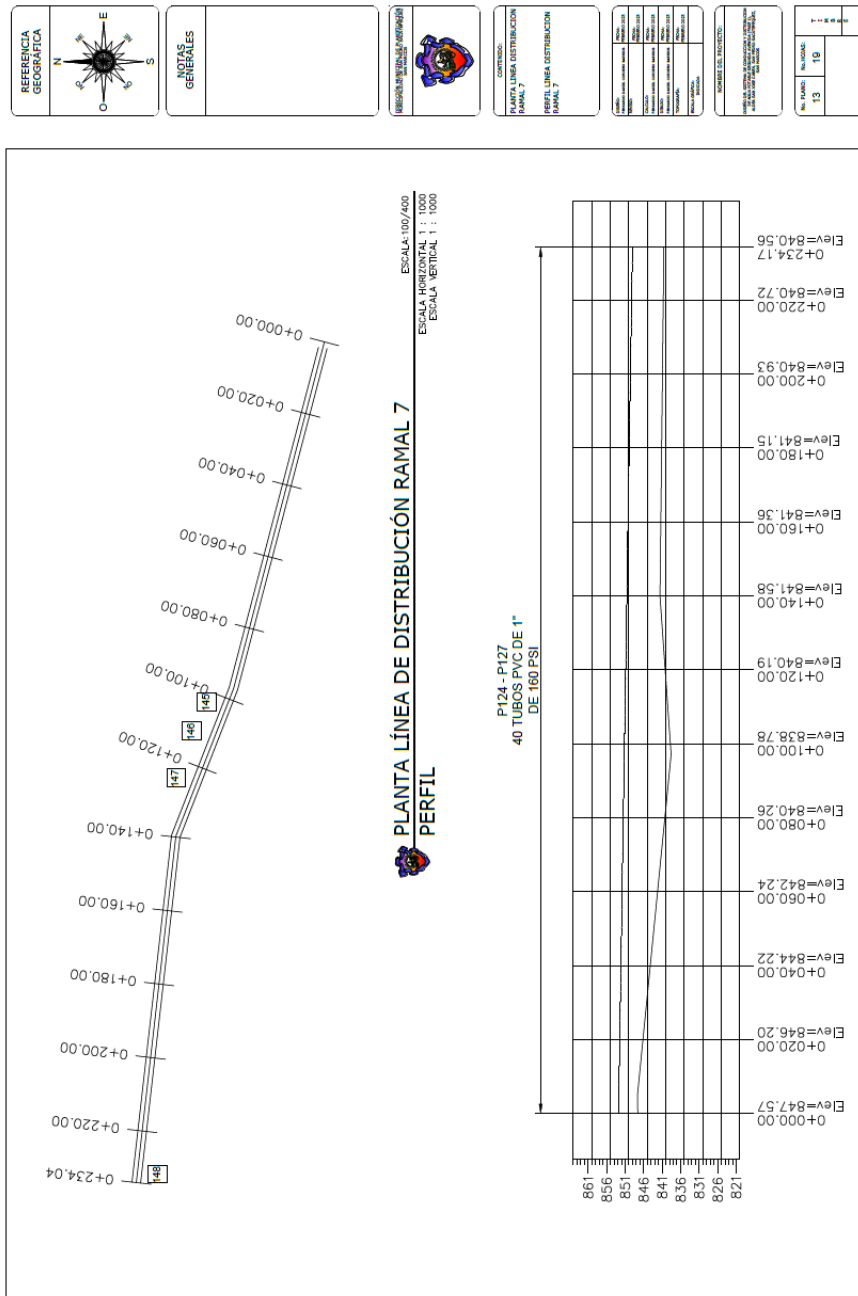
Continuación del apéndice 1.



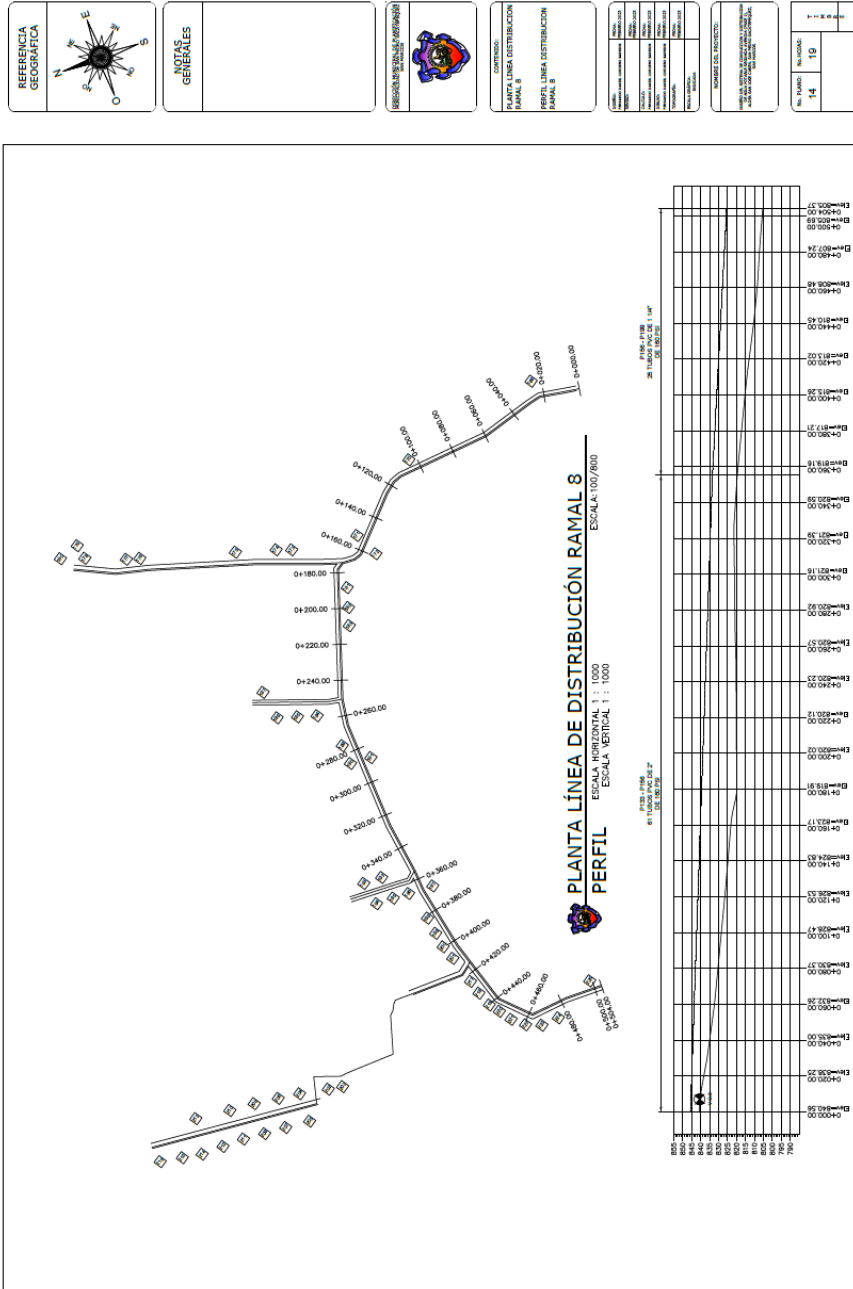
Continuación del apéndice 1.



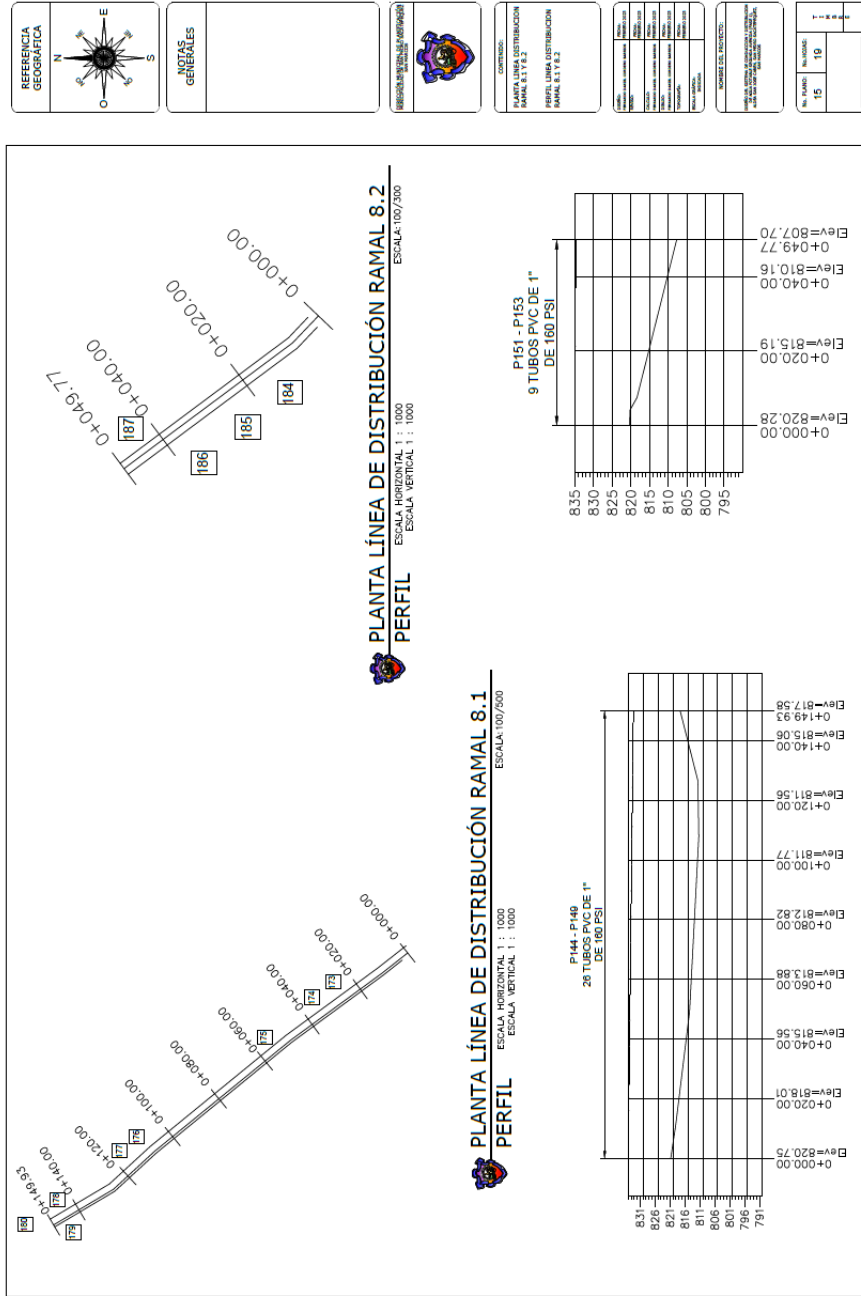
Continuación del apéndice 1.



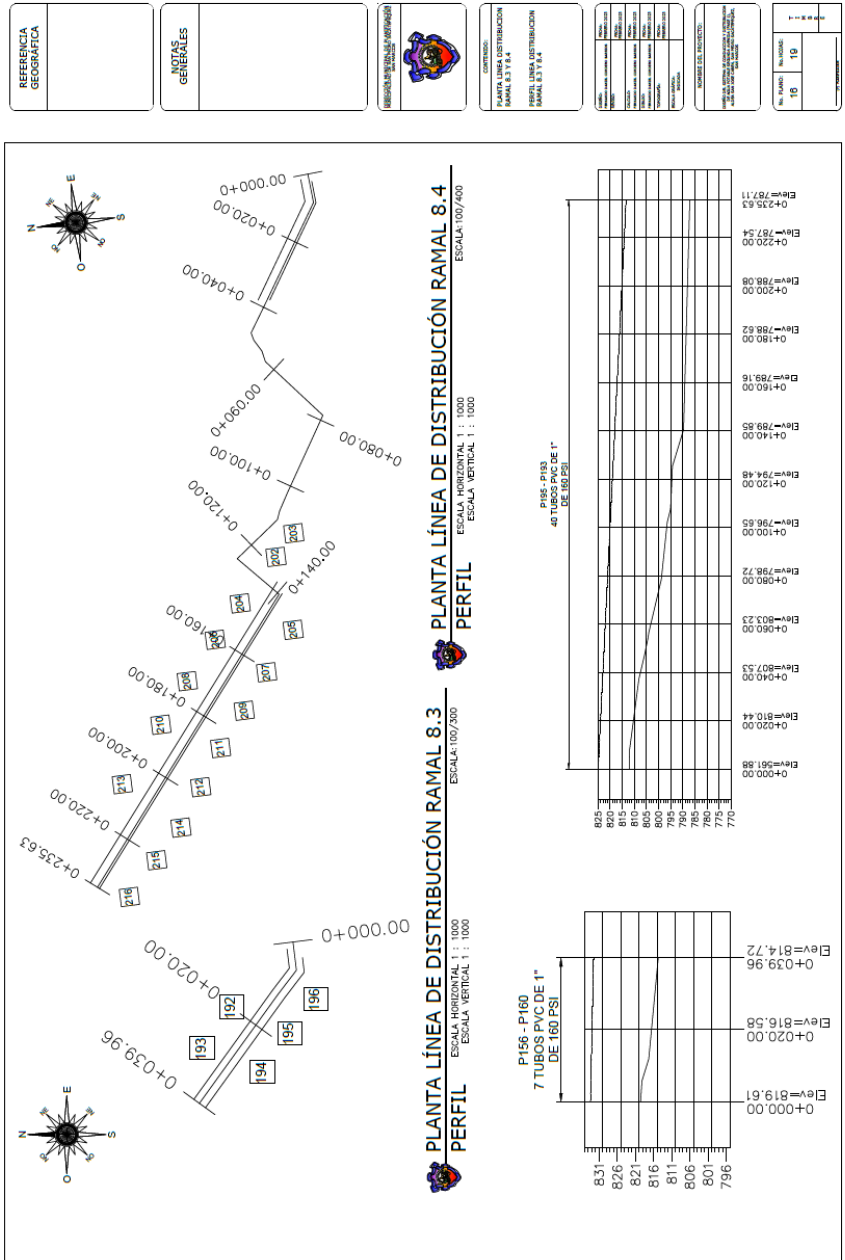
Continuación del apéndice 1.



Continuación del apéndice 1.

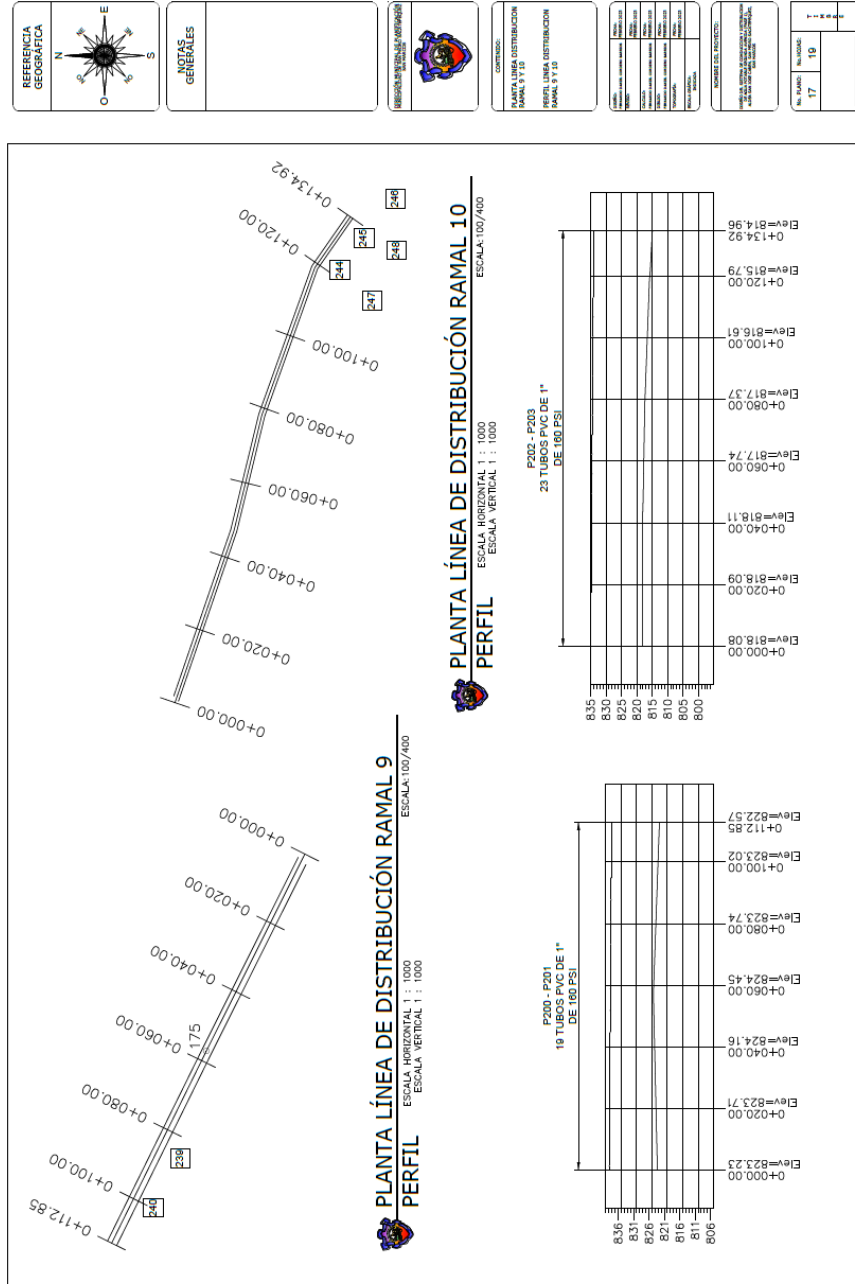


Continuación del apéndice 1.

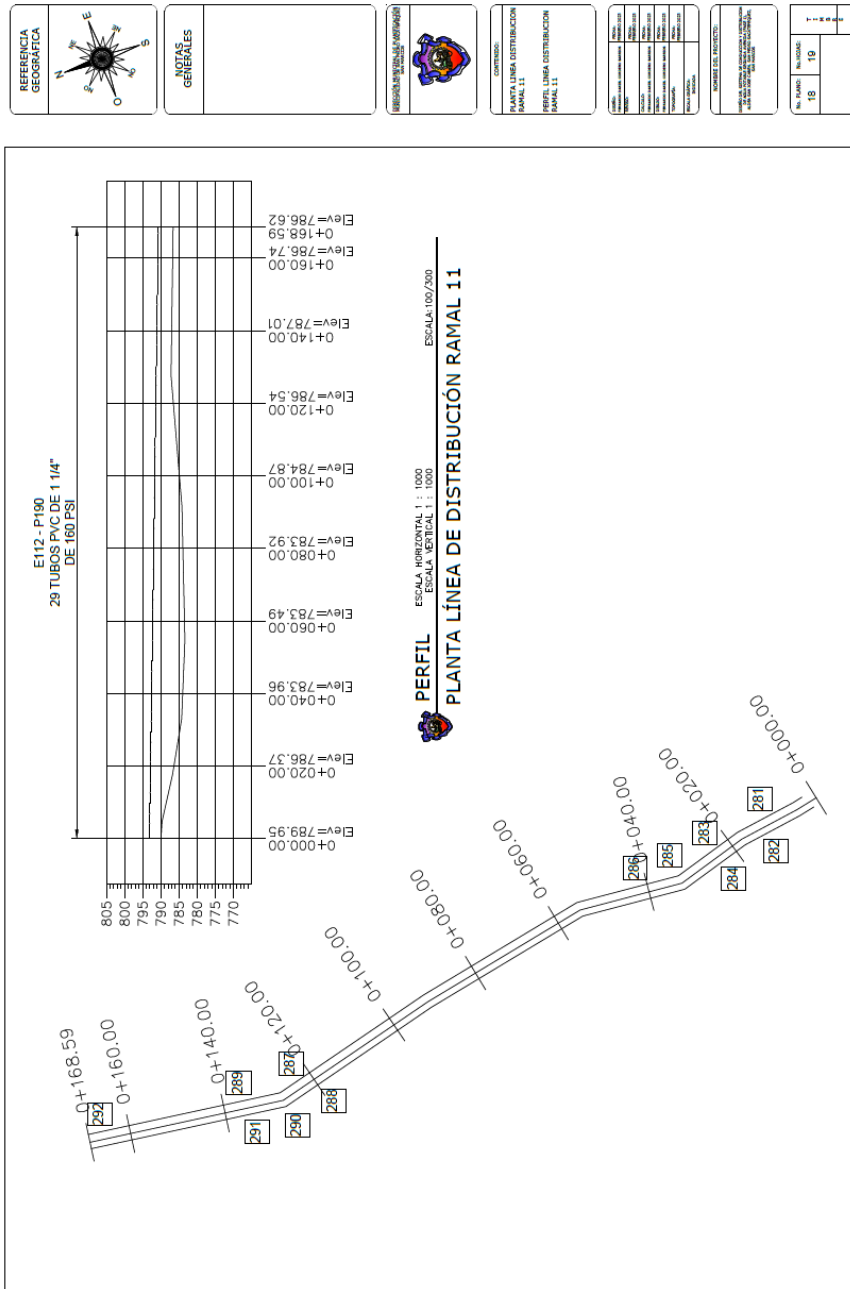






Continuación del apéndice 1.

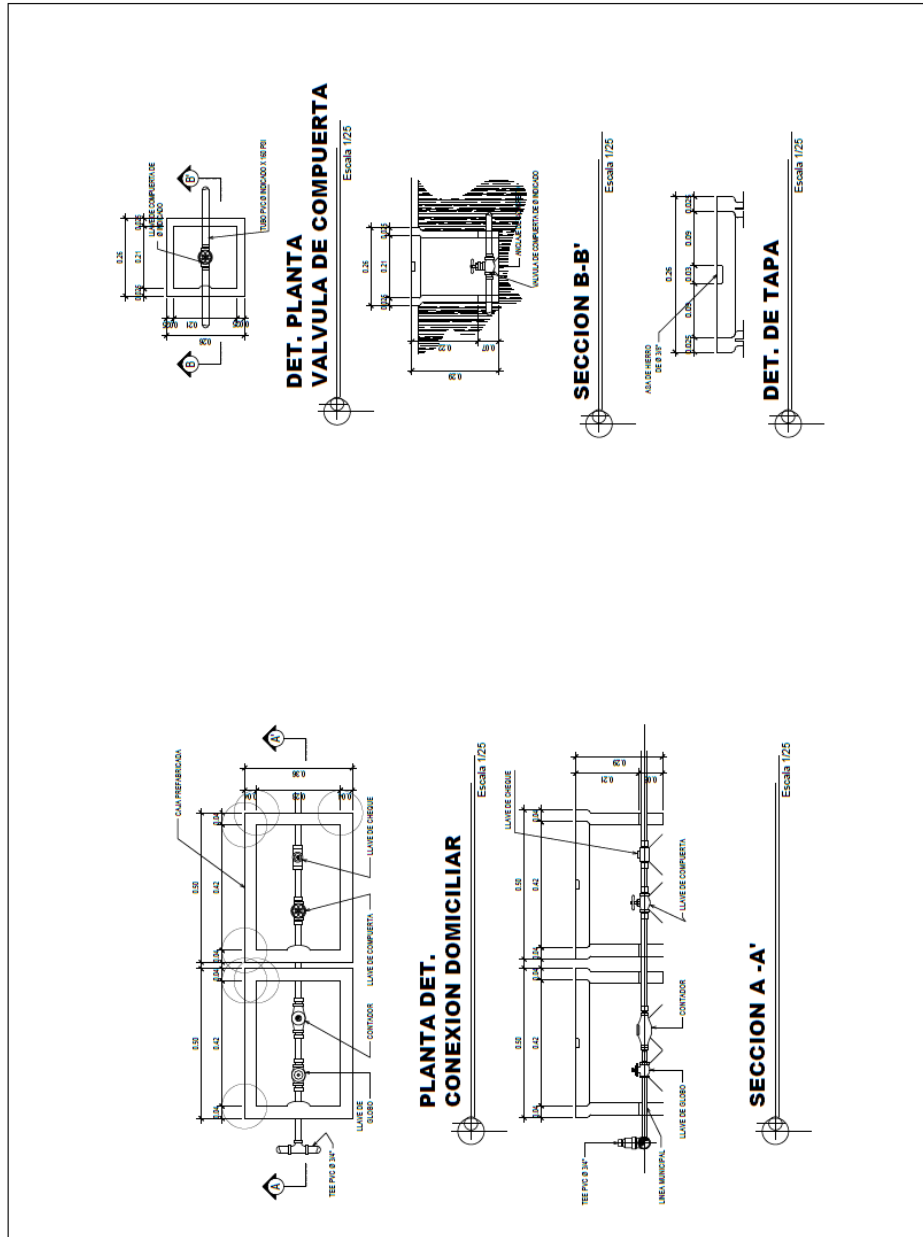


Continuación del apéndice 1.



Continuación del apéndice 1.

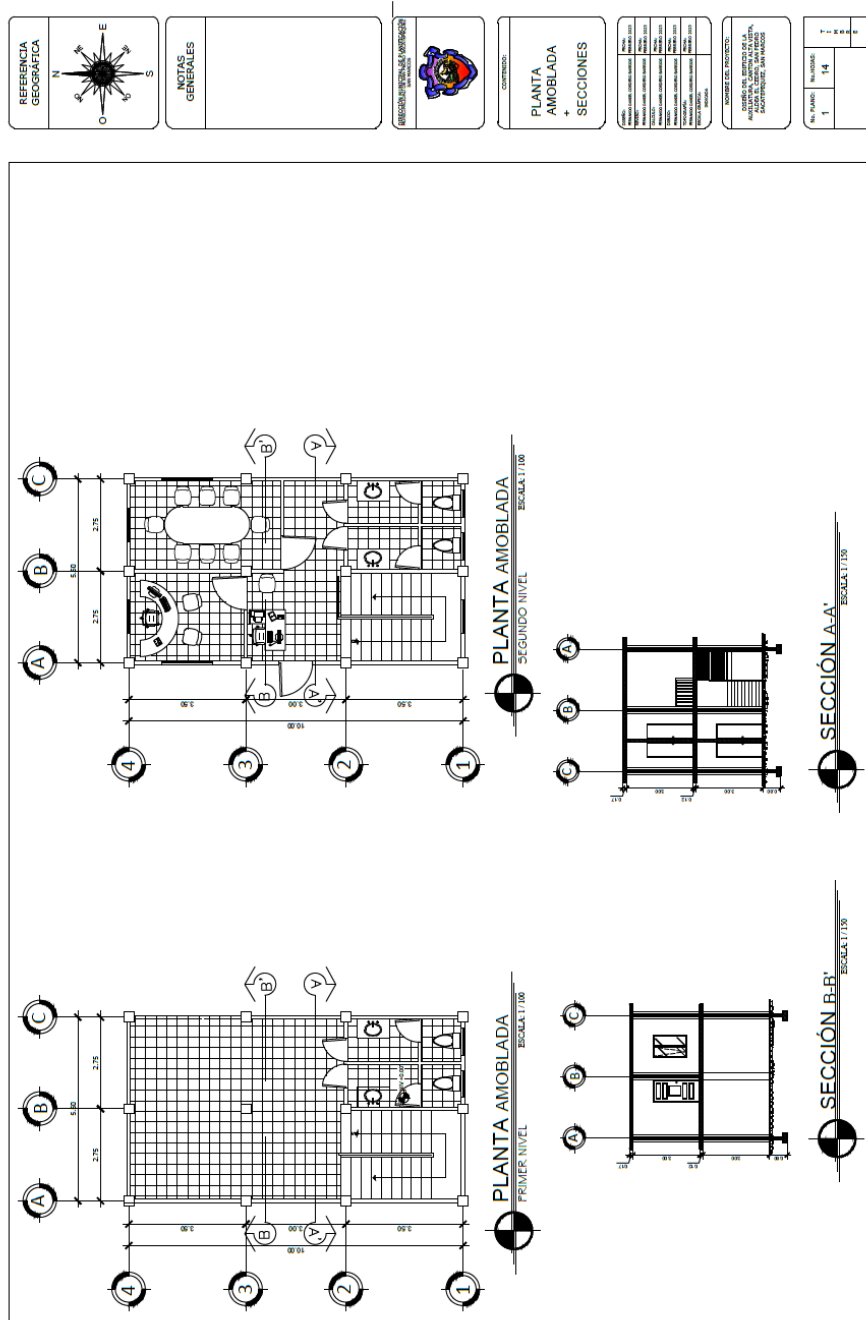
REFERENCIA GEOGRÁFICA											
NOTAS GENERALES											
REGISTRACION MUNICIPAL DE INGENIEROS											
CONTENIDO:											
DETALLES GENERALES											
<table border="1"> <tr> <td>PLANTA DET. CONEXION DOMICILIAR</td> <td>1/25</td> </tr> <tr> <td>PLANTA DET. VALVULA DE COMPUERTA</td> <td>1/25</td> </tr> <tr> <td>SECCION A-A'</td> <td>1/25</td> </tr> <tr> <td>SECCION B-B'</td> <td>1/25</td> </tr> <tr> <td>DET. DE TAPA</td> <td>1/25</td> </tr> </table>	PLANTA DET. CONEXION DOMICILIAR	1/25	PLANTA DET. VALVULA DE COMPUERTA	1/25	SECCION A-A'	1/25	SECCION B-B'	1/25	DET. DE TAPA	1/25	
PLANTA DET. CONEXION DOMICILIAR	1/25										
PLANTA DET. VALVULA DE COMPUERTA	1/25										
SECCION A-A'	1/25										
SECCION B-B'	1/25										
DET. DE TAPA	1/25										
DISEÑADO POR: [ ] REVISADO POR: [ ] APROBADO POR: [ ] FECHA: [ ]											
NÚMERO DEL PROYECTO: NÚMERO DE HOJAS: NÚMERO DE LA HOJA:											
No. PLANO: 19 No. HOJAS: 19											



Nota. Descripción del juego de planos. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

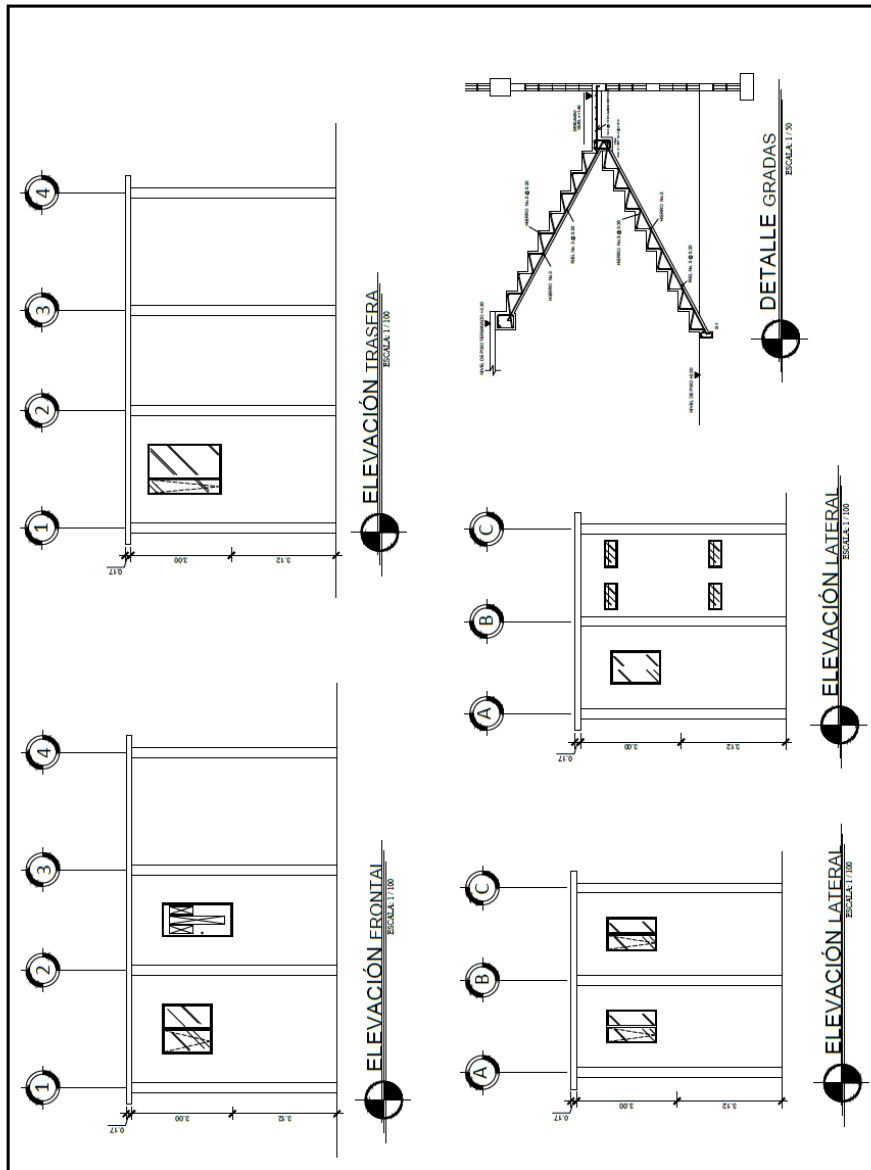
## Apéndice 2.

### Planos diseño del edificio de la auxiliatura

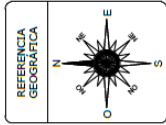
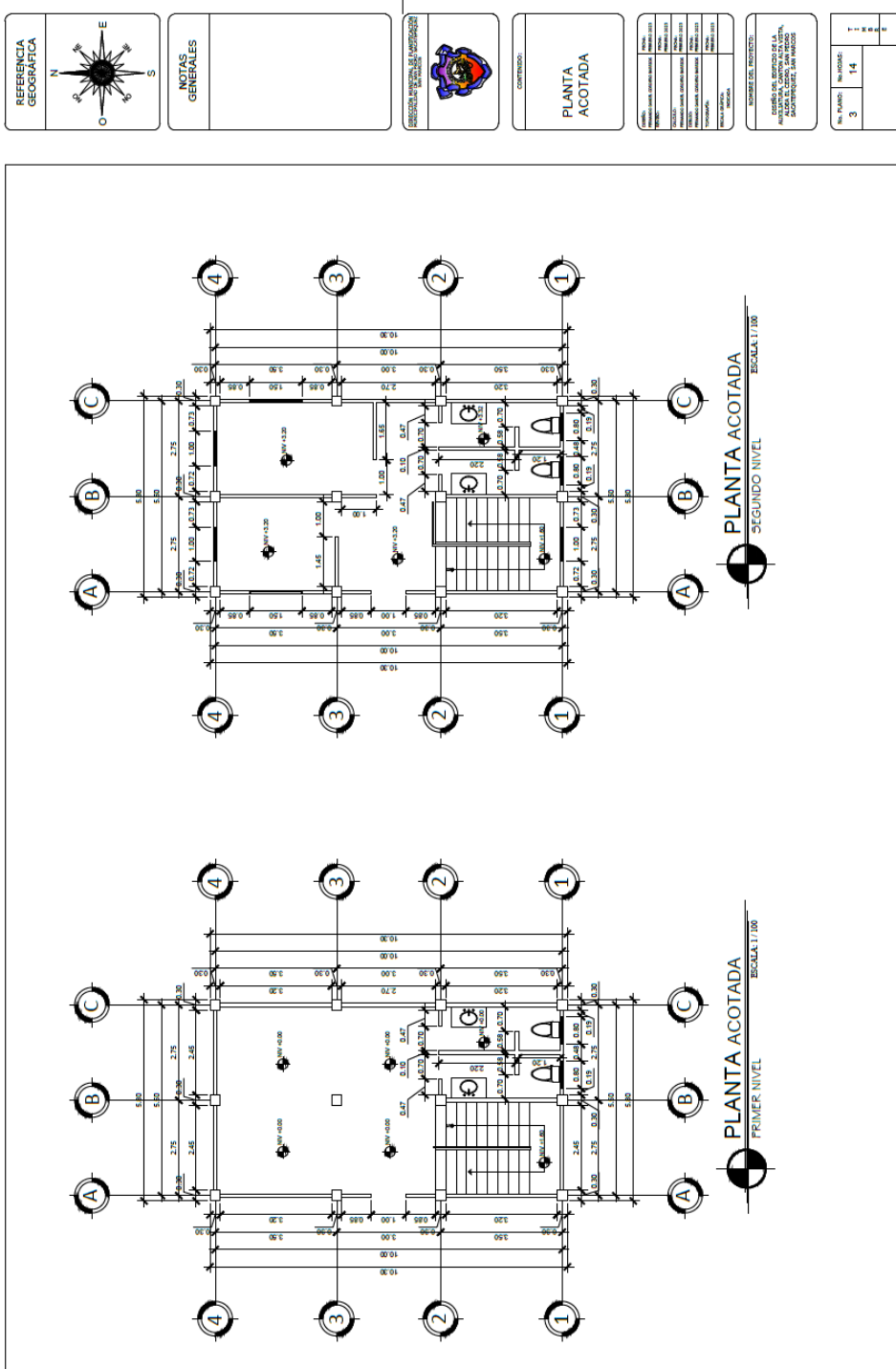


Continuación del apéndice 2.

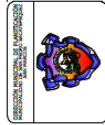
REFERENCIA GEOGRÁFICA													
NOTAS GENERALES													
<b>ELEVACIONES + DETALLE DE GRADAS</b>													
<table border="1"> <tr><td>PROYECTO</td><td></td></tr> <tr><td>FECHA</td><td></td></tr> <tr><td>PROYECTANTE</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>APROBADO</td><td></td></tr> <tr><td>OTRO</td><td></td></tr> </table>	PROYECTO		FECHA		PROYECTANTE		REVISOR		APROBADO		OTRO		
PROYECTO													
FECHA													
PROYECTANTE													
REVISOR													
APROBADO													
OTRO													
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE OBRAS DE ARTES DEPARTAMENTO DE DISEÑO DE OBRAS DE ARTES													
<table border="1"> <tr><td>Nº DE PLAN</td><td>2</td></tr> <tr><td>Nº DE HOJA</td><td>14</td></tr> </table>	Nº DE PLAN	2	Nº DE HOJA	14	<table border="1"> <tr><td>ESCALA</td><td>1:50</td></tr> <tr><td>FECHA</td><td></td></tr> <tr><td>PROYECTANTE</td><td></td></tr> </table>	ESCALA	1:50	FECHA		PROYECTANTE			
Nº DE PLAN	2												
Nº DE HOJA	14												
ESCALA	1:50												
FECHA													
PROYECTANTE													



Continuación del apéndice 2.



NOTAS GENERALES



CONTENIDO

PLANTA ACOTADA

Nombre del Proyecto	
Nombre del Cliente	
Nombre del Arquitecto	
Nombre del Ingeniero	
Nombre del Diseñador	
Fecha	

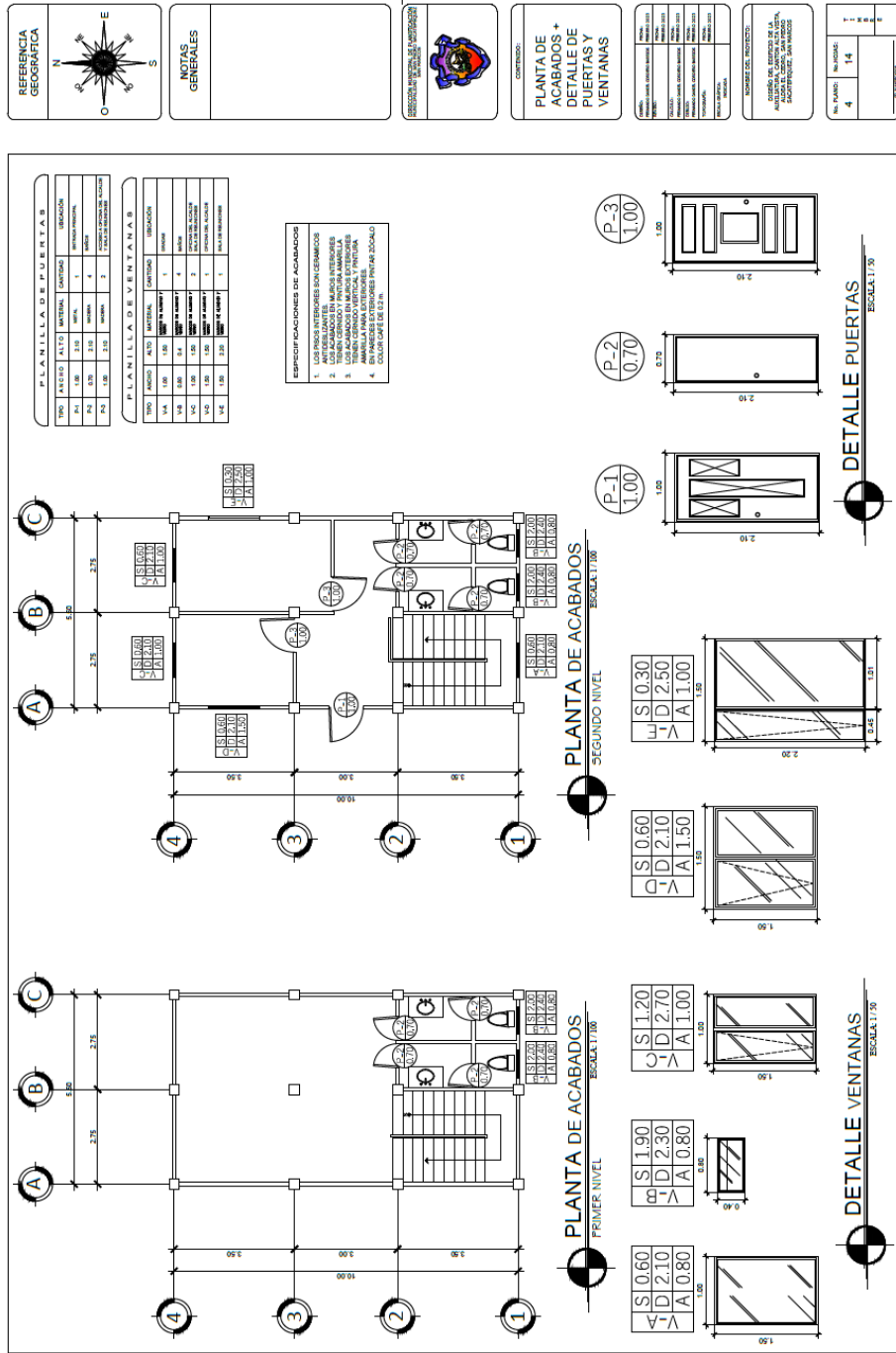
SECRETARÍA DEL INTERIOR

OFICIO DEL DIRECTOR DE LA ADMINISTRACIÓN GENERAL DEL INTERIOR

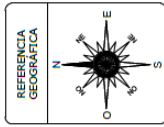
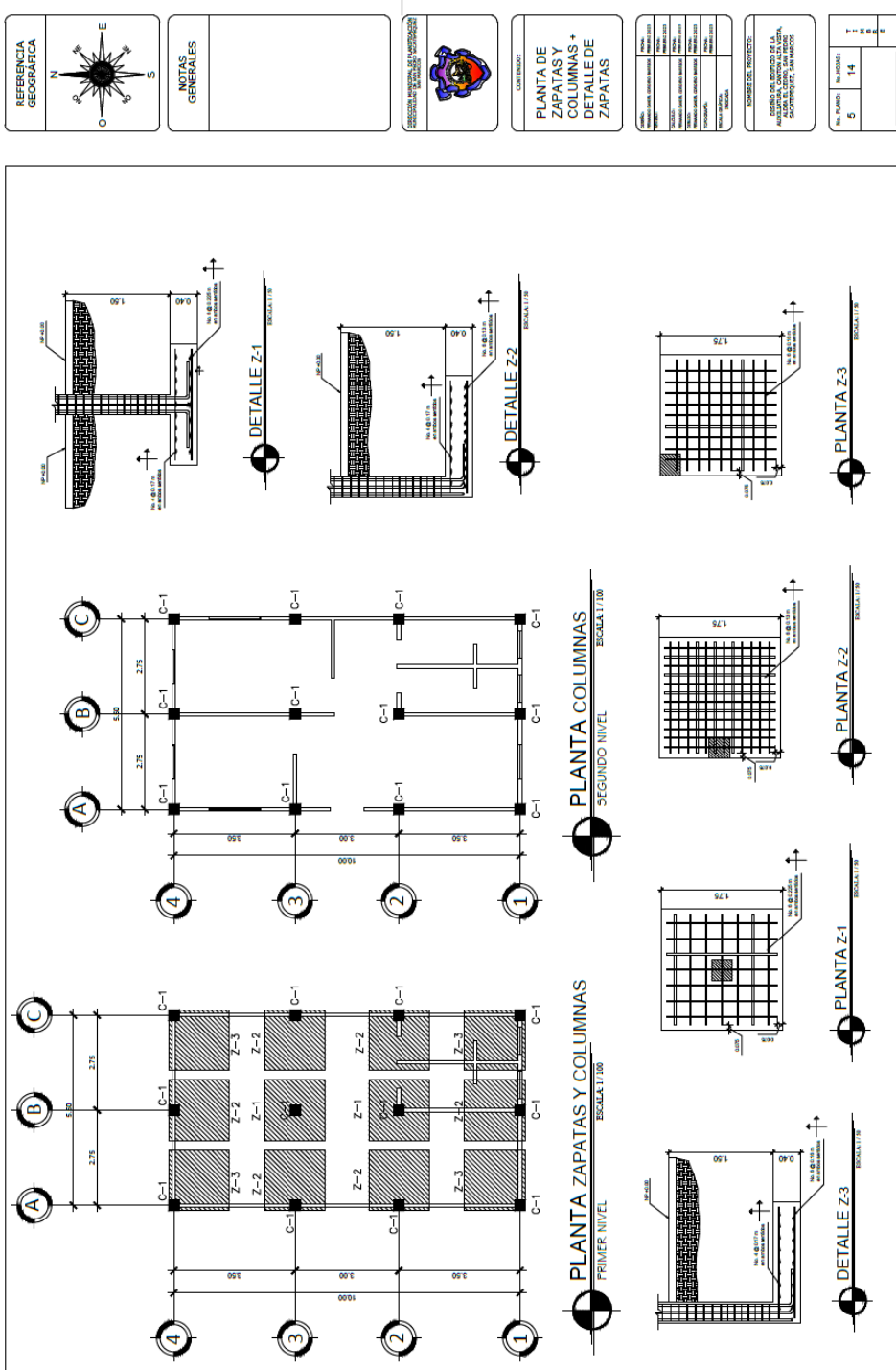
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

No. Plano	Revisión
3	14
E	

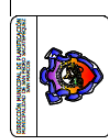
Continuación del apéndice 2.



Continuación del apéndice 2.



NOTAS GENERALES



CONTENIDO:  
 PLANTA DE ZAPATAS Y COLUMNAS + DETALLE DE ZAPATAS

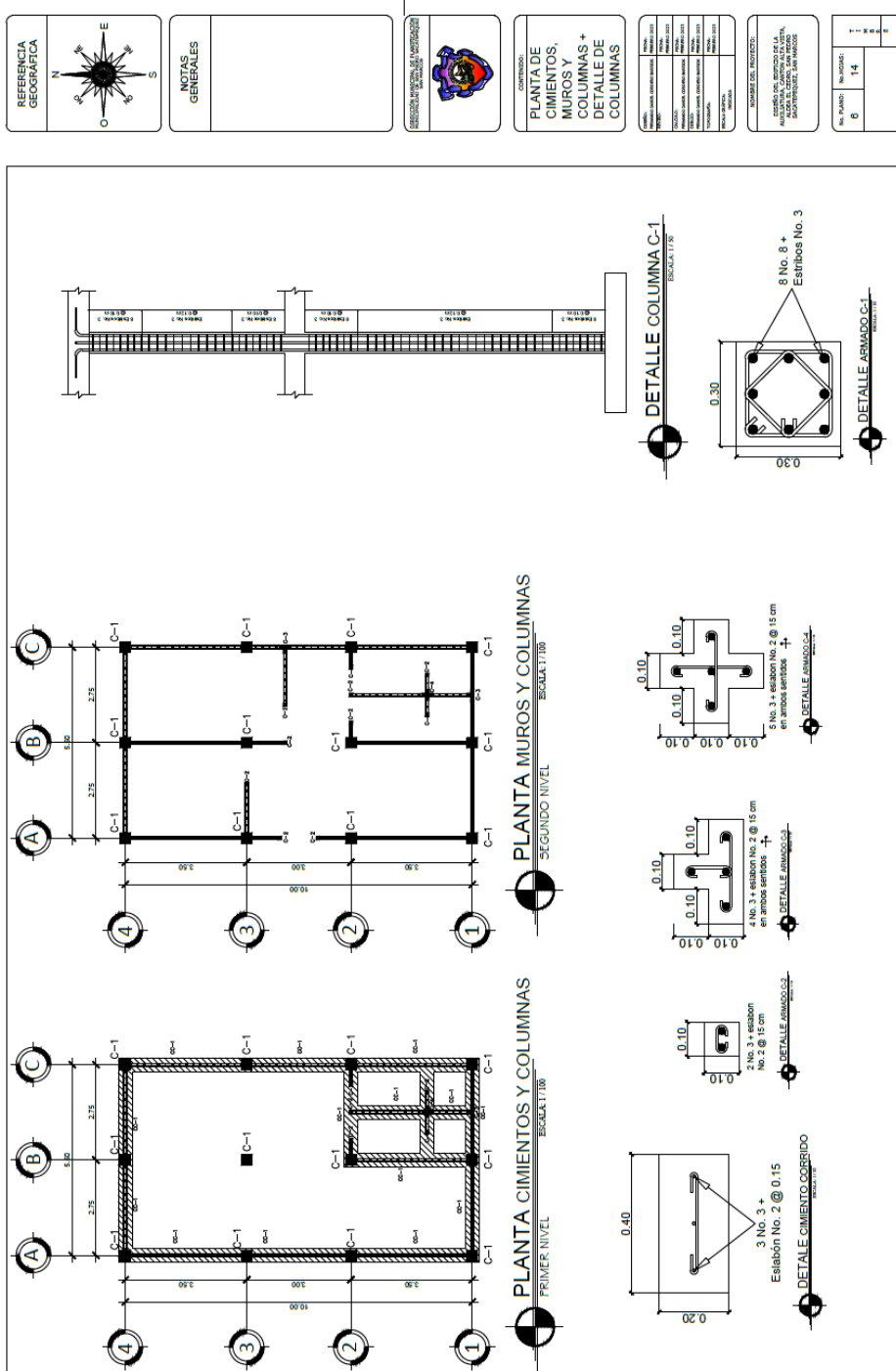
PROYECTANTE	REVISOR
ELABORADOR	APROBADO
VERIFICADOR	FECHA
OTROS	

ESQUEMA DEL PROYECTO:  
 UBICACION DEL PROYECTO EN LA ZONA DE INTERES DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE ANTIPOY, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

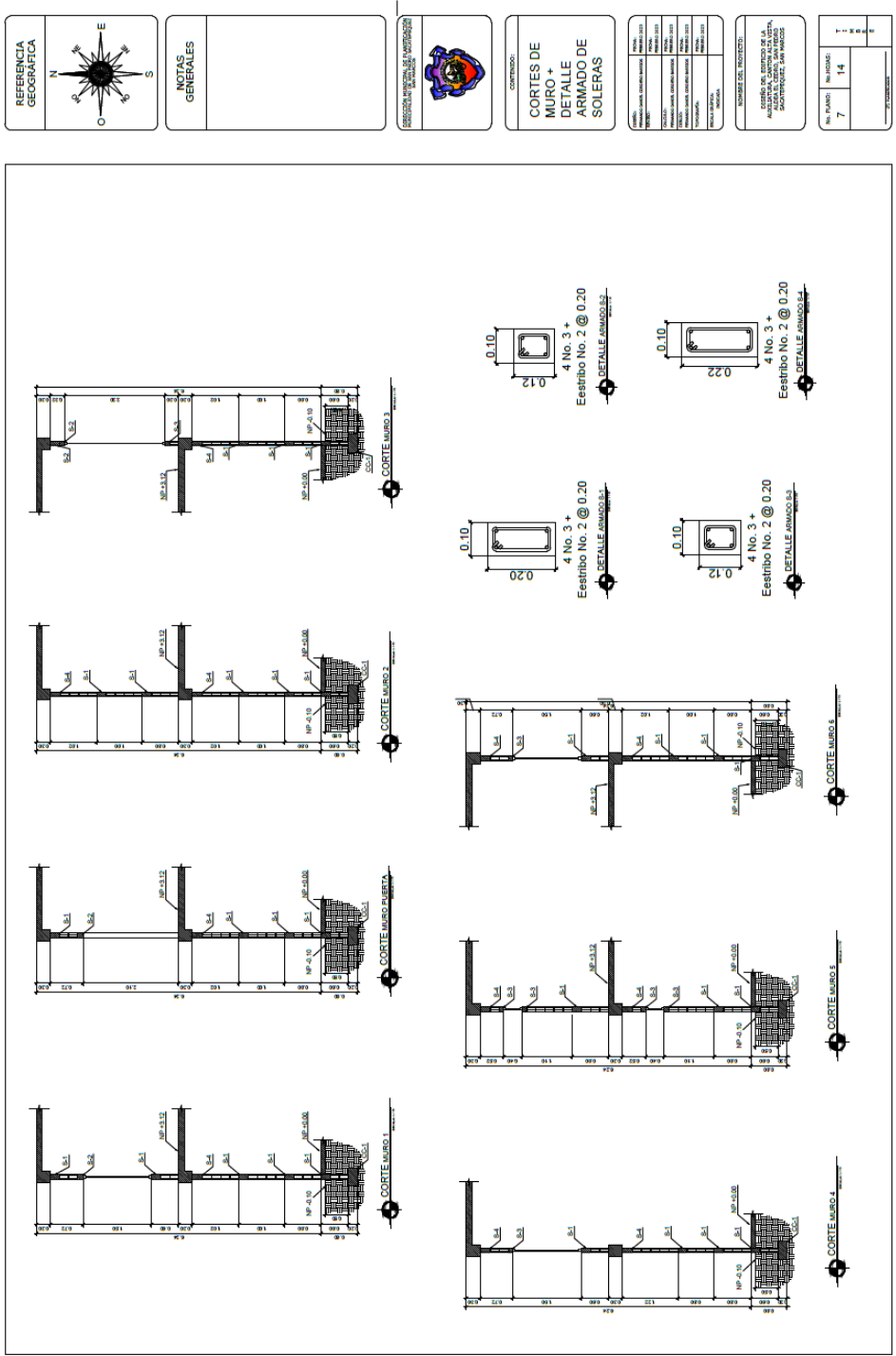
N.º PLANO	N.º HOJAS
5	14
FECHA	
E	



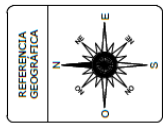
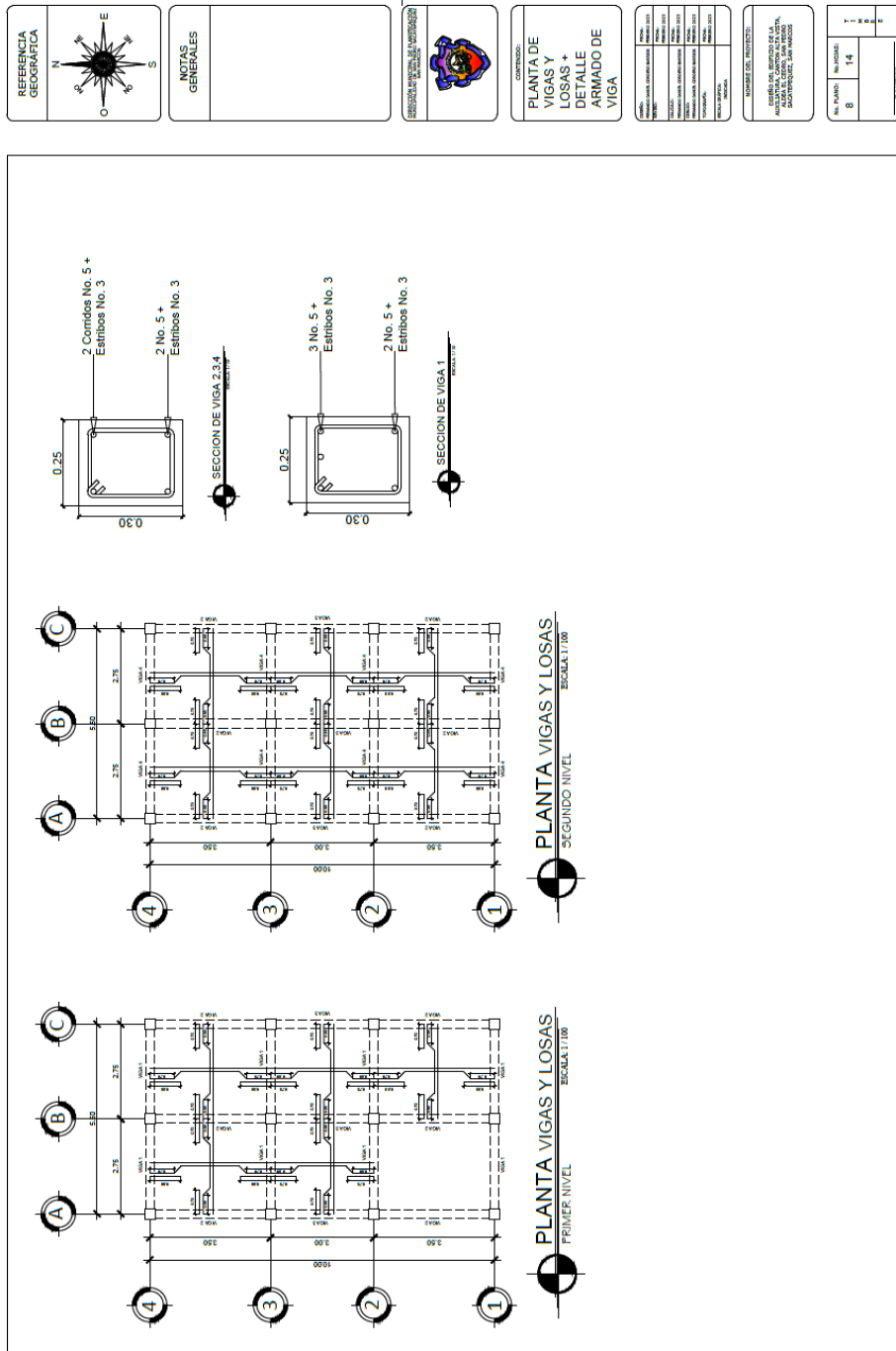
Continuación del apéndice 2.



Continuación del apéndice 2.



Continuación del apéndice 2.



NOTAS GENERALES



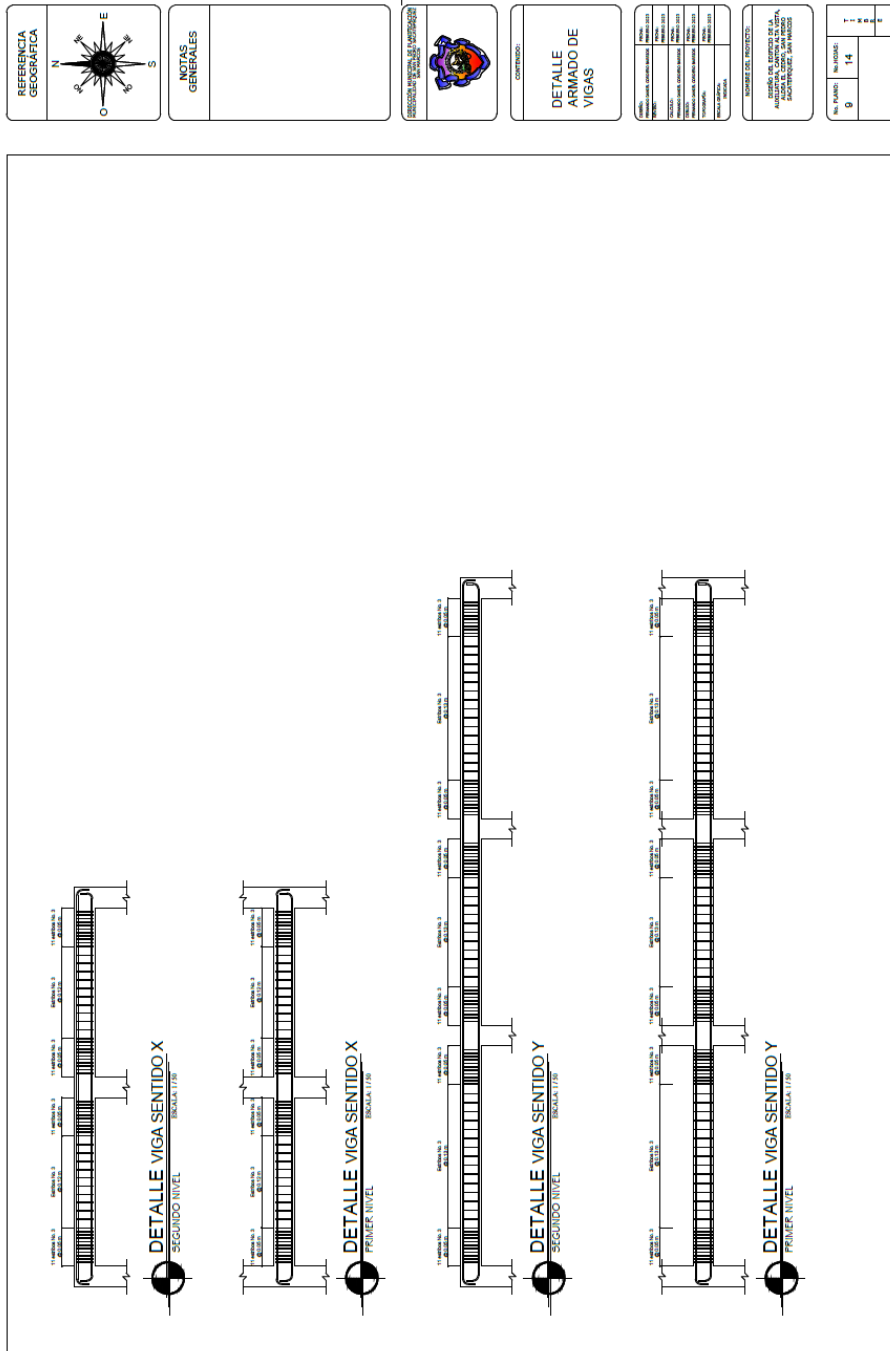
CONTENIDO:  
PLANTA DE VIGAS Y LOSAS + DETALLE ARMADO DE VIGA

PROYECTO	
CLIENTE	
PROYECTADO POR	
REVISADO POR	
APROBADO POR	
FECHA	

NUMERO DEL PROYECTO:  
ESTUDIO DEL ESTADO DE LA OBRERA DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO, QUINDIÁN, COLOMBIA

Hoja No.	8	Total	14
Fecha			

Continuación del apéndice 2.



REFERENCIA GEOGRAFICA

NOTAS GENERALES

REGION NACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNICO

CONTENIDO

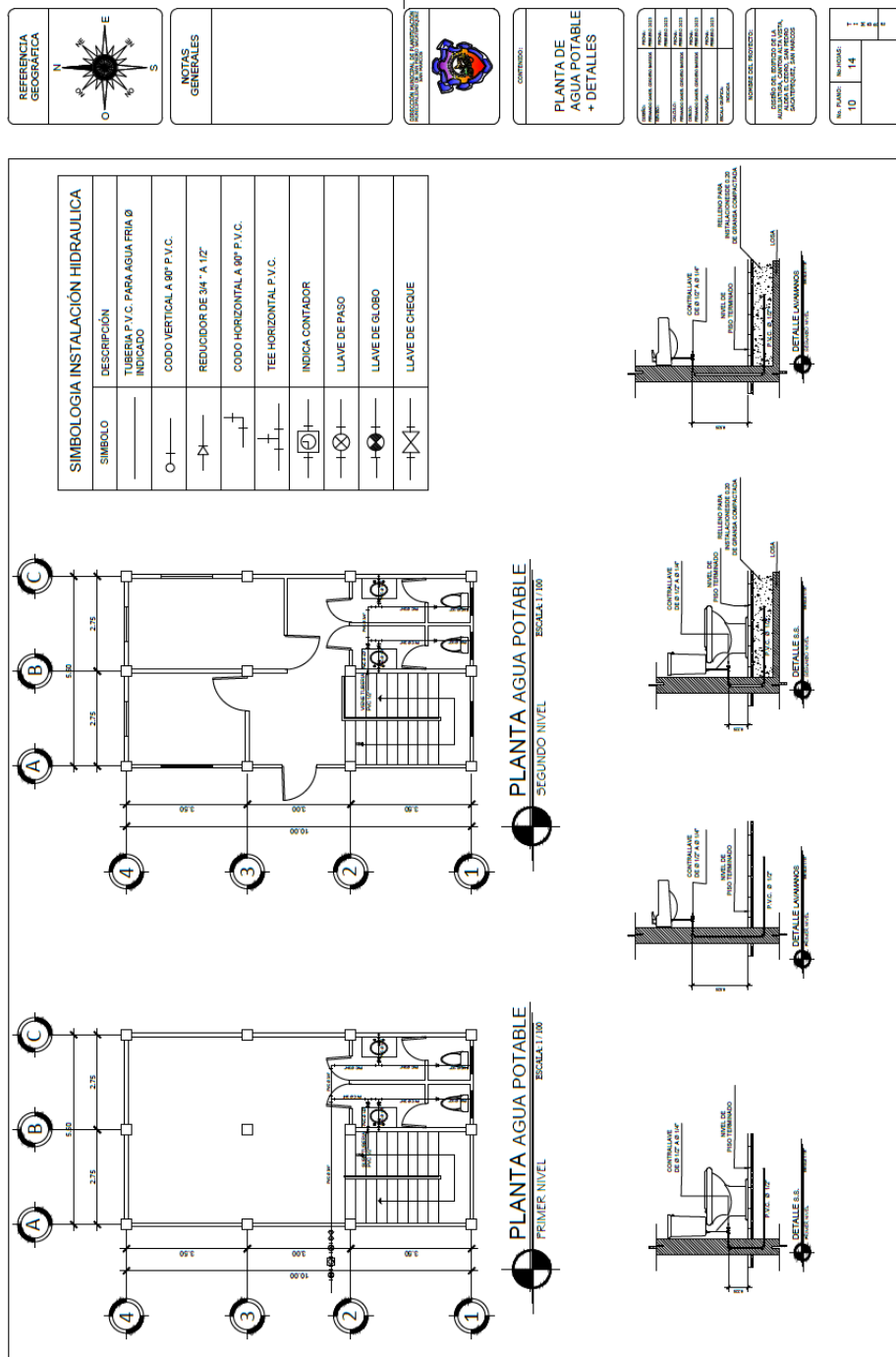
DETALLE ARMADO DE VIGAS

Nombre del Proyecto	...
Fecha de Emisión	...
Elaborado por	...
Revisado por	...
Aprobado por	...
Fecha de Aprobación	...

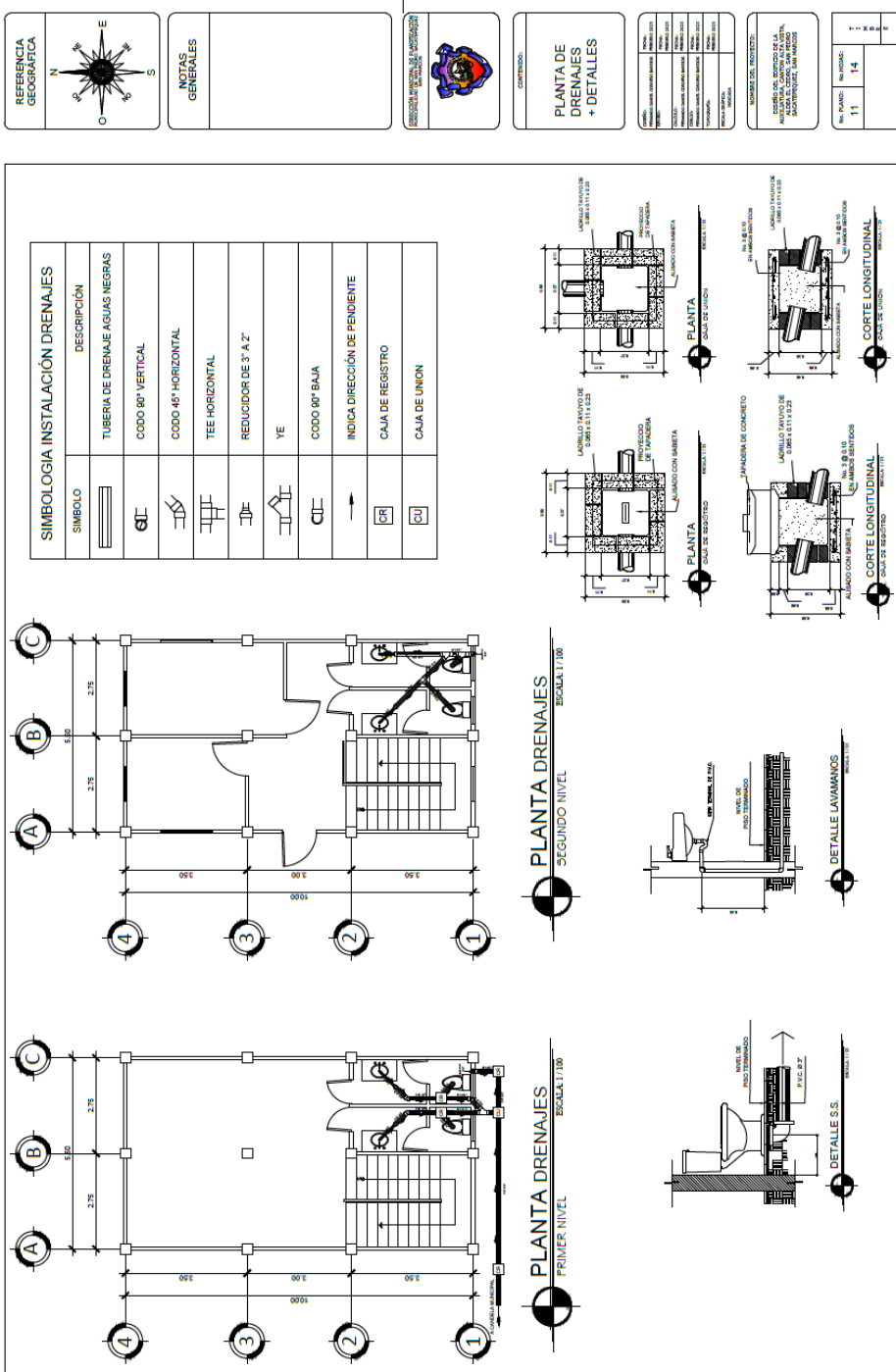
REGISTRADO EN EL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC)

No. PLANEO	No. FOLIO
0	14

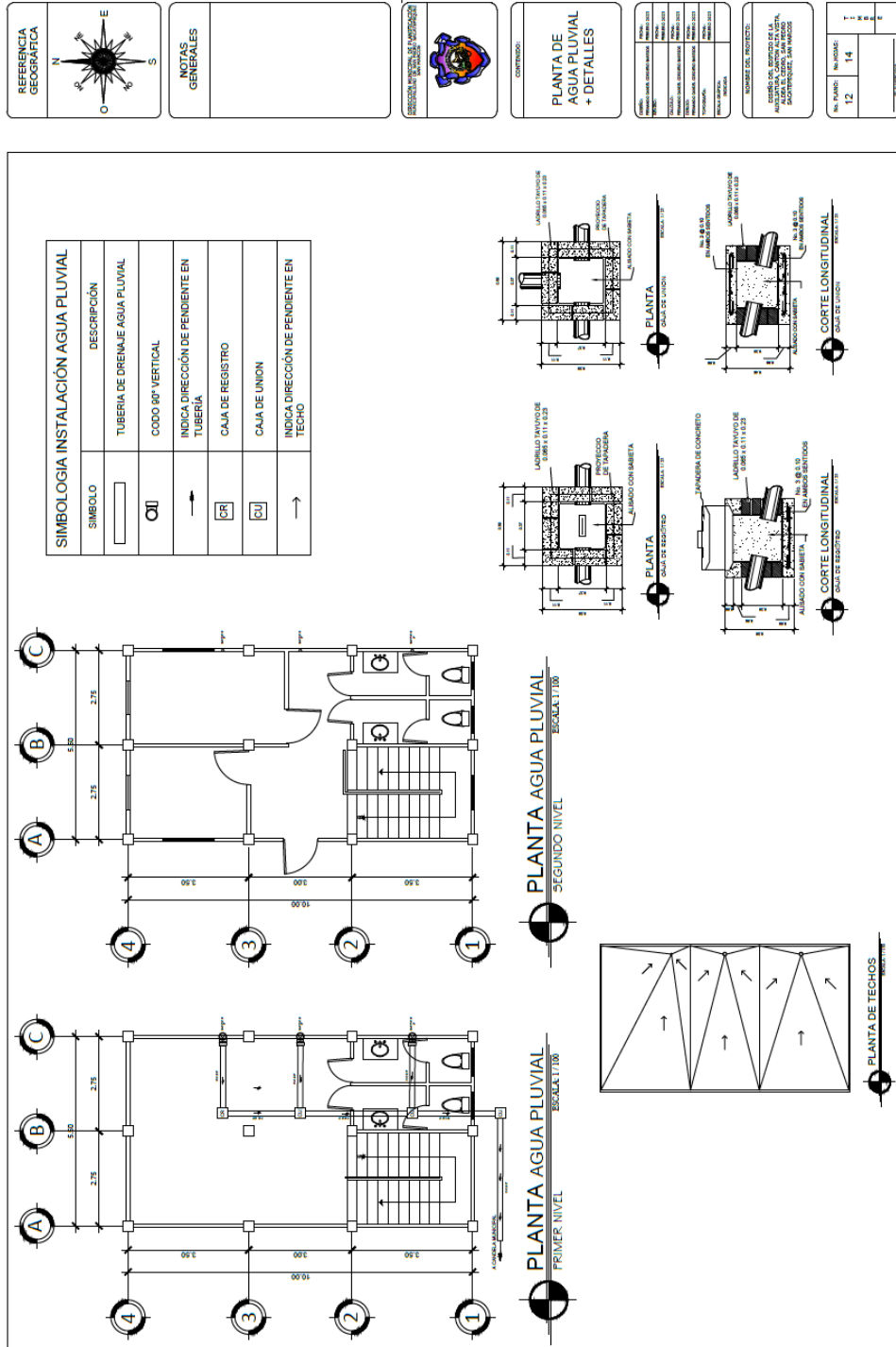
Continuación del apéndice 2.





Continuación del apéndice 2.



Continuación del apéndice 2.

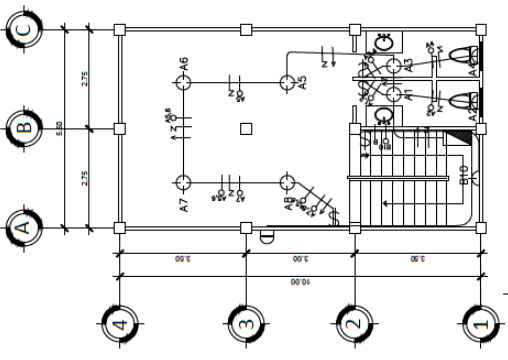


Continuación del apéndice 2.

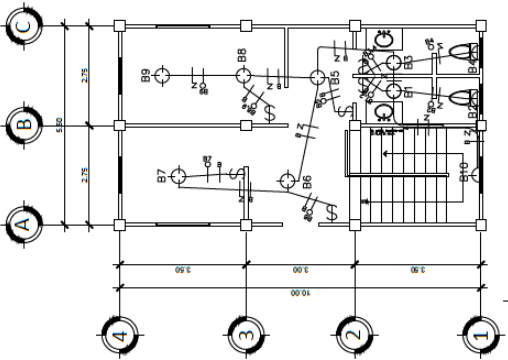
REFERENCIA GEOGRÁFICA		NOTAS GENERALES			CONTENIDO:		
				<b>PLANTA DE ILUMINACIÓN</b>			
Autor: Diseñador: Revisor: Aprobado: Fecha:	Nombre del Proyecto: Ubicación: Escala: Fecha:	NOMBRE DEL INGENIERO: CARRERA: INSTITUCIÓN:		COMITÉ DE CALIFICACIÓN DE LA ANÁLISIS DEL PROYECTO: PRESIDENTE: MIEMBROS:			No. PLANO: No. HOJAS:
	13	14			1	2	

SIMBOLOGÍA ILUMINACIÓN	
A1	ILUMINACIÓN EN CIELO
A2	ILUMINACIÓN EN PARED
A3	TIPO PLAFONERO H=1.30 S.N.P.T.
A4	LÍNEA NEUTRA CALIBRE 12 TW
A5	O INDICADO
A6	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW
A7	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12 TW O INDICADO
A8	TURO PVC ELÉCTRICO Ø3/4"
A9	EMPOTRADO EN LOSA
A10	TURO PVC ELÉCTRICO Ø3/4"
A11	EMPOTRADO EN PARED
A12	INTERRUPTOR SIMPLE
A13	INTERRUPTOR DOBLE
A14	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
A15	H=1.70 S.N.P.T.
A16	CONTFADOR
A17	H=2.7 S.N.B.T.



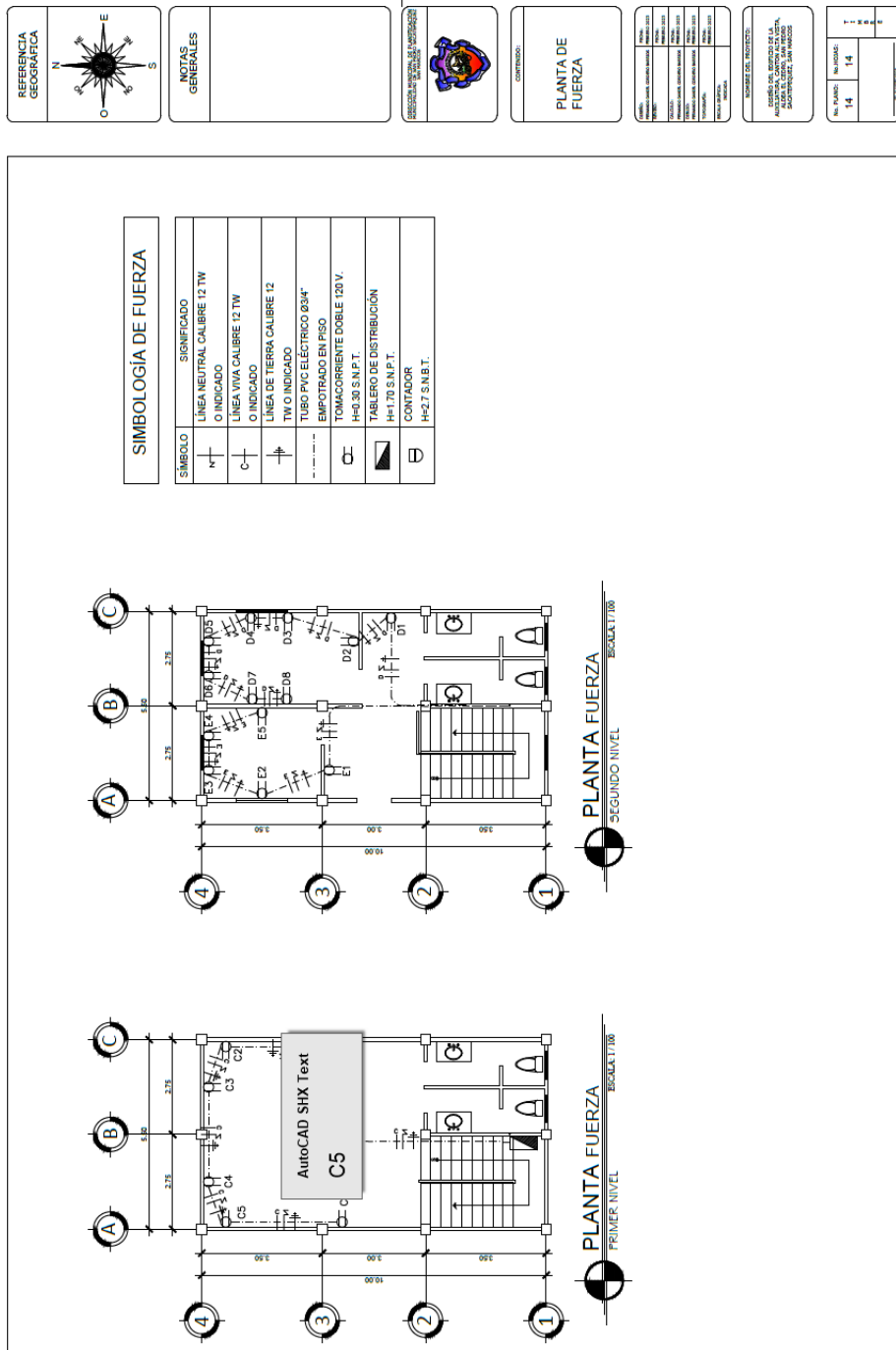
**PLANTA ILUMINACIÓN**  
PRIMER NIVEL  
ESCALA: 1:100



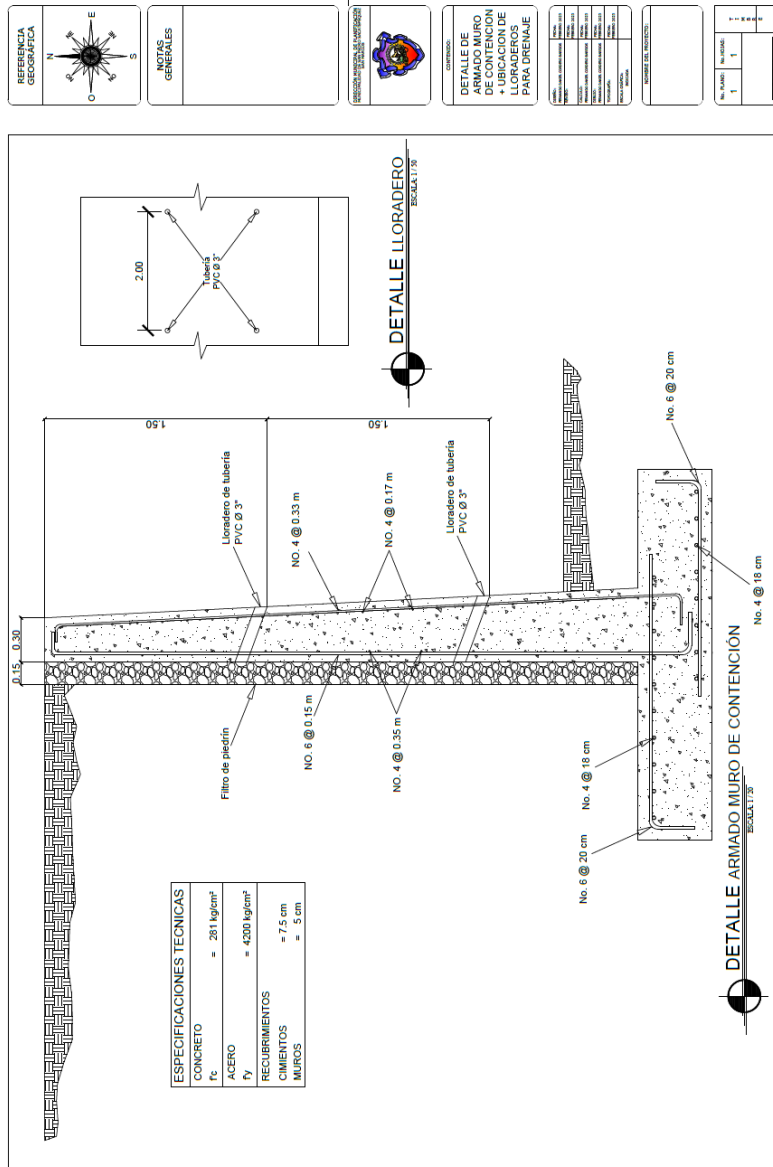
**PLANTA ILUMINACIÓN**  
SEGUNDO NIVEL  
ESCALA: 1:100



Continuación del apéndice 2.



Continuación del apéndice 2.

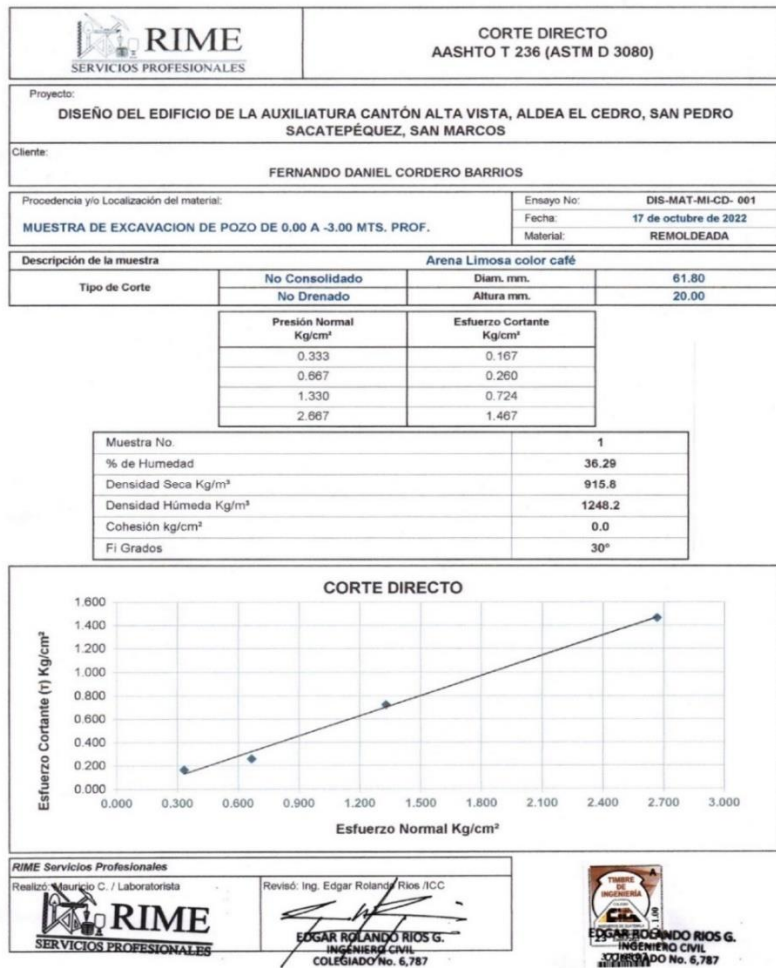


Nota. Descripción de los planos. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

# ANEXO

## Anexo 1.

### Resultado de ensayo de laboratorio de suelos



Nota. Se presentan los resultados del ensayo de laboratorio de suelos. Obtenido de RIME Servicios Profesionales (2023). Corte directo AASHTO T 236. (p. 1) Editorial RIME.

